Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 3, 2024, p. 463-475

Studying the Beneficial Indicators of Intercropping of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) with Chickpea (*Cicer arietinum* L.), Lentil (*Lens culinaris* Medik) and Bitter Vetch (*Lathyrus sativus* L.)

Amin Yari[1] Farzad Mondani[2*], Alireza Bagheri[3] &Hamid Reza Chaghazardi[3]

1, 2 and 3- MSc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran, respectively.
(*- Corresponding author's Email: f.mondani@razi.ac.ir)

Received: 18-09-2023
Revised: 06-11-2023
Accepted: 12-12-2023
Available Online: 09-11-2024

How to cite this article:
Yari, A., Mondani, F., Bagheri, A., & Chaghazardi., H.R. (2024). Studying the beneficial indicators of intercropping of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) with chickpea (*Cicer arietinum* L.), lentil (*Lens culinaris* Medik) and bitter vetch (*Lathyrus sativus* L.). *Journal of Agroecology*, *16*(3), 463-475. (In Persian with English abstract)
https://doi.org/10.22067/agry.2023.84365.1166

Introduction

Intercropping is an agroecological technique in which two or more species are grown in the same area for a certain period of time. These species should be complementary to each other regarding the use of productive resources. By selecting crop species with different growth habits and minimal competition, intercropping optimizes resource absorption, resulting in improved yields compared to monoculture. Many studies have shown intercropping systems improve the resources use productive, stability of production, and increased profitability per area. The aim of this study was to evaluate the beneficial indicators of intercropping of safflower, as an important oil plant, with three legume species including chickpea, lentil, and bitter vetch, under Kermanshah climatic conditions.

Materials and Methods

A split plots experiment was done based on a completely randomized block design in three replications in dryland conditions at research farm of Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University during 2018-2019. In this study, chickpea, lentil, and bitter vetch were assigned to the main plots and five intercropping arrangements included legume monoculture, 75:25 ratio of safflower and legume, 50:50 ratio of safflower and legume, 25:75 ratio of safflower and legume, and safflower monoculture were assigned to the subplots. In this research, safflower was the main crop, and chickpeas, lentils, and bitter vetch were considered as alternative crops. The beneficial indicators of intercropping, including Land Equivalent Ratio (LER), Relative Crowding Coefficient (RCC), System Productivity Index (SPI), and Actual Yield Loss (AYL) were calculated. The LER indicates the amount of land required for the crop in monoculture in order to achieve a similar yield as intercropping. The RCC indicates the competitive ability of crops grown in intercropping. In other words, it expresses the relative dominance

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

https://doi.org/10.22067/agry.2023.84365.1166

of one species over others in intercropping. The SPI data are calculated by standardizing the alternative crop based on the main crop, whose higher values indicate the enhanced efficiency of the intercropping system. The AYL indicates the decrease or increase in the yield of intercropping compared to monoculture. The data were analyzed using ANOVA and the means were compared with the LSD test.

Results and Discussion

The results showed that the LER in intercropping with chickpeas and lentils was higher than other treatments. Regardless legume species, among the cultivation patterns, the 50:50 ratio of safflower and legume was superior in terms of LER (1.26) and competition index (RCC=4.6) compared to other intercropping patterns. The amount of actual yield reduction was positive for all intercropping patterns, but in the conditions where the chickpeas was cultivated as a companion crop in the intercropping, it was significantly more than the condition where the bitter vetch was cultivated as a companion crop (AYL=0.62). The highest productivity index in intercropping patterns was obtained when lentils were cultivated together with safflower (6089). The advantage of intercropping has been reported in many studies, especially those in which one of the components of intercropping is legume species, and the results of the current research are consistent with them. Intercropping provided better growth conditions for safflower compared to its monoculture. The different morphology of safflower compared to chickpea, lentil, and bitter vetch allows for minimal competition for resource uptake. The nitrogen fixation ability and facilitative effects of these legume species improved the indicators of intercropping profitability and ultimately increased safflower yield compared to its monoculture.

Conclusion

Regardless of the intercropping arrangements, the results of this study generally showed that the cultivation of chickpea together with safflower compared to lentil and bitter vetch resulted in more benefits in terms of the investigated intercropping indices. This was evident as the chickpea-safflower intercropping achieved the highest LERatio (1.14). This result was due to the presence of facilitative effects in chickpeas, especially their ability to biologically nitrogen fixation. With regards to beneficial indicators of intercropping, the 50% safflower: 50% legumes pattern demonstrated superiority compared to other investigated patterns. Therefore, if the results of this study are confirmed in other years and regions under dryland conditions, the chickpea-safflower intercropping with a 50:50 pattern is recommended.

Keywords: Actual yield reduction, Competition index, Land equality ratio, Productivity index

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص ۴۷۵-۴۶۳

بررسی شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.)، عدس (*Lens culinaris* Medik.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.)

