Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Improving the quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) through applied fertilizer management in intercropping with green beans (*Phaseolus vulgaris* L.)

Saeed Barani[1], Javad Hamzei[2*]

1 Ph.D. Student of Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. Email: barani.saeed@yahoo.com

2 Corresponding Author, Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, Email: j.hamzei@basu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-10-15
Accepted: 2024-4-23

Keywords:
Organic fertilizer
Mycorrhiza
Growth indices
Multiple cropping
Yield
Oil content

ABSTRACT

Background and purpose: Sesame (*Sesamum indicum* L.) is considered the queen of oil plants and is a crucial food source in traditional agriculture in hot regions. Legumes play a role in stabilizing molecular nitrogen in the air and reducing the need for chemical fertilizers in intercropping. Utilizing intercropping of plants from different species in agriculture is an effective way to increase diversity. In order to promote sustainable agriculture, it is essential to implement agricultural systems that combine sufficient input with the use of chemical, biological, and organic fertilizers to produce crops and maintain yield at an acceptable level. Therefore, this research was conducted to address the necessity of using organic and biological fertilizers alongside chemical fertilizers in agricultural ecosystems to produce healthy, high-quality products, and to emphasize the importance of increasing production efficiency in intercropping.

Materials and methods: The factorial experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications on a farm affiliated with the Organization of Agricultural Jihad, Khondab, in the Central Province, during the 2018 and 2019 crop years. the first factor is different sources of fertilizer in six levels (control, poultry manure, chemical fertilizer, mycorrhiza, combination of poultry manure and mycorrhiza, combination of chemical and mycorrhiza) and the second factor is the cultivation pattern in six levels (sole sesame (S), sole green bean (GB), two rows of sesame and two rows of green beans (2S:2GB), 2S:3GB, 3S:2GB, 3S:3GB). Sesame seed yield and yield components, green bean pod yield, sesame and green bean biological yield, growth indices and percentage and yield of sesame oil were evaluated.

Findings: The results of variance analysis of the data confirmed the significant effect of the main effects of intercropping and fertilizer treatments on all the measured traits at the probability level of 1%. The interaction between them (except root colonization percentage) also showed a statistically significant difference at the probability level of 1%. Compared to pure sesame cultivation, intercropping

obtained the highest amount in all the measured traits. In such a way that the highest percentage of symbiosis of mycorrhiza with sesame roots and green beans, 43.12 and 44.06%, respectively, was observed in the intercropping of 2S:3GB. Among the fertilizer treatments, the highest rate of mycorrhiza coexistence with sesame and green beans was obtained from the chicken manure + mycorrhiza treatment, 78.57% and 79.22%, respectively. The highest seed yield and biological yield of sesame (257 and 928 g m^{-2}, respectively) were obtained from intercropping of 3S:2GB using chicken manure + mycorrhiza. The highest yield of green pods (1204 g m^{-2}) was awarded to the pure cultivation of green beans with the application of chicken manure + mycorrhiza. According to the means comparison, intercropping of 2S:2GB using chicken manure + mycorrhiza produced the highest percentage of sesame seed oil (49.94% and 52.54%, respectively). The highest yield of sesame seed oil (1350 kg ha^{-1}) was also observed in intercropping of three 2S:2GB using chicken manure + mycorrhiza. According to the results, the highest amount of land equality ratio (1.62) was awarded to intercropping of 3S:3GB along with the application of chemical fertilizers.

Conclusion: Considering the superiority of poultry manure + mycorrhiza along with various types of intercropping for sesame plant, it seems that the application of this treatment in the bed of intercropping of plants is suggested to achieve proper performance in the tested area. Also, the combined use of organic, biological and chemical fertilizers in the intercropping bed can be a suitable alternative to reduce the consumption of chemical inputs.

Cite this article: Barani, S., Hamzei, J. 2024. Improving the quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) through applied fertilizer management in intercropping with green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Production Journal*, 17 (1), 99-126.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.21826.2605
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تـولیـد گیـاهـان زراعـی
شـاپا چـاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
ISCPBS
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) با استفاده از مدیریت کودهای کاربردی در کشت مخلوط با لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)

سعید بارانی[1]، جواد حمزه‌ئی[2]*

[1] دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، رایانامه: barani.saeed@yahoo.com

[2] نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، رایانامه: j.hamzei@basu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۴

واژه‌های کلیدی:
کود آلی
میکوریزا
شاخص‌های رشد
چند کشتی
عملکرد
محتوای روغن

چکیده

سابقه و هدف: کنجد (*Sesamum indicum* L.) به‌عنوان ملکه گیاهان روغنی یکی از خوراکی‌های مهم در کشاورزی سنتی نواحی گرم به شمار می‌رود. لگوم‌ها می‌توانند نیتروژن مولکولی هوا را تثبیت کرده و مصرف کودهای شیمیایی را در کشت مخلوط کاهش دهند. یکی از راهکارهای موثر جهت دستیابی به افزایش تنوع، کاربرد مخلوطی از گیاهان گونه‌های مختلف در زراعت است. برای توسعه کشاورزی پایدار، اجرای نظام‌های کشاورزی با نهاده کافی به صورت تلفیق با مصرف کودهای شیمیایی، زیستی و آلی به منظور تولید محصول و حفظ عملکرد در سطح قابل قبول، راهکاری موثر است. بنابراین، با توجه به ضرورت بکارگیری کودهای آلی و زیستی همراه با کودهای شیمیایی در بوم نظام‌های کشاورزی جهت تولید محصول سالم و با کیفیت بالا و نیز با توجه به اهمیت افزایش بازده تولید در کشت مخلوط، پژوهش زیر انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای وابسته به سازمان جهاد کشاورزی شهرستان خنداب، استان مرکزی در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ انجام شد. عامل اول منابع مختلف کودی در شش سطح (شاهد، کود مرغی، کود شیمیایی، میکوریزا، کود مرغی + میکوریزا، کود شیمیایی + میکوریزا) و عامل دوم کشت مخلوط در شش سطح (کشت خالص کنجد، کشت خالص لوبیاسبز، کشت مخلوط دو ردیف کنجد + دو ردیف لوبیاسبز، کشت مخلوط دو ردیف کنجد + سه ردیف لوبیاسبز، کشت مخلوط سه ردیف کنجد + دو ردیف لوبیاسبز، کشت مخلوط سه ردیف کنجد + سه ردیف لوبیاسبز) بودند. اجزای عملکرد و عملکرد دانه کنجد، عملکرد غلاف لوبیاسبز، عملکرد زیستی کنجد و لوبیاسبز، شاخص-های رشد، درصد و عملکرد روغن کنجد مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مؤید تأثیر معنی‌دار اثرات اصلی کشت مخلوط و تیمار کودی بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد بود. برهم‌کنش میان آن‌ها (بجز درصد کلونیزاسیون ریشه) نیز تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کنجد در تمامی صفات اندازه‌گیری شده بیشترین

مقدار را حاصل کرد. به گونه‌ای که بیشترین درصد همزیستی میکوریزا با ریشه کنجد و لوبیاسبز به‌ترتیب ۴۳/۱۲ و ٤٤/٠٦ درصد در کشت مخلوط دو ردیف کنجد با سه ردیف لوبیاسبز مشاهده شد. در بین تیمارهای کودی نیز بالاترین میزان همزیستی میکوریزا با کنجد و لوبیاسبز به‌ترتیب ۷۸/۵۷ و ۷۹/۲۲ درصد از تیمار کود مرغی + میکوریزا حاصل شد. بیشترین میزان عملکرد دانه و عملکرد زیستی کنجد (به‌ترتیب ۲۵۷ و ۹۲۸ گرم در مترمربع) از کشت مخلوط سه ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز با کاربرد کود مرغی + میکوریزا حاصل شد. بالاترین مقدار عملکرد غلاف سبز (۱۲۰٤ گرم در مترمربع) به کشت خالص لوبیاسبز با کاربرد کود مرغی + میکوریزا تعلق گرفت. با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها، کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز با کاربرد کود مرغی + میکوریزا بیشترین درصد روغن دانه کنجد (به‌ترتیب ٤۹/۹٤ و ٥۲/٥٤ درصد) را تولید کرد. بیشترین عملکرد روغن دانه کنجد (۱۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) نیز در کشت مخلوط سه ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز با کاربرد کود مرغی + میکوریزا مشاهده شد. با توجه به نتایج، بیشترین مقدار نسبت برابری زمین (۱/٦۲) به کشت مخلوط سه ردیف کنجد با سه دریف لوبیاسبز همراه با کاربرد کود شیمیایی تعلق گرفت.

نتیجه‌گیری: با توجه به برتری تیمار کود مرغی + میکوریزا همراه با کشت مخلوط برای گیاه کنجد، به‌نظر می‌رسد کاربرد این تیمار در بستر کشت مخلوط گیاهان برای حصول عملکرد مناسب در منطقه مورد آزمایش قابل توصیه است. همچنین، کاربرد تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی در بستر کشت مخلوط می‌تواند جایگزین مناسبی برای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی باشد.

استناد: بارانی، سعید جواد حمزه‌ئی. (۱٤۰۳). بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) با استفاده از مدیریت کودهای کاربردی در کشت مخلوط با لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.). *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷(۱)، ۱۲٦-۹۹.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.21826.2605

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

کنجد یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی با محتوای روغن حدود ۵۰٪ است که به‌طور گسترده در آسیا و آفریقا کشت می‌شود (۱). روغن کنجد به علت کیفیت بالای تغذیه‌ای و طعم منحصر به فرد آن، مشتریان فراوانی دارد (۲). دانه کنجد چندین ماده فعال زیستی از جمله روغن، پروتئین، اسیدهای چرب، لیگنان‌ها (سسامین، سسامولین و سسامول) و توکوفرول‌ها (توکوفرول آلفا، گاما و دلتا) دارد که به‌طور بالقوه برای سلامت انسان مفید هستند (۳). سطح زیر کشت و متوسط عملکرد کنجد در هکتار در جهان به‌ترتیب ۱۱۷٤۳۰۰۰ هکتار و ۵۱۲ کیلوگرم در هکتار (٤)، در ایران به‌ترتیب ۳۹٦٦۵ هکتار و ۱۱٤۱ کیلوگرم در هکتار و در استان مرکزی به‌ترتیب ۱۲٤ هکتار و ۱٤۵۸ کیلوگرم در هکتار (۵) گزارش شده است. از طرفی، حبوبات به‌عنوان اصلی‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین پس از غلات دومین منبع اصلی غذایی انسان هستند (٤). لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.) نیز به‌عنوان یکی از حبوبات، محصول سبزی مهمی است که به‌طور گسترده به‌عنوان منبع پروتئین و سایر عناصر غذایی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه کشت و کار می‌شود (٦). این گیاه با سطح زیر کشت حدود ۲۱۰ هکتار در استان مرکزی، نقش قابل توجهی در تأمین بخشی از پروتئین گیاهی این استان دارد (۷).