امین یاری[۱]، فرزاد مندنی*[۲]، علیرضا باقری[۳] و حمید چقازردی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷
تاریخ بازنگری:۱۴۰۲/۰۸/۱۵
تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۹/۲۱

چکیده

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.)، عدس (*Lens culinaris* Medik.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.) در شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸- ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه گونه لگوم نخود، عدس و خلر به‌عنوان عامل اصلی و آرایش‌های کشت مخلوط شامل کشت خالص گلرنگ، کشت با نسبت ۲۵:۷۵ گلرنگ و لگوم، کشت با نسبت ۵۰:۵۰ گلرنگ و لگوم، کشت با نسبت ۷۵:۲۵ گلرنگ و لگوم و کشت خالص لگوم به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. گلرنگ گیاه اصلی و نخود، عدس و خلر به‌عنوان گیاه جایگزین بودند. در بین گونه‌های مورد بررسی، بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۱۴) متعلق به گیاه همراه نخود بود. صرف نظر از نوع گونه لگوم در بین الگوهای کشت مخلوط، نسبت ۵۰:۵۰ گلرنگ و لگوم از نظر نسبت برابری زمین (۱/۲۶) و ضریب ازدحام نسبی (۴/۶) نسبت به دیگر الگوها برتری داشت. میزان کاهش عملکرد واقعی برای همه الگوهای مخلوط مثبت بود، امّا در شرایطی که گیاه نخود (۰/۶۲) به‌عنوان گیاه همراه کشت شد، این کاهش به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گیاهان بود. بیشترین شاخص بهره‌وری در الگوهای مختلف کشت در تیمار ۲۵:۷۵ گلرنگ و عدس و به‌میزان ۷۷۲۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که در بین گونه‌های لگوم همراه با گیاه گلرنگ، بیشترین سودمندی هنگامی که نخود به‌عنوان گیاه همراه انتخاب شد، به‌دست آمد و الگوی کشت مخلوط ۵۰:۵۰ نیز از برتری بالاتری نسبت به سایر تیمارها برخودار بود.

واژه‌های کلیدی: شاخص بهره‌وری، ضریب ازدحام نسبی، کاهش عملکرد واقعی، نسبت برابری زمین

مقدمه

رشد فزاینده جمعیت و نیاز بشر به تأمین منابع غذایی از یک طرف، و پیامدهای تغییر اقلیم و محدودیت منابع محیطی از طرف دیگر، لزوم توسعه سیستم‌های زراعی سازگار با محیط زیست با راندمان بالای استفاده از منابع محیطی و تولید پایدار را دوچندان نموده است (Hong et al., 2019). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از راهبردهای کلیدی کشاورزی پایدار، در راستای افزایش بهره‌وری استفاده از منابع محیطی، کاهش خسارت تنش‌های محیطی و بهبود درآمد مزرعه مورد توجه و استقبال محققین و کشاورزان قرار گرفته است (Esmaeilian & Amiri, 2021). کشت مخلوط در بسیاری از

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: f.mondani@razi.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/agry.2023.84365.1166

مناطق جهان رواج داشته است و زارعین با انگیزه‌های گوناگون مانند کاهش خطرات احتمالی، استفاده از منابع، به‌دست آوردن حداکثر سود، حفاظت خاک، حاصلخیزی خاک، استفاده کارآمد از آب خاک، باقی ماندن بقایای گیاهی بیشتر در خاک، کاهش آفات و بیماری‌های گیاهی، حفاظت از باد و سرما و حفاظت فیزیکی و مهار علف‌های هرز به انجام این نوع کشت اشتیاق دارند (Abdollahi, 2018).

در این راستا، نتایج تحقیقات بسیاری در مناطق مختلف جهان سودمندی کشت مخلوط را در مقایسه با نظام‌های تک‌کشتی برای محصولات زراعی مختلف نشان داده است. مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) با کشت خالص این گیاهان مشخص کرد که نسبت برابری زمین (LER[1]) در تمام الگوهای کشت مخلوط بالاتر از عدد یک بود و بیشترین مقادیر از کشت مخلوط نواری به‌دست آمد (Zafaranieh, 2014). در طی مطالعه دیگری که در آن به ارزیابی شاخص‌های رقابتی و مزیت زراعی کشت مخلوط گلرنگ با خلر (*Lathyrus sativus* L.) پرداخته شد، گزارش شد که گلرنگ ضریب ازدحام نسبی (RCC[2]) بالاتری نسبت به خلر داشت (Jalilian et al., 2017). نتایج تحقیق مذکور همچنین نشان داد که سیستم کشت مخلوط، برتری محسوس و معنی‌داری در مورد معیارهای کارآیی استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گیاه داشت. در کشت مخلوط گلرنگ با سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) نیز گزارش شد که بالاترین مقدار نسبت برابری زمین (۱/۱۲) متعلق به تیمار کشت مخلوط ۱۲ بوته گلرنگ در مترمربع و شش بوته سیب‌زمینی در مترمربع بود، به عبارت دیگر، در این تیمار نسبت به کشت خالص ۱۲ درصد، عملکرد بیشتری در واحد سطح تولید شده بود (Rahimi et al., 2015). در تحقیقی دیگر که به‌منظور ارزیابی سودمندی کشت مخلوط نخود با جو (*Hordeum vulgare* L.) تحت شرایط رقابت با علف‌های هرز اجرا شده بود، گزارش شد که در تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بالاتر از یک بود و کشت مخلوط نخود و جو در هر دو حالت تداخل و عاری از علف هرز، برتر از کشت خالص آن‌ها بود (Hamzei & Seyedi, 2013). براساس گزارشی دیگر، بیشترین مقدار نسبت برابری زمین در کشت مخلوط شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و عدس (*Lens culinaris* Medik.)، معادل ۱/۸ به‌دست آمد (Shirzadi et al., 2011). علاوه‌براین با انجام کشت مخلوط نخود فرنگی (*Pisum sativum*) و جو، کارآیی استفاده از زمین در مقایسه با تک‌کشتی حدود ۳۲-۱۲ درصد بهبود یافت (Chapagain & Riseman, 2014).

بیشترین نسبت برابری زمین در سیستم کشت مخلوط ۵۰:۵۰ (گلرنگ و باقلا (*Vicia faba* L.)) با مصرف تلفیقی کود زیستی (ازتوبارور ۷ و فسفات بارور ۲) و ۶۰ درصد کود شیمیایی (اوره + سوپرفسفات تریپل) حاصل شد (Saeidi et al., 2018). مطالعات دیگر نیز نشان داد که بالاترین نسبت برابری زمین و شاخص نسبت منفعت به هزینه به‌ترتیب از کشت مخلوط کدوی تخمه‌کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با عدس با مصرف ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و مخلوط کدوی تخمه‌کاغذی و نخود با مصرف ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (Khoramivafa et al., 2011). در پژوهشی دیگر گزارش شد که از لحاظ نسبت برابری زمین بیشترین نسبت (۱/۹) در کشت یک ردیف گلرنگ با چهار ردیف نخود و کمترین مقدار آن (۱/۴) در کشت چهار ردیف گلرنگ با یک ردیف نخود مشاهده شد (Majnoon Hosseini et al., 2013). همچنین کشت مخلوط شنبلیله و انیسون (*Pimpinella anisum* L.) نسبت به کشت خالص آن‌ها از نظر نسبت برابری زمین برتری داشت (Mardani et al., 2015) و در کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با ماش (*Vigna radiate* L.) ارزش نسبی بیشتری در مقایسه با تک‌کشتی به‌دست آمد (Imran et al., 2011). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) با باقلا مجموع ارزش نسبی بیشتری در مقایسه با تک‌کشتی آن‌ها به‌دست آمد (Rezaei Chianeh et al., 2011).

علاوه‌براین، محاسبه شاخص‌های سودمندی اقتصادی (سودمندی کشت مخلوط، مزیت پولی و مجموع ارزش نسبی)، مزیت کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی نشان می‌دهند (Esmaeilian & Amiri, 2021). شاخص اقتصادی بیشتر از یک در سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند تأییدکننده سازگاری مناسب بین گونه گیاهی اصلی و گیاه همراه باشد که عوامل قیمت محصولات و همچنین میزان عملکرد حاصل از اجزاء مخلوط نیز در افزایش این شاخص دخیل است (Saeidi et al., 2018). بالاتر بودن شاخص مزیت پولی کشت مخلوط در الگوهای مختلف کشت مخلوط گلرنگ با باقلا نسبت به

1- Land equivalent ratio
2- Relative Crowding Coefficient

کشت خالص آن‌ها گزارش شده است (Saeidi et al., 2019). بنابراین، برای دست یافتن به اهداف کشاورزی پایدار، این بررسی با هدف مقایسه و محاسبه شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط گلرنگ به‌عنوان گیاه اصلی که اهمیت آن از نظر تأمین روغن به‌ویژه در اراضی دیم کشور بر کسی پوشیده نیست، با خلر، عدس و نخود از خانواده بقولات تحت شرایط اقلیمی کرمانشاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه (عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۰ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۰ متر) در سال زراعی ۱۳۹۸- ۱۳۹۷ بصورت دیم اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه گونه لگوم نخود، عدس و خلر به‌عنوان عامل اصلی و آرایش‌های کشت مخلوط شامل کشت خالص گلرنگ، کشت با نسبت ۲۵:۷۵ گلرنگ و لگوم، کشت با نسبت ۵۰:۵۰ گلرنگ و لگوم، کشت با نسبت ۷۵:۲۵ گلرنگ و لگوم و کشت خالص لگوم به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری صورت گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1- Physical and chemical properties of experiment soil at 0-30 cm depth

شن	رس	سیلت	اسیدیته	نیتروژن	کربن آلی	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب
Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	pH	N (%)	C (%)	K (ppm)	P (ppm)
22	53	25	7.8	0.01	0.9	320	11.8

در این تحقیق T گلرنگ گیاه اصلی و نخود، عدس و خلر به‌عنوان گیاه همراه در نظر گرفته شدند. آزمایش به‌صورت جایگزینی طراحی شد. تراکم بوته برای گلرنگ و نخود ۴۰ بوته در مترمربع (Hajishabani et al., 2020; Saeidi et al., 2018) با فاصله ۵۰ و ۵ سانتی‌متر به‌ترتیب بین و روی ردیف بود. تراکم ۱۶۰ بوته در مترمربع برای عدس (Shobeiri et al., 2019) و ۸۰ بوته در مترمربع برای خلر (Kheradmand et al., 2015) با فاصله ۲۵ و ۳ سانتی‌متر به‌ترتیب بین و روی ردیف در تیمار کشت خالص در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که برای اجرای آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی، ابتدا برای هر یک از گیاهان جایگزین واحد گیاهی محاسبه شد، به این صورت که به معادل هر بوته گلرنگ به‌ترتیب یک بوته نخود، چهار بوته عدس و چهار بوته خلر در نظر گرفته شد.

آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاوآهن قلمی بود که در اوایل آبان ماه ۱۳۹۷ انجام شد. مساحت هر کرت فرعی آزمایش ۱۲ مترمربع (۴ × ۳) بود. به این صورت که هر واحد آزمایش شامل هشت ردیف کاشت و به‌طول شش متر در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه در این تحقیق، گلرنگ گیاه اصلی بود، بنابراین فاصله بین ردیف‌های کاشت براساس آرایش کشت گلرنگ در تیمار خالص و به‌میزان ۵۰ سانتی‌متر لحاظ گردید و جهت کشت گیاهان همراهی که فاصله بین ردیف‌های کشت آن‌ها ۲۵ سانتی‌متر بود، در آرایش‌های مختلف مخلوط بر روی ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متری، دو ردیف عدس و یا خلر کشت گردید. کشت بذور گیاهان مختلف به‌صورت همزمان و پس از آماده‌سازی زمین در تاریخ دهم آبان‌ماه و با دست انجام گرفت. تاریخ کاشت نیز پس از وقوع اولین بارندگی مؤثر (۲۸ مهرماه ۱۳۹۷) لحاظ شد. عملیات تنک کردن برای رسیدن به تراکم مورد نظر پس از سبز شدن و رسیدن بوته‌ها به مرحله نموی چهار تا شش برگی انجام شد. در این آزمایش، برای گلرنگ رقم سینا، نخود رقم منصور، عدس رقم کیمیا و خلر توده محلی استفاده و بذرها از مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان کرمانشاه تهیه شد. به‌منظور اجرای یک سیستم اکولوژیک کم‌نهاده تا آخر فصل از هیچ گونه نهاده شیمیایی استفاده نشد، ولی از کود دامی پوسیده به‌میزان ۱۰ تن در هکتار استفاده شد. مدیریت علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی تا قبل از بسته شدن کانوپی طی دو مرحله انجام شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد نهایی، در اوایل مرداد ماه ۱۳۹۸ در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (به‌تفکیک گونه) پس از حذف اثرات حاشیه، بوته‌های موجود در هر واحد آزمایشی به مساحت ۱/۸ مترمربع (۰/۶ متر × ۳ متر) برداشت و پس از خشک کردن آن‌ها در آون (در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت) دانه‌ها از کاه و کلش جدا شده و عملکرد دانه براساس کیلوگرم در

هکتار برای گونه‌های گیاهی مورد بررسی اندازه‌گیری شد. نسبت برابری زمین (LER) از طریق معادله ۱ محاسبه شد.

معادله (۱) $$(Y_{ab}/Y_{aa}) + (Y_{ba}/Y_{bb}) = LER = LER_a + LER_b$$

برای تعیین این شاخص، عملکرد نسبی هر جزء محاسبه می‌شود و مجموع آن‌ها میزان LER را نشان می‌دهد. که در این معادله، Y_{ab}: عملکرد گونه a در کشت مخلوط، Y_{aa}: عملکرد گونه a در کشت خالص، Y_{ba}: عملکرد گونه b در کشت مخلوط و Y_{bb}: عملکرد گونه b در کشت خالص است. اگر مقدار LER>۱ باشد، کشت مخلوط مزیت دارد و برای تولید مقدار محصول برابر کشت مخلوط، در تک‌کشتی به زمین بیشتری نیاز است. اگر مقدار آن کمتر از یک باشد، تک‌کشتی ترجیح خواهد داشت و بالاخره اگر LER = ۱ باشد، نشانگر حد بحرانی بوده و در این شرایط تولید در واحد سطح در کشت مخلوط و تک‌کشتی با هم برابر هستند (Koocheki et al., 2010). ضریب ازدحام نسبی (RCC) برای گیاه a (RCC_a) که با گیاه b مخلوط شده است، از طریق معادله ۲ محاسبه می‌شود.

معادله (۲) $$RCC_a = Y_{ab} \times Z_{ab}/(Y_{aa} - Y_{ab}) \times Z_{ba}$$

این شاخص تعیین‌کننده میزان رقابت بین گیاهانی است که به‌صورت مخلوط کشت شده‌اند. در این معادله، Y_{aa}: محصول گونه a در تک‌کشتی، Y_{ab}: محصول گونه a در کشت مخلوط، Z_{ab}: نسبت مخلوط گونه a و Z_{ba}: نسبت مخلوط گونه b است. اگر RCCa= 1 باشد، در گیاه a رقابت درون‌گونه‌ای با برون‌گونه‌ای برابر است، ولی اگر ضریب نسبی تراکم برای هر دو گونه (RCC_a و RCC_b) برابر واحد باشد، در مخلوط حالت موازنه یا تعادل رقابت برقرار خواهد بود (Mazaheri, 1998). با استفاده از این روش، سودمندی زراعت مخلوط به‌وسیله معادله ۳ ارزیابی می‌شود.