در نظام‌های تک کشتی تنها یک گیاه در مزرعه با هدف به حداکثر رساندن میزان بهره‌وری در مدت زمان کوتاه کشت می‌شود. گسترش این نظام‌ها مشکلات زیادی از جمله کاهش تنوع زیستی، از بین رفتن مواد آلی خاک، ناپایداری عملکرد اقتصادی و آلودگی محیط زیست با کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی و آفت کش‌ها را به همراه دارد (۸). امروزه اثرات منفی کشاورزی رایج بر بوم نظام‌ها، نیاز به نظام‌های جدید سازگار با محیط زیست با بهره‌وری بالاتر، کارایی و پایداری بهتر را نشان می‌دهد (۹). کشت مخلوط رویه‌ای شامل چندین گونه گیاهی است که به‌طور همزمان در یک مزرعه به عنوان جایگزینی برای تک کشتی معمولی استفاده می‌شود و مزایای متعددی از جمله افزایش بهره‌وری محصول (۱۰) افزایش فرآیندهای ناحیه ریشه برای افزایش فراهمی عناصر غذایی (۱۱) حفظ پایداری خواص شیمیایی و زیستی خاک (۱۲) و افزایش خدمات متعدد بوم‌نظام کشاورزی (۱۳) را ارائه می‌دهد.

استفاده مداوم از کودهای شیمیایی اغلب منجر به ناپایداری در تولید محصول و ایجاد کمبود برخی عناصر غذایی در خاک و آلودگی محیطی می‌شود. در پاسخ به این نگرانی‌ها تلاش‌های هماهنگ در سراسر جهان برای کاربرد کود سبز، حبوبات و کودهای آلی برای تولید همان مقدار غذا با کاربرد کود شیمیایی کمتر وجود دارد. در هند تأمین تلفیقی عناصر غذایی برای گیاهان از طریق منابع آلی و شیمیایی در حال تبدیل شدن به یکی از جنبه‌های مهم کشاورزی پایدار از نظر زیست محیطی است (۱٤). در سیستم‌های کشاورزی رایج کاربرد بیش از حد نهاده‌های شیمیایی موجب افزایش بهره‌وری کشاورزی می‌شود، اما پیامدهای زیانبار فعالیت‌های کشاورزی فشرده و استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی بر محیط زیست و سلامت انسان به خوبی مشهود است (۱۵). مصرف بالای کودهای شیمیایی اثرات منفی متفاوتی بر محیط زیست از جمله تجمع آفت‌کش‌ها و کودها، فرسایش خاک، آلودگی آب و خاک، فرسایش ژنتیکی، شستشوی عناصر غذایی و کاهش تنوع زیستی دارد (۱٦). اثرات منفی کودهای شیمیایی، شرکت‌های کشاورزی را وادار کرد تا برای دستیابی به بهره‌وری مطلوب، کودهای زیستی را در سیستم‌های کشاورزی پایدار جایگزین کنند (۱۷). قارچ میکوریزا امروزه به عنوان یک جنبه

مهم برای مدیریت پایدار اکوسیستم‌های کشاورزی شناخته شده است (۱۸). بیش از ۸۰٪ گونه‌های گیاهی روابط همزیستی با قارچ میکوریزا ایجاد می‌کنند. برهم‌کنش قارچ میکوریزا با گیاه میزبان جذب عناصر غذایی را بهبود می‌بخشد، محیط خاک را مدیریت می‌کند و آبشویی عناصر غذایی را کاهش می‌دهد (۱۹). این شرایط امکان بهبود ویژگی‌های رشد و بهره‌وری محصولات را با کاهش مصرف کودهای شیمیایی فراهم می‌کند (۲۰). کود آلی حاوی مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی (پرمصرف و کم‌مصرف) و ماده آلی است که موجب بهبود ظرفیت نگهداری آب، تبادل کاتیونی، خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و در نهایت افزایش عملکرد محصول می‌شود (۲۱). همچنین، کاربرد کودهای آلی می‌تواند راه را برای تأمین مجدد عناصر غذایی ضروری و بهبود سلامت خاک و بهره‌وری محصول هموار کند (۲۲). روستایی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند کاربرد کود آلی موجب افزایش عملکرد اندام هوایی شوید، عملکرد دانه سویا، غلظت نیتروژن شوید، فعالیت آنتی اکسیدانی شوید و عملکرد اسانس شوید شد (۲۳). گزارش شده است کاربرد کود مرغی موجب افزایش عملکرد دانه سویا و عملکرد اندام هوای بادرنجبویه شد (۲٤). افزایش عملکرد با کاربرد کود آلی را می‌توان به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی (پرمصرف و کم مصرف) برای دوره‌های طولانی‌تر رشد گیاه، حفظ فلزات سنگین در خاک با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (۲۵)، اثرات مطلوب کود آلی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تیمار شده (۲٦) و توانایی کود آلی برای بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نتیجه افزایش تأمین آب (۲۷) نسبت داد. استفاده از کود آلی یک راهبرد پذیرفته شده برای بهبود حاصلخیزی خاک از طریق افزایش ذخایر کربن آلی خاک و تأمین عناصر غذایی بیشتر برای محصولات است (۲۸). به‌هرحال، نه کودهای آلی و نه کودهای شیمیایی به تنهایی نمی‌توانند عملکرد محصول را در طولانی مدت افزایش دهند (۲۹). بنابراین، مدیریت یکپارچه عناصر غذایی برای حفظ عملکرد بالاتر محصول، پایداری و کیفیت زیست محیطی بسیار مهم است (۳۰). نتایج مثبت کاربرد ترکیبی کودهای آلی و غیر آلی روی عملکرد محصول و سلامت خاک توسط پژوهش‌گران گزارش شده است (۳۱ و ۳۲). اطلاعات در مورد ارزیابی کاربرد ترکیبی طولانی مدت منابع غذایی آلی و معدنی و کودهای مبتنی بر پاسخ آزمایش خاک و تأثیر آن بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و ارتباط آن با عملکرد محصول و پایداری عملکرد محدود است (۳۳).

با توجه به اثرات منفی کشاورزی رایج بر بوم‌نظام‌ها، و نیز اثرات زیانبار کودهای شیمیایی بر سلامت خاک، کمیت و کیفیت محصولات و آلودگی‌های زیست محیطی، کشت مخلوط توأم با کاربرد تلفیقی منابع غذایی از جمله کود زیستی میکوریزا بعنوان یک روش جایگزین مناسب برای نظام‌های پرنهاده محسوب می‌شود. در این پژوهش سعی شد تا اثرات کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، آلی و شیمیایی در بستر کشت مخلوط کنجد و لوبیاسبز، بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و ریخت‌شناختی و عملکرد کمی و کیفی هر دو گونه بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای وابسته به سازمان جهاد کشاورزی در شهرستان خنداب، استان مرکزی، در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ انجام شد. این شهرستان در ″۰٤′:۱۹°:٤۹ طول شرقی و ″۱۷′:۳۹°:۳٤ عرض شمالی و ارتفاع ۱۷۰۷ متر از سطح دریا واقع شده است، میانگین دمای سالانه منطقه ۱۵/۹ درجه

سانتی‌گراد و میانگین بارش آن ۲۹۵ میلی‌متر در سال می‌باشد. اطلاعات هواشناسی ایستگاه مربوطه در جدول ۱ ارائه شده است. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش و کود مرغی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی فصل کشت منطقه مورد آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

Table 1- Meteorological data of the growing season of the tested area in two crop years 2019 and 2020

پارامترهای هواشناسی Meteorological parameters	ماه Month									
	خرداد June		تیر July		مرداد August		شهریور September		مهر October	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
بارندگی Rainfall (mm)	9.6	0	0	0.8	0	1.2	0	0	36.1	5.3
میانگین دما Average temperature (ºC)	23.6	23	26.7	26.3	26.1	24.8	21.9	20.9	15.5	13.9
رطوبت نسبی Relative humidity (%)	30.2	26.9	24.5	29.7	27.1	31.5	28.3	31.6	51.3	40.5

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و کود مرغی

Table 2- Some physical and chemical properties of the soil of experimental area and used poultry manure

ویژگی Property	بافت خاک Soil texture	pH	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	N (%)	P	K
خاک Soil	لوم رسی Clay loam	7.7	0.57	0.43	0.04	8 ppm	180 ppm
کود مرغی Poultry manure	---	7.5	5.4	46.1	2.7	1.71%	1.16%

فاکتور اول شامل مقادیر و ترکیبات مختلف کودی در شش سطح عبارت از بدون مصرف کود (شاهد)، کود مرغی، کود شیمیایی، کود زیستی میکوریزا، ترکیب کود مرغی با میکوریزا و ترکیب کود شیمیایی با میکوریزا بودند. فاکتور دوم نیز، شامل کشت مخلوط در شش سطح (کشت خالص کنجد، کشت خالص لوبیاسبز، کشت مخلوط دو ردیف کنجد + دو ردیف لوبیاسبز، کشت مخلوط دو ردیف کنجد + سه ردیف لوبیاسبز، کشت مخلوط سه ردیف کنجد + دو ردیف لوبیاسبز و کشت مخلوط سه ردیف کنجد + سه ردیف لوبیاسبز) بود. بذر لوبیاسبز قبل از کشت با باکتری مخصوص (*Rhizobium phaseoli*) که از مرکز تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شده بود، تلقیح شد. منابع کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بود. در کرت‌هایی که کود شیمیایی دریافت می‌کردند، بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی، یک سوم کود اوره (۱۳۰ کیلوگرم در هکتار)، کل سوپر فسفات تریپل (۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) و کل سولفات پتاسیم (۱۷۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان کشت مصرف شد. لازم به ذکر است که در کرت‌های مربوط به کشت خالص لوبیا که کود شیمیایی دریافت می‌کردند، کود اوره به صورت استارتر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار و تنها در زمان کشت مصرف شد. ولی در کشت خالص کنجد و کشت‌های مخلوطی که کود شیمایی دریافت می کردند، کود اوره با مبنا قرار دادن گیاه غیرلگوم

(کنجد) در سه نوبت مصرف شد. همچنین، بر اساس نتایج حاصل از تجزیه کود مرغی، جهت یکسان‌سازی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کودهای شیمیایی و کود مرغی، مقدار ۷/٤ تن در هکتار کود مرغی در کرت‌های مورد نظر و قبل از کشت بذور با خاک مخلوط شد. باقیمانده کود اوره (۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) طی دو دوره در مرحله ساقه روی و شروع گلدهی کنجد بصورت سرک مصرف شد. جهت اعمال کود زیستی، بذور کنجد و لوبیاسبز قبل از کاشت، با قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae*) تلقیح شدند. مایه تلقیح میکوریزا مخلوطی از شن و ماسه استریل، هیف، هاگ آربوسکولار (۲۰ هاگ در گرم) (۳٤) و همچنین، قطعات ریز ریشه آلوده بود که از کلینیک گیاه پزشکی واقع در شهرستان اسدآباد استان همدان تهیه شد. به‌طور مشخص ۲۰ گرم از مایه تلقیح در داخل شیار کاشت، زیر بذر قرارداده شد و سپس با خاک پوشانده شد. کشت بذور در ۱۵ خرداد ماه در هر دو سال آزمایش انجام شد. تراکم بوته در مترمربع برای کنجد و لوبیاسبز در کشت خالص ٤۰ بوته (۳۵). در نظر گرفته شد و تراکم آن‌ها در کشت‌های مخلوط با توجه به نسبت‌های آن‌ها تغییر کرد. فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۵ سانتی‌متر در کشت خالص کنجد و ۲۵ سانتی‌متر بین ردیف و ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف در کشت خالص لوبیاسبز در نظر گرفته شد. رقم کنجد و لوبیاسبز مورد استفاده در آزمایش، به‌ترتیب التان و ساندری بود.

به منظور تعیین شاخص‌های رشد در طول فصل رشد، نمونه برداری‌ها از ۵۰ روز پس از کاشت تا ۱۰۰ روز پس از کاشت طی ۵ نوبت با فواصل هر ۱۰ روز یکبار با رعایت حاشیه، ۵ بوته بطور تصادفی انتخاب و اندازه‌ها انجام و در نهایت مقادیر حداکثر شاخص‌های رشد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. درصد همزیستی ریشه به روش فیلیپس و هایمن تعیین شد (۳٦). به این منظور، ریشه‌های نمونه‌برداری شده با آب به‌طور کامل شسته شد. جهت رنگبری، ریشه‌ها در محلول ۱۰٪ هیدروکسید پتاسیم (KOH) به مدت ٦۰ دقیقه در یک حمام آب گرم با دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس، ریشه‌ها شسته و با اسید لاکتیک ۵٪ در دمای اتاق به مدت ۱۲ ساعت اسیدی شدند. در نهایت، ریشه‌ها با محلول حاوی ۸۷۵ میلی‌لیتر اسید لاکتیک، ٦۳ میلی‌لیتر گلیسیرین، ٦۳ میلی-لیتر آب و ۰/۱ گرم اسید فوکسین به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد رنگ آمیزی شدند.

در پایان فصل رشد (۱۵ مهر ماه) برداشت محصول کنجد از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه، انجام شد. عملکرد دانه، عملکرد زیستی، تعداد کپسول در بوته، تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته، درصد روغن و عملکرد روغن در کنجد و عملکرد غلاف سبز (مجموع غلاف‌های سبز برداشت شده در طی فصل رشد و در سه چین) و عملکرد زیستی در لوبیاسبز اندازه گیری شد. همچنین، جهت ارزیابی سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین (LER) استفاده شد. LER بصورت زیر محاسبه می‌شود (۳۷).

$$LER = (Yab / Ya) + (Yba / Yb)$$

Ya و Yb به‌ترتیب عملکرد دانه کنجد و عملکرد غلاف لوبیاسبز در کشت خالص و Yab و Ybaبه‌ترتیب عملکرد کنجد و لوبیاسبز در کشت مخلوط است. LER>1 نشان دهنده مزیت کشت مخلوط در اسفاده از منابع محیطی برای رشد گیاه است و LER <1 بیانگر این است که منابع توسط کشت خالص کارآمدتر از کشت مخلوط استفاده می‌شود (۳۸). داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزار SAS 9.4 تجزیه و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد همزیستی: تنها اثرات اصلی کود و کشت مخلوط در سطح احتمال ۱٪ بر درصد همزیستی ریشه کنجد و لوبیاسبز با مایکوریزا معنی‌دار شد ولی اثر متقابل کود در کشت مخلوط بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). در بین تیمارهای کشت مخلوط بیشترین و کمترین درصد همزیستی ریشه کنجد (به‌ترتیب ۴۳/۱۲ درصد و ۳۸/۴۳ درصد)و لوبیاسبز با مایکوریزا (به‌ترتیب ۴۴/۰۶ درصد و ۳۹/۲۱ درصد) از کشت مخلوط دو ردیف کنجد + سه ردیف لوبیاسبز و کشت خالص به‌دست آمد. در بین تیمارهای کودی نیز بیشترین و کمترین درصد همزیستی ریشه کنجد (به‌ترتیب ۷۸/۵۷ درصد و ۶/۸۰ درصد) و لوبیاسبز با مایکوریزا (به‌ترتیب ۷۹/۲۲ درصد و ۷/۹۰ درصد) به‌ترتیب از تیمار کود مرغی + میکوریزا و تیمار شاهد (عدم مصرف کود) حاصل شد (جدول ٤). فراوانی و تنوع ریزجانداران با تنوع جوامع گیاهی ارتباط دارد، به گونه‌ای که، حبوبات از طریق همزیستی ریزوبیوم – لگوم – میکوریزا، درصد کلونیزاسیون ریشه را افزایش می‌دهند. در گیاه ماریتیغال تلقیح شده با میکوریزا نسبت به عدم تلقیح، درصد کلونیزاسیون ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد (۳۹). در مطالعات متعددی توسط پژوهشگران درصد همزیستی میکوریزا با ریشه گیاهان از جمله شوید و لوبیا (٤۰)، نعناع (٤۱ و ٤۲)، مریم گلی (٤۳)، کنجد (٤٤) و رازیانه (٤٥) گزارش شده است.

ارتفاع بوته: علاوه بر اثرات ساده تیمار کودی و کشت مخلوط، برهم‌کنش آن‌ها نیز بر ارتفاع بوته کنجد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بلندترین بوته‌ها (۱۱۳/٤ سانتی‌متر) از کشت مخلوط سه ردیف کنجد با سه ردیف لوبیاسبز با کاربرد کود مرغی + میکوریزا و کمترین ارتفاع بوته (۸۱/٤ سانتی-متر و با ۲۸/۲۲ درصد کاهش نسبت به تیمار برتر) از کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز و بدون مصرف کود به‌دست آمد (جدول ٦). بنابراین، با افزایش تراکم بوته و فراهمی بهتر عناصر غذایی در کشت‌های مخلوط دارای سه ردیف کنجد توام با مصرف کود مرغی و میکوریزا، ارتفاع بوته افزایش یافت. در یک مطالعه گزارش شد ارتفاع بوته‌های کنجد تلقیح شده با میکوریزا در کشت مخلوط نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (٤٤). ارتفاع بوته در گیاهان رازیانه تلقیح شده با میکوریزا نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود (٤٥). همچنین، کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و قارچ میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گیاه نعناع شد (٤۲). هیف‌های قارچ میکوریزا وارد قشر ریشه گیاه می‌شود تا لیپید و کربوهیدرات از گیاه میزبان به‌دست آورد و به ریشه‌ها کمک کند تا جذب مواد غذایی به ویژه فسفر را افزایش دهد (٤٦). این پدیده ممکن است به دلیل افزایش ارتفاع بوته در تیمار کود مرغی+ میکوریزا باشد. با افزایش تعداد بوته در واحد سطح (کشت خالص کنجد و تیمارهای دارای سه ردیف کنجد) به دلیل رقابت بین بوته‌ها بر سر کسب نور بیشتر و یا کیفیت نور، ارتفاع بیشتری در بوته‌های کنجد ایجاد شده است. نتایج سایر مطالعات بیانگر افزایش ارتفاع بوته با افزایش تراکم بوته است (٤۷ و ٤۸). با کاهش فاصله بین ردیف‌ها و افزایش تراکم بوته در واحد سطح، رقابت جهت کسب منابع افزایش می‌یابد و نیز در تراکم‌های بالاتر بعلت تجزیه کمتر هورمون اکسین، ارتفاع بوته کنجد افزایش می‌یابد (٤۹). ارتفاع بوته مانند سایر صفات به شدت تحت تأثیر عناصر غذایی قرار می‌گیرد. دسترسی گیاهان به عناصر غذایی و آب کافی بویژه عنصر نیتروژن از طریق تأثیر بر تقسیم سلولی و بزرگ شدن آن‌ها در افزایش ارتفاع گیاه موثر است. بنابراین، به نظر می رسد در تیمارهای سه

ردیف کنجد از طرفی افزایش تراکم بوته در واحد سطح و از طرف دیگر تثبیت نیتروژن توسط لوبیا و فراهمی آن برای کنجد منجر به افزایش ارتفاع بوته کنجد شده است.

شاخص سطح برگ (LAI): اثر کشت مخلوط و تیمار کودی و نیز، برهم‌کنش آن‌ها بر شاخص سطح برگ کنجد و لوبیاسبز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین شاخص سطح برگ کنجد (۳/۹۹) و لوبیاسبز (٤/۲۹) به‌ترتیب از کشت مخلوط سه ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز و کشت خالص لوبیاسبز با کاربرد کود مرغی + میکوریزا حاصل شد. همچنین، کمترین شاخص سطح برگ کنجد (۲/۰۸) و لوبیاسبز (۱/۱۳) به‌ترتیب به کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز و کشت مخلوط دو ردیف کنجد با سه ردیف لوبیاسبز در شرایط عدم کاربرد کود تعلق گرفت (جدول ٦). اثرات مثبت تثبیت نیتروژن توسط حبوبات و فراهمی بیشتر عناصر غذایی در تیمار کود مرغی + میکوریزا موجب افزایش این شاخص در کنجد شده است. شاخص سطح برگ یک جز عمده در تولید عملکرد و سرعت رشد محصول است که ویژگی‌های پیچیده خود را دارد و اجزای اصلی آن تعداد برگ و اندازه برگ است. کاربرد میکوریزا موجب افزایش شاخص سطح برگ کنجد و در نهایت منجر به بهبود رشد و عملکرد دانه و ماده خشک کنجد شد (۵۰). افزایش شاخص سطح برگ را می‌توان به فراهمی عناصر غذایی توسط کود مرغی و زیستی نسبت داد که شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشیده و دسترسی به عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف برای تشکیل کلروفیل، سیستم ریشه‌دهی کارآمد و تولید بیوماس ضروری را افزایش می‌دهند (۵۱). میزان بالای کود NPK منجر به گسترش بیشتر سطح برگ ریحان شد (۵۲). کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن با کمک به مهار انرژی و مشارکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌هایی که در سوخت و ساز کربن فتوسنتزی نقش دارند سطح برگ را افزایش می‌دهند (۵۳).