معادله (۳) $$K = RCC_a \times RCC_b$$

اگر K بزرگ‌تر از یک باشد، زراعت مخلوط سودمند خواهد بود. اگر K کوچک‌تر از یک باشد، میزان محصول به‌دست آمده از زراعت مخلوط کمتر از محصول تک‌کشتی است و اگر K برابر یک باشد در زراعت مخلوط هیچ گونه افزایش یا کاهش محصول نسبت به زراعت تک‌کشتی دیده نمی‌شود (Mazaheri, 1998). کاهش عملکرد واقعی[1] (AYL) از طریق معادله‌های ۴ تا ۶محاسبه شد.

معادله (۴) $$AYL = AYL_a + AYL_b$$

معادله (۵) $$AYL_a = \left[LER \times \left(\frac{100}{Z_{ab}}\right) - 1\right]$$

معادله (۶) $$AYL_b = \left[LER \times \left(\frac{100}{Z_{ba}}\right) - 1\right]$$

که در آن، Z_{ab}: سهم گونه a در کشت مخلوط و Z_{ba}: سهم گونه b در کشت مخلوط را نشان می‌دهد. شاخص بهره‌وری سیستم[2] (SPI) براساس معادله ۷ محاسبه گردید.

معادله (۷) $$SPI = (Y_{aa}/Y_{bb}) \times Y_{ba} + Y_{ab}$$

که در آن، Y_{aa}: عملکرد گونه a در کشت خالص، Y_{bb}: عملکرد گونه b در کشت خالص، Y_{ab}: عملکرد گونه a در کشت مخلوط و Y_{ba}: عملکرد گونه b در کشت مخلوط است. در پایان، به‌منظور آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. پس از انجام تجزیه واریانس، مقایسه میانگین صفاتی که معنی‌دار شده بودند، با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[3] (LSD) در سطح آماری پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد نسبی و نسبت برابری زمین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر آرایش کاشت بر عملکرد نسبی گلرنگ معنی‌دار بود و برای گیاهان لگوم و مجموع عملکرد نسبی علاوه‌بر آرایش کاشت اثر گونه لگوم نیز معنی‌دار بود (جدول ۲).

در بین گیاهان همراه، نخود و عدس (با قرار گرفتن در یک گروه آماری) نسبت به خلر با اختلاف معنی‌داری عملکرد نسبی و مجموع عملکرد نسبی بیشتری را به خود اختصاص دادند که امکان دارد به‌علت توانایی بالاتر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن این دو گیاه در مقایسه با خلر باشد (جدول ۳). نسبت برابری زمین برای آرایش‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده کارآیی بالاتر کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است (جدول ۴)، البته لازم به ذکر است که در بین آرایش‌های مختلف بالاترین نسبت برابری زمین متعلق به تیمار ۵۰ درصد گلرنگ : ۵۰ درصد لگوم بود.

1- Actual Yield Loss

2- System Productivity Index

3-Least Significant Difference

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد نسبی اجزای مخلوط و نسبت برابری زمین تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط گلرنگ با نخود، عدس و خلر

Table 2 - Analysis of variance (mean of squares) of the relative yield of intercropping components and land equivalent ratio under the influence of intercropping treatments of safflower with chickpea, lentil and bitter vetch

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد نسبی گلرنگ Relative yield of safflower	عملکرد نسبی لگوم Relative yield of legumes	مجموع عملکرد نسبی (نسبت برابری زمین) Total relative yield (land equivalent ratio)
تکرار Replication	2	0.02*	0.005ns	0.02*
گونه لگوم Legume species (L)	2	0.00ns	0.011*	0.02*
خطا a Error a	4	0.00	0.007	0.00
آرایش‌های کشت مخلوط Intercropping arrangements (I)	4	1.38**	1.398**	0.12**
L×I	8	0.00ns	0.003ns	0.00ns
خطا b Error b	24	0.00	0.003	0.00
ضریب تغییرات CV (%)	-	15.0	9.4	9.1

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, *and ** show non- significant and significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۳- اثر گونه‌های لگوم بر عملکرد نسبی اجزای مخلوط و نسبت برابری زمین در شرایط کشت مخلوط گلرنگ با نخود، عدس و خلر

Table 3- The effect of legume species on the relative yield of the intercropping components and the land equivalent ratio in intercropping condition of safflower with chickpea, lentil and bitter vetch

گونه لگوم Legume species	عملکرد نسبی گلرنگ Relative yield of safflower	عملکرد نسبی لگوم Relative yield of legumes	مجموع عملکرد نسبی (نسبت برابری زمین) Total relative yield (land equivalent ratio)
نخود Chickpea	0.58	0.57	1.14
عدس Lentil	0.57	0.56	1.13
خلر Bitter vetch	0.55	0.49	1.04
حداقل اختلاف معنی‌دار LSD	0.05	0.06	0.09

هنگامی که حبوبات همراه با گیاهان دیگر به‌صورت مخلوط کشت می‌شوند، نیتروژن تثبیت شده توسط این دسته از گیاهان در خاک می‌تواند به گیاه همراه در کشت مخلوط منتقل و در نتیجه، منجر به افزایش محصول آن گردد (Banik et al., 2006). در آزمایشی دیگر مشاهده شد که کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum*)– باقلا باعث افزایش نسبت برابری زمین شد (Agegnehu et al., 2008). آن‌ها بیان کردند که کشت مخلوط گندم– باقلا می‌تواند موجب افزایش عملکرد کل، کاهش رشد علف‌های هرز، افزایش کارایی استفاده از زمین و در نتیجه، افزایش پایداری در تولید گردد. همچنین گزارش شده است که نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط جو– نخود نسبت به تیمارهای تک‌کشتی، حدود ۳۲ درصد بیشتر بود (Chapagain & Riseman, 2014).

جدول ٤- اثر آرایش‌های کشت مخلوط بر عملکرد نسبی اجزای مخلوط و نسبت برابری زمین در شرایط کشت مخلوط گلرنگ با نخود، عدس و خلر

Table 4- The effect of intercropping arrangements on the relative yield of the intercropping components and the land equivalent ratio in intercropping condition of safflower with chickpea, lentil and bitter vetch

آرایش‌های کشت مخلوط Intercropping arrangements	عملکرد نسبی گلرنگ Relative yield of safflower	عملکرد نسبی لگوم Relative yield of legumes	مجموع عملکرد نسبی (نسبت برابری زمین) Total relative yield (land equivalent ratio)
کشت خالص گلرنگ Safflower 100	1.00	0.00	1.00
گلرنگ ۷۵ : لگوم ۲۵ Safflower 75: legume 25	0.80	0.33	1.13
گلرنگ ۵۰ : لگوم ۵۰ Safflower 50: legume 50	0.66	0.60	1.26
گلرنگ ۲۵ : لگوم ۷۵ Safflower 25: legume 75	0.37	0.80	1.18
کشت خالص لگوم Legume 100	0.00	1.00	1.00
حداقل اختلاف معنی‌دار LSD	0.08	0.05	0.10

ضریب ازدحام نسبی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کـه اثـر گونـه‌های همـراه بـرای ضریب ازدحام نسبی معنی‌دار نبود، امّا اثر آرایش کاشت برای گلرنـگ و مخلوط معنـی‌دار بـود (جـدول ۵). ضـریب ازدحـام نسـبی در تمـام الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان از برتری تیمارهای کشـت مخلـوط در مقایسـه بـا تک‌کشـتی دارد (جـدول ۶). در بـین نسبت‌های مختلـف کشـت مخلـوط، بیشـترین (۴/۶) میـزان ضـریب ازدحام نسبی در تیمار ۵۰ درصد گلرنگ: ۵۰ درصد لگوم مشاهده شد.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ضریب ازدحام نسبی تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط گلرنگ با نخود، عدس و خلر

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of the relative crowding coefficient under the influence of intercropping treatments of safflower with chickpea, lentil and bitter vetch

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ضریب ازدحام نسبی گلرنگ Safflower RCC	ضریب ازدحام نسبی لگوم Legumes RCC	ضریب ازدحام نسبی مخلوط Intercropping RCC
تکرار Replications	2	0.5^{ns}	0.7^{ns}	2.3^{ns}
گونه لگوم Legume species (L)	2	0.04^{ns}	1.5^{ns}	1.6^{ns}
خطا a Error a	4	1.2	1.9	1.2
آرایش‌های کشت مخلوط Intercropping arrangements (I)	4	11.2^{**}	0.3^{ns}	12.5^{**}
L×I	8	0.1^{ns}	0.2^{ns}	0.3^{ns}
خطا b Error b	24	0.9	0.7	1.7
ضریب تغییرات CV (%)	-	12.5	11.3	13.5

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, *and ** show non- significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ٦- اثر آرایش‌های کشت مخلوط بر ضریب ازدحام نسبی در شرایط کشت مخلوط گلرنگ با نخود، عدس و خلر

Table 6- The effect of intercropping arrangements on the relative crowding coefficient in intercropping condition of safflower with chickpea, lentil and bitter vetch

آرایش‌های کشت مخلوط Intercropping arrangements	ضریب ازدحام نسبی گلرنگ Safflower RCC	ضریب ازدحام نسبی لگوم Legumes RCC	ضریب ازدحام نسبی مخلوط Intercropping RCC
گلرنگ ۷۵ : لگوم ۲۵ Safflower 75: legume 25	2.0	1.3	2.8
گلرنگ ۵۰ : لگوم ۵۰ Safflower 50: legume 50	2.6	1.5	4.6
گلرنگ ۲۵ : لگوم ۷۵ Safflower 25: legume 75	1.7	1.2	3.2
حداقل اختلاف معنی‌دار LSD	0.4	0.5	0.3

به نظر می‌رسد که گلرنگ در شرایط تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی به‌علت اثرات تسهیل‌کنندگی نخود، عدس و خلر مانند تثبیت بیولوژیک نیتروژن و جلوگیری از هجوم علف‌های هرز به بین ردیف‌های کشت از شرایط رشدی بهتری برخوردار بوده است که دلیل این امر احتمالاً می‌تواند اختلافات مورفولوژیکی موجود بین اندام‌های تشکیل‌دهنده گیاه، ساختار متفاوت تاج‌پوشش و ریشه‌ها باشد که باعث به حداقل رسیدن رقابت بین آن‌ها برای جذب منابع و در نتیجه، بهبود تولید ماده خشک توسط گیاه شده است. در تحقیقی دیگر نیز مشخص شد که شاخص ضریب ازدحام نسبی در کشت مخلوط جو با باقلا بالا بود که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط این دو گونه نسبت به تک‌کشتی آن‌ها است (Agegnehu et al., 2006).