سرعت رشد محصول (CGR): سرعت رشد گیاه می‌تواند بعنوان معیار مناسبی برای تخمین پتانسیل جامعه گیاهی مورد استفاده قرار گیـــــرد و نشان‌دهنده شیب تجمع ماده خشک در گیاه است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد علاوه بر اثرات اصلی کشت مخلوط و تیمار کودی، برهم‌کنش آن‌ها نیز، بر سرعت رشد محصول کنجد و لوبیاسبز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین مقدار CGR کنجد (۱۸/۲۱ گرم در مترمربع در روز) در کشت مخلوط دو ردیف کنجد با سه ردیف لوبیاسبز توأم با مصرف کود مرغی و میکوریزا مشاهده شد.

جدول ۳ -تجزیه واریانس کلونیزاسیون ریشه و شاخص‌های رشد کنجد و لوبیاسبز تحت تأثیر تیمارهای کودی و کشت مخلوط.

Table 3. Variance analysis of root colonization and growth indices of sesame and green bean under the influence of fertilizer treatments and intercropping

منبع تغییر S. O. V	درجه آزادی df	کلونیزاسیون ریشه Root colonization		ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index		سرعت رشد محصول Crop growth rate		سرعت جذب خالص Net assimilation rate	
		کنجد Sesame	لوبیا Green bean	کنجد Sesame	کنجد Sesame	لوبیا Green bean	کنجد Sesame	لوبیا Green bean	کنجد Sesame	لوبیا Green bean
سال Year (Y)	1	0.17 ns	2.34 ns	211.90 ns	0.23 ns	0.004 ns	1.913 ns	0.950 ns	0.0076 ns	0.021 ns
تکرار × سال Replication / Y	4	59.36	49.10	66.66	0.18	0.096	2.733	0.075	0.192	0.131
کود Fertilizer (F)	5	40425.91 **	41114.95 **	2280.64 **	2.427 **	0.906 **	205.708 **	34.030 **	7.934 **	2.478 **
کشت مخلوط Intercropping (I)	4	114.50 **	135.48 **	579.10 **	14.154 **	39.020 **	187.781 **	343.912 **	0.749 **	0.442 **
کود × کشت مخلوط (F × I)	20	19.89 ns	14.77 ns	31.17 **	0.045 **	0.048 **	2.822 **	2.313 **	0.156 **	0.008 **
سال × کود (Y × F)	5	10.86 ns	1.65 ns	0.29 ns	0.0016 ns	0.0001 ns	0.021 ns	0.006 ns	0.0003 ns	0.0005 ns
سال × کشت مخلوط (Y × I)	4	24.81 ns	13.72 ns	4.10 **	0.0009 ns	0.0007 ns	0.018 ns	0.006 ns	0.0002 ns	0.0013 ns
سال × کود × کشت مخلوط (Y × F × I)	20	19.69 ns	4.73 ns	0.17 ns	0.0016 ns	0.0002 ns	0.022 ns	0.005 ns	0.0002 ns	0.0007 ns
خطا Error	116	32.60	36.43	101.14	0.13	0.04	2.47	0.319	0.158	0.089
ضریب تغییرات C.V (%)	-	13.77	14.43	10.19	11.94	10.41	12.18	10.05	9.64	11.41

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns: غیر معنی‌دار.

ns: not significant, * and ** significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$.

جدول ٤- مقایسه میانگین کلونیزاسیون ریشه کنجد و لوبیاسبز تحت تأثیر تیمارهای کودی و کشت مخلوط.

Table 4. Mean comparison of root colonization of sesame and green bean under the influence of fertilizer treatments and intercropping

تیمار کودی Fertilizer treatment	درصد کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	
	کنجد Sesame	لوبیا Green bean
شاهد Control	6.80 e	7.90 c
کود مرغی Poultry manure (PM)	9.94 d	9.80 c
کود شیمیایی Chemical manure (CM)	7.35 ed	7.45 c
میکوریزا Mycorrhiza (M)	71.20 c	71.02b
کود مرغی+ میکوریزا PM + M	78.57 a	79.22 a
کود شیمیایی+ میکوریزا CM + M	74.90 b	76.30 a
کشت مخلوط Intercropping	کنجد Sesame (S)	لوبیا Green bean (GB)
خالص Monoculture	38.43 b	39.21 c
دو ردیف کنجد + دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	41.69 a	40.57 bc
دو ردیف کنجد + سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	43.12 a	44.06 a
سه ردیف کنجد + دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	41.83 a	43.07 ab
سه ردیف کنجد + سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	42.23 a	42.15 ab

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

The common letters indicated no significant differences (P=0.05)

کشت مخلوط دارای دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز نیز کمترین CGR (۹/٤٥) کنجد را در شرایط عدم مصرف کود به خود اختصاص داد. بیشترین میزان CGR لوبیاسبز (۱۳/٥٤ گرم در مترمربع در روز) نیز به کشت خالص آن و تیمار کود مرغی + میکوریزا و کمترین میزان آن (۲/٤۱ گرم در مترمربع در روز) به کشت مخلوط سه ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز و عدم مصرف کود تعلق گرفت (جدول ٦). کاربرد کود نیتروژن موجب بهبود شاخص CGR زیره (*Cuminum cyminum* L.) شد (٥٤). با افزایش مصرف NPK (۱۵۰:۲۰۰:۳۰۰ کیلوگرم) سرعت رشد محصول در گیاه حنا افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان داد (٥٥).

سرعت جذب خالص (NAR): برهم‌کنش کشت مخلوط و تیمار کودی بر سرعت جذب خالص کنجد و لوبیاسبز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۵- تجزیه واریانس برخی از صفات کمی و کیفی در کنجد و لوبیاسبز تحت تأثیر تیمارهای کودی و کشت مخلوط

Table 5. Variance analysis of some of quantity and quality traits in sesame and green bean under the influence of fertilizer treatments and intercropping.

منبع تغییر S. O. V	درجه آزادی df	تعداد شاخه در بوته N. of branch plant^{-1}	تعداد کپسول در بوته N. of capsule plant^{-1}	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد اقتصادی Economical yield		عملکرد زیستی Biological yield		درصد روغن Oil content	عملکرد روغن Oil yield
		کنجد Sesame	کنجد Sesame	کنجد Sesame	دانه کنجد Sesame seed	غلاف لوبیاسبز Green bean pods	کنجد Sesame	لوبیاسبز Green bean	کنجد Sesame	کنجد Sesame
سال Year	1	0.218 ^{ns}	78.40 ^{ns}	0.41 ^{ns}	3531 *	1400 ^{ns}	11916 ^{ns}	793 ^{ns}	5.12 ^{ns}	1016 **
تکرار × سال Replication/Y	4	0.133	30.83	0.14	755	11042	14281	5468	28.03	83
کود Fertilizer (F)	5	8.459 **	9157.08 **	3.53 **	64205 **	242855 **	583017 **	166228 **	247.89 **	20917 **
کشت مخلوط Intercropping (I)	4	0.47 **	1061.93 **	0.10 **	39295 **	2933081 **	689381 **	1010193 **	26.85 **	9056 **
کود × کشت مخلوط (F × I)	20	0.12 **	148.60 **	0.02 **	1571 **	15431 **	13163 **	9986 **	1.01 **	452 **
سال × کود (Y × F)	5	0.002 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.00006 ^{ns}	27 ^{ns}	56 ^{ns}	1516 ^{ns}	124 ^{ns}	0.01 ^{ns}	11 ^{ns}
سال × کشت مخلوط (Y × I)	4	0.003 ^{ns}	1.42 ^{ns}	0.0012 ^{ns}	73 ^{ns}	173 ^{ns}	1662 ^{ns}	44 ^{ns}	0.05 ^{ns}	23 ^{ns}
سال × کود × مخلوط (Y × F × I)	20	0.0003 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	21 ^{ns}	19 ^{ns}	1252 ^{ns}	8 ^{ns}	0.01 ^{ns}	4 ^{ns}
خطا Error	116	0.112	38.76	0.11	579	5169	7659	2934	23.34	74.71
ضریب تغییرات C.V (%)	-	10.14	10.05	9.01	16.39	14.22	15.29	17.89	9.84	11.86

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns: غیر معنی‌دار.

Ns: not significant, * and ** significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$.

بیشترین میزان صفت مذکور در واحد سطح برگ کنجد (۵/۰۷ گرم در مترمربع در روز) و لوبیاسبز (۳/۱۳ گرم در مترمربع در روز) به‌ترتیب از کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز و کشت خالص با کاربرد کود مرغی + میکوریزا به‌دست آمد. کمترین مقدار سرعت جذب خالص کنجد (۳/۱ گرم در مترمربع در روز) و لوبیاسبز (۲/۰۹ گرم در مترمربع در روز) نیز به‌ترتیب از کشت مخلوط دو ردیف کنجد با سه ردیف لوبیاسبز و کشت مخلوط سه ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز بدون مصرف کود حاصل شد (جدول ٦). سرعت جذب خالص در گندم با افزایش سطح نیتروژن بهبود یافت (٥٦). گزارش شده است کاربرد کود مرغی نسبت به کودهای شیمیایی، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و در نهایت عملکرد دانه کنجد را افزایش داد (٥٧).