کاهش عملکرد واقعی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر الگوی کاشت (برای گلرنگ، لگوم و مخلوط) و نوع گیاه همراه (برای لگوم و مخلوط) بر کاهش عملکرد واقعی معنی‌دار بود (جدول ۷). همان‌گونه که در جدول مقایسه‌های میانگین دیده می‌شود، میزان این صفت برای هر سه گیاه همراه، مثبت بود، امّا در شرایطی که گیاه نخود (۰/۶۲) به‌عنوان گیاه همراه کشت شده بود، میزان کاهش عملکرد واقعی بیشتر از شرایطی بود که گیاه خلر به‌عنوان گیاه همراه کشت شده بود (جدول ۸). به‌طور کلی، در تمامی الگوهای کشت میزان کاهش عملکرد واقعی، مثبت بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در این الگوها نسبت به تک‌کشتی گیاهان مورد مطالعه است (جدول ۹). با این حال، الگوی کشت ۲۵: ۷۵ گلرنگ و لگوم، بیشترین میزان کاهش عملکرد واقعی را در بین الگوهای کشت مختلف به خود اختصاص داد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با الگوی کاشت ۵۰:۵۰ نداشت.

در بررسی کشت مخلوط ذرت با ارزن دم‌روباهی (*Setaria italic* L.) نیز مشخص شد که مقادیر کاهش عملکرد واقعی برای تیمارهای مورد بررسی مثبت بود که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود (Shaygan et al., 2008). نامبردگان علت این امر را استفاده بهتر از نهاده‌ها در کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی و کنترل جمعیت و زیست‌توده علف‌های هرز در کشت مخلوط عنوان کردند.

شاخص بهره‌وری سیستم

نتایج این بررسی نشان داد که اثر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط، گونه لگوم و برهم‌کنش آن‌ها بر شاخص بهره‌وری معنی‌دار بود (جدول ۷). بیشترین شاخص بهره‌وری در تیمار ۷۵: ۲۵ گلرنگ و عدس و کمترین آن در تیمار ۲۵: ۷۵ گلرنگ و خلر مشاهده شد. کشت مخلوط گلرنگ با همراهی گیاه عدس نسبت به دو لگوم دیگر به‌عنوان گیاه همراه دارای شاخص بهره‌وری بیشتری بود. به‌طور کلی، در همراهی هر سه لگوم با گلرنگ، نسبت‌های مخلوط موجب کاهش میزان این صفت نسبت به کشت خالص گلرنگ شدند، امّا این میزان کاهش برای گیاه عدس چشمگیرتر بود. در بین سه نوع گیاه همراه کشت شده، عدس با شاخص بهره‌وری ۶۰۸۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین و خلر با ۳۳۱۳ کیلوگرم در هکتار کمترین شاخص بهره‌وری را دارا بودند.

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های کاهش عملکرد واقعی و بهره‌وری کشت مخلوط تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط گلرنگ با نخود، عدس و خلر

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) for the indices of actual yield loss and system productivity index of intercropping under the influence of intercropping treatments of safflower with chickpea, lentil and bitter vetch

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	کاهش عملکرد واقعی گلرنگ Safflower actual yield loss	کاهش عملکرد واقعی لگوم Legumes actual yield loss	کاهش عملکرد واقعی مخلوط Intercropping actual yield loss	شاخص بهره‌وری سیستم system productivity index
تکرار Replications	2	0.2*	0.08ns	0.1*	5499916*
گونه لگوم Legume species (L)	2	0.02ns	0.14*	0.29*	29261618**
خطا a Error a	4	0.00	0.07	0.06	233170
آرایش‌های کشت مخلوط Intercropping arrangements (I)	4	0.4**	0.14*	0.17*	14069785**
L×I	8	0.00ns	0.03ns	0.01ns	2740647**
خطا b Error b	24	0.03	0.03	0.05	588877
ضریب تغییرات CV (%)	-	62.1	87.0	44.0	17

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, *and ** show non- significant and significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۸- اثر گونه‌های لگوم بر کاهش عملکرد واقعی در شرایط کشت مخلوط گلرنگ با نخود، عدس و خلر

Table 8- The effect of legume species on the actual yield loss in intercropping condition of safflower with chickpea, lentil and bitter vetch

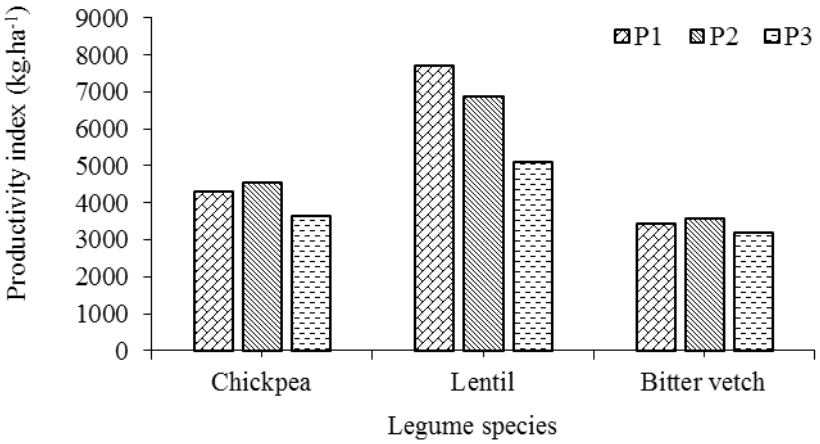
گونه لگوم Legume species	گلرنگ Safflower	لگوم Legumes	مخلوط Intercropping
نخود Chickpea	0.34	0.27	0.62
عدس Lentil	0.31	0.28	0.59
خلر Bitter vetch	0.23	-0.08	0.15
حداقل اختلاف معنی‌دار LSD	0.09	0.20	0.25