تعداد شاخه در بوته کنجد: همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود برهم‌کنش تیمار کودی و کشت مخلوط بر تعداد شاخه در بوته کنجد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. با توجه به داده‌های جدول ٦، بیشترین تعداد شاخه در بوته کنجد (٤/٢٦ شاخه در بوته) از کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز همراه با کاربرد کود مرغی + میکوریزا مشاهده شد. همچنین، کمترین تعداد شاخه در بوته کنجد (۲/۳۲ شاخه در بوته) به کشت مخلوط سه ردیف کنجد با سه ردیف لوبیاسبز بدون مصرف کود تعلق گرفت (جدول ٦). با کاربرد تلفیقی منابع کودی تعداد شاخه در بوته نعناع (٤٢) و گیاه *Lallemantia iberica* (٥٨) افزایش پیدا کرد. تراکم‌های مختلف از نظر شاخه‌دهی می‌تواند وضعیت مختلفی داشته باشد. با افزایش تراکم بوته تعداد شاخه کاهش نشان می‌دهد. افزایش عناصر غذایی بویژه نیتروژن موجب افزایش تعداد شاخه در بوته شد، به گونه‌ای که کاربرد نیتروژن در مقایسه با تیمار شاهد، به‌طور قابل ملاحظه‌ای تعداد شاخه در بوته، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد کنجد را افزایش داد (٥٩).

تعداد کپسول در بوته کنجد: اثر تیمارهای کودی و کشت مختلف و برهم‌کنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته کنجد داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمار کودی با کشت مخلوط بر تعداد کپسول در بوته کنجد نشان داد بیشترین تعداد کپسول (٩٢/٤٧ کپسول در بوته) مربوط به کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز تحت کاربرد کودی مرغی + میکوریزا بود. کمترین تعداد کپسول (٢٨/٣٨ کپسول در بوته) نیز بدون تفاوت معنی‌دار با کشت مخلوط سه ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز در شرایط عدم مصرف کود به کشت مخلوط سه ردیف کنجد با سه ردیف لوبیاسبز در همان تیمار کودی تعلق گرفت (جدول ٦). فراهمی بیشتر عناصر غذایی موجب بهبود رشد و نمو گیاه شده و در تشکیل گل و تبدیل آن به غلاف موثر است. به گونه‌ای که، کاربرد نیتروژن، فسفر و پتاسیم با افزایش سنتز کلروفیل، رشد شاخه‌های جانبی و افزایش باروری گل جهت بهبود تعداد خورجین در بوته کلزا موثر است (٦٠). گزارش شده است که تغذیه گیاه کنجد نسبت به تیمار شاهد، تعداد کپسول در بوته کنجد را افزایش داد (٥٩ و ٦١). در تراکم‌های بالا با ایجاد رقابت میان بوته‌ها بر سر منابع، زمینه لازم برای کاهش تعداد کپسول در بوته فراهم می‌گردد. همچنین، در تراکم بالای بوته، نفوذ نور به درون کانوپی کاهش یافته و موجب افزایش رشد رویشی گیاه شده و بنابراین، گره‌های پایینی گیاه تعداد کمتری کپسول ایجاد می‌کند.

وزن هزاردانه کنجد: اثرات ساده کشت مخلوط و تیمار کودی و نیز برهم‌کنش آن‌ها بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵).

بیشترین وزن هزاردانه کنجد (٤/٢٨ گرم) از کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز با کاربرد کود مرغی + میکوریزا حاصل شد که نسبت به کشت خالص کنجد در شرایط عدم مصرف کود که کمترین وزن هزاردانه (٣/٢١ گرم) را داشت، ٢٥ درصد افزایش نشان داد (جدول ٦). وزن هزار دانه به‌طور مستقیم تحت تأثیر جریان مواد پرورده پس از گرده افشانی است. این مواد پرورده‌ها می‌تواند از فتوسنتز جاری و یا انتقال مجدد مواد پرورده از ساقه و یا سایر قسمت‌های گیاه تأمین شود، بنابراین، تأمین عناصری مثل نیتروژن و فسفر می‌تواند وزن هزاردانه را به میزان قابل توجهی افزایش دهد (٦٢). کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه کنجد شد (٥٩).

عملکرد دانه و بیولوژیک کنجد: عملکرد دانه و زیستی کنجد تحت تأثیر اثرات ساده کود و کشت مخلوط و نیز برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ٥). بیشترین میزان عملکرد دانه و عملکرد زیستی کنجد (به‌ترتیب ٢٥٧ و ٩٢٨ گرم در مترمربع) از کشت مخلوط سه دریف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز با کاربرد کود مرغی + میکوریزا حاصل شد که با همان کشت مخلوط در شرایط کاربرد کود شیمیایی + میکوریزا تفاوت معنی‌دار نداشت. همچنین، کمترین میزان عملکرد دانه و بیولوژیک کنجد (به‌ترتیب ٥٣ و ٢٣٨ گرم در مترمربع) نیز از کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز در شرایط عدم مصرف کود حاصل شد که با کشت مخلوط دو ردیف کنجد با سه ردیف لوبیاسبز در شرایط عدم مصرف کود تفاوت معنی دار نداشت (جدول ٦). وجود مقدار زیادی از عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و درصد بالایی از کربن آلی در تیمار کود مرغی یکی از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد و صفات زراعی، نسبت به تیمار شاهد است. کاربرد کودهای آلی موجب افزایش دسترسی به عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه می‌شود (٦٣). با افزایش تراکم بوته در واحد سطح عملکرد دانه کنجد افزایش یافت که با نتایج آزمایشات ندیم و همکاران (٢٠١٥)، آدام و همکاران (٢٠١٣) مطابقت دارد (٦٤ و ٦٥). تلقیح کنجد با قارچ میکوریزا عملکرد دانه را تا ٣٢ درصد در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی افزایش داد (٣٤). عملکرد بالاتر دانه کنجد در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی نشان دهنده اثر متقابل مثبت بین کنجد و لوبیاسبز است که با نتایج اگگنیو و همکاران (٢٠٠٦) در کشت مخلوط جو با باقلا همخوانی دارد (٦٦). بنابراین، در کشت مخلوط بنظر می‌رسد از رقابت در تخصیص منابع اجتناب شود و این پدیده ممکن است بعلت اثر مثبت گیاه حبوبات از طریق تثبیت نیتروژن و فراهمی سایر عناصر از قبیل فسفر روی رشد کنجد باشد (٦٧).

عملکرد غلاف و زیستی لوبیاسبز: اثرات اصلی کود و کشت مخلوط و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد غلاف و زیستی لوبیاسبز در سطح احتمال یک درصد معنی-دار شد (جدول ٥). بیشترین مقدار عملکرد غلاف سبز (١٢٠٤ گرم در مترمربع) به کشت خالص لوبیاسبز و کاربرد کود مرغی + میکوریزا که با کشت خالص لوبیاسبز و کاربرد کود شیمیایی + میکوریزا در یک گروه قرار گرفت. کمترین مقدار آن (٢١٠ گرم در مترمربع) مربوط به کشت مخلوط سه ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز و عدم مصرف کود بود. عملکرد زیستی لوبیاسبز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کشت مخلوط و کاربرد تیمار کودی قرار گرفت.

جدول ٦. برهم‌کنش تیمارهای کودی و کشت مخلوط بر برخی صفات کمی و کیفی کنجد و لوبیاسبز و شاخص نسبت برابری زمین

Table 6. The interaction effect of fertilizer treatment and intercropping on some of quantity and quality traits of sesame and green bean, and land equivalent rato (LER).

تیمار کودی Fertilizer treatment	کشت مخلوط Intercropping	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index		سرعت رشد محصول Crop growth rate ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$)		سرعت جذب خالص Net assimilation rate ($g\ m^{-2}_{leaf}\ d^{-1}$)		تعداد شاخه در بوته N. of branch $plant^{-1}$	تعداد کپسول در بوته N. of capsule $plant^{-1}$	وزن هزار دانه 1000-seed weight
		کنجد Sesame	کنجد Sesame	لوبیاسبز Green bean	کنجد Sesame	لوبیاسبز Green bean	کنجد Sesame	لوبیاسبز Green bean	کنجد Sesame	کنجد Sesame	کنجد Sesame
شاهد Control	کشت خالص Monoculture	81.05 l	2.98 g-j	3.42 c	9.75 k	7.89 f	3.3 jk	2.29 j-m	2.38 o	36.22 op	3.21 i
	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	81.4 l	2.08 n	1.29 o-q	9.45 l	2.78 tv	3.13 k	2.11 lm	2.39 o	39.53 no	3.24 i
	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	83.5 kl	2.13 mn	1.81 g-j	9.51 l	4.03 m-p	3.1 k	2.19 k-m	2.55 no	42.89 no	3.34 h-j
	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	87.4 i-l	3.08 e-h	1.13 q	9.87 k	2.41 v	3.25 jk	2.09 m	2.4 o	32.82 pq	3.3 ij
	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	85.6 j-l	3.02 f-i	1.57 j-n	9.79 k	3.49 p-s	3.27 jk	2.18 lm	2.32 o	28.38 q	3.26 ij
کود مرغی Poultry manure (PM)	کشت خالص Monoculture	100.75 b-g	3.66 a-d	3.86 b	15.16 d-g	11.25 c	4.17 c-g	2.89 a-e	3.5 e-j	67.62 g-i	3.99 a-e
	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	91.3 g-l	2.58 j-l	1.48 l-o	11.44 jk	3.80 o-r	4.48 b-e	2.52 f-k	3.8 b-f	77.83 c-e	4.11 a-c
	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	97.6 c-i	2.45 k-n	2.09 d-f	10.25 k	5.61 i	4.23 c-g	2.67 c-i	3.58 c-i	66.33 hi	4.05 a-d
	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	102.25 a-g	3.46 b-e	1.22 pq	16.02 b-f	3.30 q-t	4.24 c-g	2.65 d-i	3.4 g-k	73.60 e-g	4 a-e

	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	106.25 a-d	3.68 a-d	2.79 h-k	15.64 c-f	4.90 jk	4.19 c-g	2.7 c-h	3.31 h-l	57.36 jk	3.84 b-g
کود شیمیایی Chemical manure (CM)	کشت خالص Monoculture	103 a-f	3.57 a-d	3.77 b	14.32 f-h	10.59 d	4.03 e-i	2.79 a-f	3.29 h-l	58.59 jk	3.8 c-g
	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	96.9 c-j	2.52 k-m	1.39 m-p	11.07 jk	3.62 p-s	4.41 b-f	2.54 f-j	3.4 g-k	68.17 f-h	3.97 a-e
	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	100.65 b-g	2.4 k-n	2.05 d-g	9.66 k	5.32 ij	3.06 e-i	2.57 e-j	3.31 h-l	52.75 k-m	3.83 b-g
	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	103.35 a-e	3.62 a-d	1.21 pq	14.52 e-h	3.13 st	4.02 f-i	2.55 f-j	3.09 k-m	46.91 mn	3.7 d-h
	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	107.4 a-c	3.71 a-d	1.72 i-l	15.27 d-g	4.58 k-m	4.14 d-h	2.63 d-i	3.2 i-m	58.29 jk	3.87 b-g
میکوریزا Mycorrhiza (M)	کشت خالص Monoculture	94.2 e-k	3.37 c-g	3.62 bc	12.26 ij	9.34 e	3.66 ij	2.56 e-j	3 lm	49.89 l-n	3.54 f-j
	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	91.65 f-l	2.28 l-n	1.34 n-q	9.78 k	3.16 r-t	4.35 b-f	2.33 i-m	2.99 lm	56.00 j-l	3.56 f-j
	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	88.6 h-l	2.38 k-n	1.9 f-i	10.33 k	4.69 j-l	4.39 b-f	2.43 h-l	3.27 i-l	60.69 ij	3.65 e-i
	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	95.8 d-j	3.36 d-g	1.15 pq	12.34 ij	2.76 tv	3.7 h-j	2.34 i-m	2.88 mn	39.37 op	3.48 g-j
	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	97.1 c-j	3.44 c-f	1.65 j-l	13.28 hi	4.10 l-p	3.89 g-i	2.44 g-l	3.15 j-m	47.23 mn	3.53 f-j

4.2 ab	81.54 b-d	3.89 a-d	3.13 a	4.47 b-f	13.54 a	17.22 a-c	4.29 a	3.88 ab	107.15 a-d	کشت خالص Monoculture	
4.28 a	92.47 a	4.26 a	2.77 b-h	5.07 a	4.52 k-n	13.78 g-i	1.62 j-m	2.73 h-k	99.65 b-h	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	
4.21 ab	85.05 b	3.97 ab	3 a-c	4.75 ab	6.83 g	12.34 ij	2.25 d	2.62 i-l	103.45 a-e	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	کود مرغی+ میکوریزا PM + M
4.17 a-c	82.51 bc	3.73 b-g	2.86 a-f	4.6 bc	3.93 n-q	18.21 a	1.37 n-q	3.99 a	110.5 ab	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	
4.07 a-d	75.24 d-f	3.65 b-h	2.95 a-d	4.55 b-d	5.95 hi	17.71 ab	1.98 e-h	3.93 a	113.4 a	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	
4.06 a-d	73.48 e-g	3.66 b-h	3.09 ab	4.35 b-f	12.85 b	16.3 b-e	4.13 a	3.77 a-d	110.8 ab	کشت خالص Monoculture	
4.13 a-c	85.25 b	3.94 a-c	2.76 b-h	4.76 ab	4.30 k-o	12.35 ij	1.55 k-n	2.63 i-l	99.65 b-h	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	
4.07 a-d	76.88 c-e	3.53 d-j	2.9 a-e	4.46 b-f	6.43 gh	11.19 jk	2.2 de	2.54 k-m	101.55 b-g	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	کود شیمیایی+ میکوریزا CM + M
4.06 a-d	76.27 c-e	3.84 b-e	2.78 b-g	4.55 b-d	3.75 o-s	17.78 ab	1.33 n-q	3.93 a	106.75 a-d	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	
3.92 a-f	67.87 gh	3.44 f-k	2.85 a-f	4.35 b-f	5.95 i	16.42 a-d	1.93 f-i	3.8 a-c	110.7 ab	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

The common letters indicated no significant differences (P=0.05).

عملکرد زیستی در کشت مخلوط به‌طور متوسط حدود ٤٣ درصد در مقایسه با تک کشتی کاهش نشان داد. همچنین کاربرد کود مرغی + میکوریزا به‌طور معنی‌داری عملکرد زیستی را ٥٧٪ در مقایسه با تیمار شاهد (کشت خالص لوبیاسبز در شرایط عدم مصرف کود) افزایش داد (جدول ٦).

درصد و عملکرد روغن کنجد: درصد و عملکرد روغن کنجد تحت تأثیر اثرات ساده کود و کشت مخلوط و همچنین برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ٥). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها، کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز با کاربرد تیمار کود مرغی + میکوریزا بیشترین درصد روغن دانه کنجد (٥٣/٨٦ درصد) را تولید کرد. بیشترین عملکرد روغن دانه کنجد (١٣٥٠ کیلوگرم در هکتار) نیز به کشت مخلوط سه ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز در تیمار کود مرغی + میکوریزا و کمترین مقدار آن (٢٣٩/٢ کیلوگرم در هکتار) در کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز و عدم مصرف کود مشاهده شد که با کشت مخلوط دو ردیف کنجد + سه ردیف لوبیاسبز در همان تیمار کودی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٦). فراهمی عناصری چون فسفر، پتاسیم و سایر عناصر کم مصرف در کودهای آلی (٦٨) با افزایش جذب نیتروژن و بهبود فعالیت آنزیمی در افزایش رشد و در نهایت عملکرد کمی و کیفی گیاه مؤثر است (٦٩). تراکم پایین بوته در واحد سطح بعلت فراهمی بیشتر عناصر غذایی و آب کافی موجب رشد بهتر گیاه و در نتیجه افزایش تجمع مواد غذایی در دانه شده که بعنوان بخشی از عملکرد اقتصادی و روغن دانه‌ها محصوب می‌شود. با افزایش تراکم بوته در واحد سطح محتوای روغن دانه کنجد کاهش نشان داد که با نتایج حسینی و همکاران (٢٠١٥) در کنجد مطابقت دارد (٧٠). کاربرد تلفیقی کود آلی، کود شیمیایی و کود زیستی موجب افزایش عملکرد روغن کنجد شد (٧١). مطابق با نتایج حاضر، تلقیح با قارچ میکوریزا موجب افزایش جذب آب و مواد غذایی و در نهایت افزایش عملکرد روغن آقتابگردان شد (٧٢). بهبود عملکرد روغن پس از تلقیح با میکوریزا در دانه های روغنی مانند سویا (٧٣) و گلرنگ (٧٤) نیز مشاهده شده است. گزارش شده است عملکرد اسانس شوید با تلقیح میکوریزا نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (٤٠). بهبود درصد روغن پس از تلقیح با قارچ میکوریزا ممکن است با افزایش محلولیت و فراهمی بیشتر فسفر مرتبط باشد، چنانچه توسط سایر پژوهش‌گران نیز گزارش شده است (٣٤). با توجه به عملکرد دانه بیشتر در الگوی کشت مخلوط سه ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز و کاربرد کود مرغی + میکوریزا افزایش عملکرد روغن بدیهی و قابل توجیه است.

نسبت برابری زمین (LER): نسبت برابری زمین جهت مقایسه سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص استفاده می‌شود. مطالعه حاظر نشان داد LER کنجد نسبت به لوبیاسبز بالاتر بود. بنابراین، کنجد گیاه غالب است و تحت تأثیر اثرات مثبت کشت مخلوط با لوبیاسبز قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج، بیشترین مقدار نسبت برابری زمین در کشت مخلوط سه ردیف کنجد با سه دریف لوبیاسبز در تیمار کود شیمیایی (١/٦٢) و مقادیر کمتر از واحد (٠/٨٩ و ٠/٩٦) به‌ترتیب در کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز در تیمار عدم مصرف کود و کشت مخلوط دو ردیف کنجد با دو ردیف لوبیاسبز در تیمار میکوریزا به‌دست آمد که علت آن کاهش تراکم بوته در واحد سطح است (جدول ٦). در کشت مخلوط شوید با لوبیا (٤٠)، شوید با سویا (٢٣) و بادرنجبویه با سویا (٢٤) نیز مقادیر LER بیشتر از یک بود. برخی نتایج نشان می‌دهد وقتی گیاه لگوم با غیر لگوم بصورت مخلوط کشت می‌شود، تشکیل گره‌های لگوم در سیستم کشت مخلوط افزایش می‌یابد بنابراین، تحریک تثبیت نیتروژن و قابلیت حل فسفر و سایر عناصر غذایی در ریزوسفر گیاه افزایش می‌یابد (٧٥).

ادامه جدول ٦. برهم‌کنش تیمارهای کودی و کشت مخلوط بر برخی صفات کمی و کیفی کنجد و لوبیاسبز و شاخص نسبت برابری زمین

Table 6. The interaction effect of fertilizer treatment and intercropping on some of quantity and quality traits of sesame and green bean, and land equivalent rato (LER).

تیمار کودی Fertilizer treatment	کشت مخلوط Intercropping	عملکرد اقتصادی Economical yield (g m^{-2})		عملکرد زیستی Biological yield (g m^{-2})		درصد روغن Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha^{-1})	نسبت برابری زمین
		دانه کنجد Sesame seed	غلاف لوبیاسبز Green bean pods	کنجد Sesame	لوبیاسبز Green bean	کنجد Sesame	کنجد Sesame	LER
شاهد Control	کشت خالص Monoculture	83 qr	738 d	387 op	395 cd	43.44 i	359.1 qr	---
	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	53 s	246 op	238 r	132 op	45.36 g-i	239.2 s	0.89
	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	60 rs	374 i-l	276 qr	202 k-n	46.07 e-i	276.6 rs	1.19
	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	94 opq	210 p	408 n-p	113 p	45.04 g-i	420.9 pq	1.43
	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	88 pq	313 l-o	419 n-p	172 m-p	44.58 hi	394.1 pq	1.48
کود مرغی Poultry manure (PM)	کشت خالص Monoculture	171 fg	1030 b	668 e-g	629 b	48.76 a-i	836.1 f-h	---
	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	135 jkl	346 j-n	482 k-n	215 j-m	50.98 a-f	687.8 i-k	1.12
	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	114 l-p	523 fg	429 m-p	321 fg	50.47 a-g	577.6 l-n	1.14
	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	212 b-d	291 m-p	798 b-d	181 m-o	49.95 a-h	1057.1 c	1.57
	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	177 e-g	444 gh	73 c-e	274 g-j	49.24 a-h	873.3 e-g	1.52
کود شیمیایی Chemical manure (CM)	کشت خالص Monoculture	160 g-j	968 b	640 e-h	591 b	48.04 b-i	769.4 hi	---
	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	126 k-m	321 l-o	471 k-o	203 k-n	49.90 a-h	592.9 k-n	1.15
	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	106 m-q	491 gh	411 n-p	302 g-i	49.37 a-h	520.8 l-n	1.12
	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	167 f-i	272 n-p	6978 d-f	169 m-p	48.41 a-i	807.2 gh	1.36

1.68	922.9 ef	48.76 a-i	257 h-l	660 e-g	419 h-j	189 d-f	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	
---	562.2 l-o	45.57 f-i	444.92 c	532 i-l	859 c	123 k-n	کشت خالص Monoculture	میکوریزا Mycorrhiza (M)
0.96	373.5 p-r	46.85 d-i	150 n-p	340 pq	282 n-p	79 q-s	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	
1.28	465.9 op	47.91 b-i	228 j-m	385 op	430 hi	97 n-q	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	
1.31	555.1 m-o	46.21 e-i	126 op	560 h-k	239 op	120 k-o	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	
1.68	660.1 j-l	47.26 c-i	194 lmn	612 f-i	367 i-m	140 i-l	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	
---	1073.8 c	51.07 a-f	758 a	787 b-d	1204 a	220 cd	کشت خالص Monoculture	کود مرغی+ میکوریزا PM + M
1.15	910.2 ef	53.86 a	258 h-k	592 g-j	403 i-k	169 f-h	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	
1.19	765.9 hi	53.32 ab	387 c-e	506 j-n	609 e	144 h-k	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	
1.54	1350.0 a	52.60 a-c	221 j-m	928 a	337 k-n	257 a	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	
1.60	1221.1 b	51.87 a-d	328 e-g	849 ab	517 fg	235 a-c	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	
---	940.7 de	50.22 a-g	711 a	724 c-e	1152 a	187 d-g	کشت خالص Monoculture	کود شیمیایی+ میکوریزا CM + M
1.10	750.8 h-j	52.69 a-c	242 i-l	520 i-m	383 i-l	143 h-k	دو ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 2 rows GB	
1.14	628.9 k-m	52.07 a-d	364 d-f	452 l-o	586 ef	121 k-o	دو ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 2 rows S.: 3 rows GB	
1.61	1231.8 b	51.54 a-c	201 k-n	868 ab	318 l-o	239 ab	سه ردیف کنجد+ دو ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 2 rows GB	
1.56	1029.7 cd	50.90 a-f	309 f-h	800 bc	491 gh	202 de	سه ردیف کنجد+ سه ردیف لوبیاسبز 3 rows S.: 3 rows GB	

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

The common letters indicated no significant differences (P=0.05).

نتیجه‌گیری

در بررسی تک کشتی دو محصول و کشت مخلوط مشخص شد بیشترین مقادیر سودمندی کشت مخلوط مربوط به کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. بنابراین، بنظر می‌رسد کاربرد تلفیقی منابع کودی، علاوه بر تأمین عناصر غذایی ضروری، موجب بهبود عملکرد گیاهان می شود. کودهای آلی و میکوریزا ابزاری مهم در بهبود محیط رشد گیاه بوده و اکوسیستم‌های زراعی را پایدارتر نموده و در نتیجه موجب افزایش ظرفیت تولید گیاهان می‌شود. همچنین، با توجه به برتری تیمار کود مرغی+ میکوریزا همراه با الگوی‌های مختلف کشت مخلوط برای گیاه کنجد، بنظر می‌رسد کاربرد این تیمار در بستر کشت مخلوط گیاهان برای حصول عملکرد مناسب در منطقه مورد آزمایش قابل توصیه است. بنابراین، کاربرد تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی در بستر کشت مخلوط می‌تواند جایگزین مناسبی برای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی باشد.

References

1. Bhunia, R. K., Chakraborty, A., Kaur, R., Gayatri, T., Bhat, K. V., Basu, A., Maiti, M. K. & Kumar Sen, S. (2014). Analysis of fatty acid and lignan composition of 120 Indian germplasm of sesame to evaluate their nutritional merits. *Journal of the American Oil Chemists Society*, *92*(1), 65–76.
2. Wan, Y., Li, H., Fu, G., Chen, X., Chen, F. & Xie, M. (2015). The relationship of antioxidant components and antioxidant activity of sesame seed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 95*(13), 2571–2578.
3. Bradley Morris, J., Wang, M. L. & Tonnis, B. D. (2021). Variability for oil, protein, lignan, tocopherol, and fatty acid concentrations in eight sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. *Industrial Crops & Products, 164,* 1-12.
4. FAOSTAT (Food and agriculture organization statistical databases). (2020). https://www.fao.org.
5. Saleh, S., Liu, G., Liu, M., Ji, Y., He, H. & Gruda, N. (2018). Effect of irrigation on growth, yield, and chemical composition of two green bean cultivars. Horticulturae, *4*(1), 1-10.
6. Ministry of Agriculture – Jihad of central province. (1402).
7. 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. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*, 911–935.
8. Yang, H., Zhang, W. & Li, L. (2021). Intercropping: feed more people and build more sustainable agroecosystems. A review. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering, 8*(3), 373–386.
9. Hu, F., Gan, Y., Chai, Q., Feng, F., Zhao, C., Yu, A., Mu, Y. & Zhang, Y. (2016). Boosting system productivity through the improved coordination of interspecific competition in maize/pea strip intercropping. *Field Crops Research*, *198*, 50-60.
10. Betencourt, E., Duputel, M., Colomb, B., Desclaux, D. & Hinsinger, P. (2012). Intercropping promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphere phosphorous availability in a low P soil. *Soil Biology and Biochemistry*, *46*, 181-190.
11. Wang, Z. G., Bao, X. G., Li, X. F., Jin, X., Zhao, J. H., Sun, J. H., Christer, P. & Li, L. (2015). Intercropping maintains soil fertility in terms of chemical properties and enzyme activities on a timescale of one decade. *Plant and Soil*, *391*, 265-282.
12. Cong, W. F., Haffland, E., Li, L., Six, J., Sun, J. H., Bao, X. G., Zhang, F. S. & Der Werf, W. V. (2015). Intercropping enhances soil carbon and nitrogen. *Global Change Biology*, *21*(4), 1715-1726.

13. Meelu, O.P., Singh, Y., Khera, T. S. & Kumar, K. (1995). Proceedings of the 2nd Conference on Temperate Rice – Achievement and Potential, Yanco, Australia, pp, 605–613.
14. Bansal, M. (2017). Organic farming: is it a solution to safe food? In Food Safety in the 21st Century. *Chapter*, *43*, 515-525.
15. Daneshmandi, M. S. & Seyyedi, S. M. (2019). Nutrient availability and saffron corms growth affected by composted pistachio residues and commercial poultry manure in a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *50*(12), 1–11.
16. Sharma, R. C., Sarkar, S., Das, D. & Banik, P. (2013). Impact assessment of arbuscular mycorrhiza Azospirillum and chemical fertilizer application on soil health and ecology. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. *44*(6), 1116–1126.
17. Weisany, W., Raei, Y. & Pertot, I. (2015). Changes in the essential oil yield and composition of dill (*Anethum graveolens L.*) as response to arbuscular mycorrhiza colonization and cropping system. *Industrial Crops and Products*, *77*, 295-306.
18. Cavagnaro, T. R., Bender, S. F., Asghari, H. R. & Van der Heijden, M. G. A. (2015). The role of arbuscular mycorrhizas in reducing soil nutrient loss. *Trends in Plant Science*, *20*(5), 283– 290.
19. Pirzad, A. & Mohammadzadeh, S. (2018). Water use efficiency of three mycorrhizal Lamiaceae species (*Lavandula officinalis*, *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris*). *Agricultural Water Management*, *204*, 1–10.
20. Schlegel, A. J., Assefa, Y., Bond, H. D., Wetter, S. M. & Stone, L. R. (2015). Soil physicochemical properties after 10 years of animal waste application. *Soil Science Society of America Journal*, *79*(3), 711-719.
21. Bajeli, J., Tripathi, S., Kumar, A., Tripathi, A. & Upadhyay, R. K. (2016). Organic manures a convincing source for quality production of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.). *Industrial Crops and Products*, *83*, 603-606.
22. Rostaei, M., Fallah, S., Lorigooini, Z. & Abbasi Surki, A. (2018). The effect of organic manure and chemical fertilizer on essential oil, chemical compositions and antioxidant activity of dill (*Anethum graveolens*) in sole and intercropped with soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Cleaner Production*, *199*, 18-26.
23. Fallah, S., Rostaei, M., Lorigooini, Z. & Abbasi Surki, A. (2018). Chemical compositions of essential oil and antioxidant activity of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in sole crop and dragonhead-soybean (*Glycine max* L.) intercropping system under organic manure and chemical fertilizers. *Industrial Crops and Products*, *115*, 158-165.
24. Chand, S., Pandey, A. & Patra, D. D. (2012). Influence of nickel and lead applied in combination with vermicompost on growth and accumulation of heavy metals by *Mentha arvensis* Linn. Cv., Kosi, *Indian. Journal of Natural Products and Resources*, *3*(2), 256-261.
25. Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Kumar, A., Naqvi, A. A. & Khanuja, S. P. S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *36*, 1737-1746.
26. Rajeswara Rao, B. R., Prakasa, Rao, E. V. S., Singh, K. & Bhattacharya, A. K. (1991). Fertilizer effect on palmarosa (*Cymbopogon martini*) under semi-arid tropical conditions of India. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *61*, 499-501.
27. Meena, B. P., Kumar, A., Lal, B., Sinha, N. K., Tiwari, P. K., Dotaniya, M. L., Jat, N. K. & Meena V. D. (2015). Soil microbial, chemical properties and crop productivity as affected by organic manure application in popcorn (*Zea mays L.* Var. everta). *African Journal of Microbiology. Research*, *9*(21), 1402-1418.

28. Prasad, R. & Power, J. F. (1997). Soil fertility management for sustainable agriculture. *CRC-Lewis Publishers, Boca Raton*, USA, pp: 356.
29. Venkatesh, M. S., Hazra, K. K., Ghosh, P. K., Khuswah, B. L., Ganeshamurthy, A. N., Ali, Masood, Singh, J. & Mathur, R. S. (2017). Long-term effect of crop rotation and nutrient management on soil-plant nutrient cyclingand nutrient budgeting in Indo-Gangetic plains of India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *63*(14), 2007-2022.
30. Kong, X. B., Lal, R., Li, B. G. & Li, K. J. (2014). Crop yield response to soil organic carbon stock over long-term fertilizer management in Huang-Huai Plains of China. *Agricultural Research*, *3*(3), 246-256.
31. Choudhary, M., Pandey, S. C., Meena, V. C., Singh, S., Yadav, R. P., Mahanta, D., Mondal, T., Mishra, P. K., Bisht, J. K. & Pattanayak, A. (2018). Long-term effects of organic manure and inorganic fertilization on sustainable and chemical soil quality indicators of soybean-wheat cropping system in the Indian mid-himalayas. *Agriculture Ecosystem and Environment*, *257*, 38-46.
32. Meena, B. P., Biswas, A. K., Singh, M., Chaudhary, R. S., Singh, A. B., Das, H. & Patra, A. K. (2019). Long-term sustaining crop productivity and soil health in maize-chickpea system through integrated nutrient management practices in Vertisols of central India. *Field crops research*, *232*, 62-76.
33. Gholinezhad, E. & Darvishzadeh, R. (2021). Influence of arbuscular mycorrhiza fungi and drought stress on fatty acids profile of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Field Crops Research*, *262*, 1-12.
34. Nurbaksh, F., Koocheki, A. & Nassiri Mahallati, M. (2015). Evaluation of yield, yield components and different intercropping indices in mixed and row intercropping of sesame (*Sesamum indidum* L.) and ban (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, *6*(2), 73-86.[In Persian]
35. Phillips, J. M. & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transaction of the British Mycological Society*, *55*, 158–161.
36. Mead, R. & Willey, R. W. (1980). The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture*, *16*(3), 217–228.
37. Vandermeer, J. (1989). The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp: 231.
38. Hamzei, J. & Salimi, F. (2014). Root colonization, yield and yield components of milk thistle (*Silybum marianum*) affected by mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer. *Journal Sustainable agriculture and production science*, *24*(4), 85-96. [In Persian]
39. Weisany, W., Razaei, Y. & Ghassemi-Golezani, K. (2016). *Funneliformis mosseae* alters seed essential oil content and composition of dill in intercropping with common bean. *Industrial Crops and Products*, *79*, 29-38.
40. Urcoviche, R. C., Gazim, Z.C., Dragunski, D. C., Barcellos, F. G. & Alberton, O. (2015). Plant growth essential oil content of Mentha crispa inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi under different levels of phosphorus. *Industrial Crops and Products*, *67*, 103-107.
41. Ostadia, A., Javanmard, A., Amani Machiani, M., Morshedloob, M. R., Nouraeina, M, Rasouli, F. & Maggi, F. (2020). Effect of different fertilizer sources and harvesting time on the growth characteristics, nutrient uptakes, essential oil productivity and composition of *Mentha x piperita* L. *Industrial Crops and Products*, *148*, 1-12.
42. Tarraf, W., Ruta, C., Tagarelli, A., De Cillis, F. & De Mastro, G. (2017). Influence of arbuscular mycorrhizae on plant growth, essential oil production and phosphorus uptake of *Salvia*

officinalis L. *Industrial Crops and Products*, *102*, 144-153.

43. Yadav, A., Saini, I., Kaushik, P., Ahmad Ansari, M. & Rashid Khan, M. (2021). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and P-solubilizing Pseudomonas fluorescence (ATCC-17400) on morphological traits and mineral content of sesame. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*, 2649-2654.
44. Gheisari Zardak, S., Movahhedi Dehnavim M., Salehi, M. & Gholamhoseini, M. (2018). Effects of using arbuscular mycorrhizal fungi to alleviate drought stress on the physiological traits and essential oil yield of fennel. *Rhizosphere, 6*, 31-38.
45. Bona, E., Cantamessa, S., Massa, N., Manassero, P., Marsano, F., Copetta, A., Lingua, G., D'Agostino, G., Gamalero, E. & Berta, G. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting pseudomonads improve yield, quality and nutritional value of tomato: A field study. *Mycorrhiza, 27*, 1–11.
46. Nadeem, A., Kashani, S., Ahmed, N., Buriro, M., Saeed, Z., Mohammad, F. & Ahmed, S. (2015). Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under the influence of planting geometry and irrigation regimes. *American Journal of Plant Sciences*, *6*(7), 980-986.
47. Tahir, M., Saeed, U., Ali, A., Hassan, I., Naeem, M. & Ibrahim, M. (2012). Optimizing sowing date and row spacing for newly evolved sesame (*Sesamum indicum* L.) variety TH-6. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, *10*(1), 1-4.
48. Adam, L., Ibrahim, N., Dugje, Y. & Haliru, Y. (2013). Effects of inter-row spacing and plant density on performance of sesame (*Sesamum indicum,* L.) in a Nigerian Sudan Savanna. *Science International (Lahore)*, *25*(3), 13-519.
49. Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M. B. & Ehyayi, H. R. (2013). Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. *Industrial Crops and Products*, *43*, 606-611.
50. Anonymous. (2007). Managing soil fertility for vegetable production. http:/www.agnet.org.
51. Hosseini, S., Gholami, F. & Moatari, F. (2017). Effect of NPK conventional and nano fertilizers on the quantity and quality of basil (*Ocimum basilicum*). In: Proceedings of 4th National Conference of Scientific-Student Associations of Agricultural, Natural Resources, and Environmental Engineering. Tehran University Press, Karaj. [In Persian]
52. Emami Bistgani, Z., Siadat, S., Bakhshandeh, A. & Ghasemi Pirbaloti, A. (2015). Effects of chemical and organic fertilizers and chitosan on physiological traits and phenolic compound amounts in thyme (*Thymus deanensis* Celak) in Shahrekord region. *Journal of Crop Production Research*, *7*(1), 11–26. [In Persian]
53. Dehaghi, M. A. & Mollafilabi, A. (2010). Effects of different rates of n fertilizer on physiological indices of growth and yield components of cumin. *Acta Horticulturae*, *853*, 69–76.
54. Pasandi Pour, A., Farahbakhsh, H. & Tohidinejad, E. (2021). Nitrogen, phosphorous and potassium levels affected growth indices, leaf gas exchange parameters and biomass production of henna (*Lawsonia inermis* L.) ecotypes. *Industrial Crops and Products*, *163*, 1-8.
55. Warraich, E. A., Nazik Ahmed, N. A., Basra, S. M. A. & Irfan Afzal, I. A. (2002). Effect of nitrogen on source-sink relationship in wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*, *4*(2), 300-302.
56. Haruna, I.M. (2011). Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) as affected by poultry manure, nitrogen and phosphorus at Samaru, Nigeria. *Journal of Animal and Plant Sciences*, *21*(4), 653-659.
57. Mohammadghasemi, V., Siavash Moghaddam, S., Rahimi, A., Pourakbar, L. & Popović-Djordjević, J. (2021). Morpho-biochemical traits and

macroelements of *Lallemantia iberica* (M.B.) Fischer & Meyer, as affected by winter (late autumn) sowing, chemical and nano-fertilizer sources. *Acta Physiologiae Plantarum*, *43*(29), 1-19.

58. Ali, S., Jan, A., Zhikuan, J., Sohail, A., Tie, C., Ting, W., Peng, Z., Manzoor, Ahmad, I., Ur Rahmand, M., Xiaolong, R., Xiaoli, L. & Yue Yue, X. (2016). Growth and Fatty Acid Composition of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Genotypes as Influence by Planting Dates and Nitrogen Fertilization in Semiarid Region of Northwest, Pakistan. *Russian Agricultural Sciences*, *42*, 224–229.
59. Bybordi, A. & Mamedov, G. (2008). Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, *2*(1), 94–103.
60. Jan, A., Ali, S., Adail, M. & Khan, A. (2014). Growth and yield components of sesame (*Sesamum Indicum* L.) as influenced by phosphorus levels under different row spacing. *Journal of Environment and Earth Science*. *4*(22), 150-155.
61. Galdino dos Santos, M., Maria Paula Ribeiro, R., Tavares de Albuquerque, J. R., Anizio Lins, H., Paes Barros Júnior, A. P., Bezerra Neto, F., Da Silveira, L. M., Bezerra Soares, E. & Evangelista de Souza, A. R. (2018). Production performance of sesame cultivars under different nitrogen rates in two crops in the Brazilian semi-arid region. *Industrial Crops and Products*, *124*(15), 1-8.
62. Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghadam, P., Ghorbani, R. & Nasiri Mahallati, M. (2016). Effects of single and combined application of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum*). *Journal of Horticultural Science*, *29*(4), 486-500. [In Persian]
63. Nadeem, A., Kashani, S., Ahmed, N., Buriro, M., Saeed, Z., Mohammad, F. & Ahmed, S. (2015). Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under the influence of planting geometry and irrigation regimes. *American Journal and Plant Sciences*, *6*(7), 980-986.
64. Adam, L., Ibrahim, N., Dugje, Y. & Yakubu, H. (2013). Effects of inter-row spacing and plant density on performance of sesame (*Sesamum indicum,* L.) in a Nigerian Sudan Savanna. *Science International (Lahore)*, *25*(3), 13-519.
65. Agegnehu G., Ghizaw A. & Sinebo W. (2006). Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, *25*(3), 202–207.
66. Bhatti, I. H., Ahmad, R., Jabbar, A., Nazir, M. S. & Mahmood, T. (2006). Competitive behavior of component crops in different sesame-legume intercropping systems. *International Journal of Agriculture and Biology*, *8*(2), 165-167.
67. Chintagunta, A. D., Jacob, S. & Banerjee, R. (2016). Integrated bioethanol and biomanure production from potato waste, *Waste Management*, *49*, 320-325.
68. Liang, Y., Nikolic, M., Peng, Y. & Chen, W. (2005). Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology and Biochemistry*, *37*(6), 1185-1195.
69. Hosseini Valiki, S. R., Ghanbari, S., Golmohammadzadeh, S. & Riahi Kiasari, K. (2015). Effect of different plant density on growth and yield of three cultivars of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Biological Forum – An International Journal*, *7*(1), 1524-1528.
70. El-Habbasha, S. F., Abd El Salam, M. S. & Kabesh, M. O. (2007). Response of two sesame varieties (*Sesamum indicum L.*) to partial replacement of chemical fertilizers by bio-organic fertilizers. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *3*(6), 563-571.
71. Heidari, M. & Karami, V. (2014). Effects of different mycorrhiza species on grain yield, nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress.

Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 13(1), 9–13.

72. Samsami, N., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A. & Gholinezhad, E. (2019). Effect of mycorrhizal fungi and rhizobium bacterial on qualitative and quantitative traits of soybean in response to drought stress. *Journal of Agricultural Crops Production*, *21*(1), 13–26.
73. Haghshenas, R., Sharafi, S. & Gholinezhad, E. (2020). Effect of different levels of drought stress and mycorrhiza on yield of safflower cultivars. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(2), 91–109.
74. Rezaei-Chiyaneh, E., Amirnia, R., Amani Machiani, M., Javanmard, A., Maggi, F. & Morshedloo., M. (2020). Intercropping fennel (*Foeniculum vulgare* L.) with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by PGPR inoculation: Strategy for improving yield, essential oil and fatty acid composition. *Scientia Horticulturae*, *261*,1-11.