جدول ۹- اثر آرایش‌های کشت مخلوط بر کاهش عملکرد واقعی در شرایط کشت مخلوط گلرنگ با نخود، عدس و خلر

Table 9- The effect of intercropping arrangements on the actual yield loss in intercropping condition of safflower with chickpea, lentil and bitter vetch

آرایش‌های کشت مخلوط Intercropping arrangements	گلرنگ Safflower	لگوم Legumes	مخلوط Intercropping
گلرنگ ۷۵ : لگوم ۲۵ Safflower 75: legume 25	0.07	0.22	0.29
گلرنگ ۵۰ : لگوم ۵۰ Safflower 50: legume 50	0.32	0.19	0.52
گلرنگ ۲۵ : لگوم ۷۵ Safflower 25: legume 75	0.49	0.06	0.55
حداقل اختلاف معنی‌دار LSD	0.2	0.14	0.21

در نسبت‌های مختلف آرایش کاشت به‌ترتیب تیمار کشت خالص گلرنگ، مخلوط ۲۵ درصد لگوم و ۷۵ گلرنگ، مخلوط ۵۰:۵۰، مخلوط ۷۵ درصد لگوم و ۲۵ درصد گلرنگ و کشت خالص لگوم‌ها از شاخص بهره‌وری بیشتری برخوردار بودند (شکل ۱).



شکل ۱- اثر برهم‌کنش آرایش کاشت و گونه لگوم بر شاخص بهره‌وری کشت مخلوط

Fig. 1- The effect of intercropping arrangements and legume species interaction on intercropping productivity index

P_1: کشت با نسبت ۲۵:۷۵ گلرنگ و لگوم، P_2: کشت با نسبت ۵۰:۵۰ گلرنگ و لگوم و P_3: کشت با نسبت ۷۵:۲۵ گلرنگ و لگوم. حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD): ۵۴۱

P_1) Safflower 75: legume 25, P_2) Safflower 50 : legume 50, and P_3) Safflower 25: legume 75. LSD is 541

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این بررسی نشان داد که در بین گونه‌های گیاهی، نخود، عدس و خلر در شرایط کشت مخلوط صرف نظر از آرایش‌های کاشت، زمانی‌که گیاه نخود به‌صورت همراه با گلرنگ در کرت‌های آزمایش کشت شده بود، از نظر شاخص‌های کشت مخلوط مورد بررسی دارای سودمندی بیشتری بود، به‌گونه‌ای که بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۱۴) متعلق به این گیاه همراه بود. این نتیجه با توجه به اثرات تسهیل‌کنندگی بیشتر نخود در مقایسه با عدس و خلر به‌ویژه در مورد تثبیت بیولوژیک نیتروژن، دور از ذهن نیست. در بین آرایش‌های کشت مخلوط، الگوی ۵۰ درصد گلرنگ : ۵۰ درصد لگوم نیز از نظر شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با سایر الگوهای مورد بررسی، دارای برتری بود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در صورت تأیید نتایج این بررسی در سال‌ها و مناطق دیگر، در شرایط دیم، گلرنگ با گیاه نخود به‌صورت همراه و با آرایش ۵۰:۵۰ کشت گردد.

References

1. Abdollahi, A. (2018). Evaluation of wheat and chickpea intercropping methods with nitrogen management under weed control and non-control conditions. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English abstract)
2. Agegnehu, G., Ghizaw, A., & Sinebo, W. (2008). Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean mixed intercropping. *Agronomy for sustainable development*, *28*, 257-263. https://doi.org/10.1051/agro:2008012
3. 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. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002
4. Banik, B., Midya, A., Sarkar, B.K., & Ghose, S.S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an

additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy, 24*, 325-332. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.010

5. Chapagain, T., & Riseman, A. (2014). Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research*. *166*, 18-25. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.014
6. Esmaeilian, Y., & Amiri, M.B. (2021). Agronomic and economic evaluation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and chickpea (*Cicer arietinium* L.) intercropping under micronutrient applications. *Journal of Crop Ecophysiology*. *15*(1), 1-20. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.30495/jcep.2021.681003
7. Hajishabani, H., Mondani, F., & Bagheri, A. (2020). Simulation effects of sowing date on growth and yield of rainfed chickpea (*Cicer arientinum* L.) by CROPGRO-CHICKPEA model. Iranian Journal of Field Crop Research. 18(2), 197-212. https://doi.org/10.22067/GSC.V18I2.82684
8. Hamzei, J., & Seyedi, M. (2013). Evaluation of barley (*Hordeum vulgare*) and chickpea (*Cicer arietinum*) intercropping systems using advantageous indices of intercropping under weed interference conditions. *Journal of Agronomy Sciences*. *6*(9), 1-12. (In Persian with English abstract). https://journals.shahed.ac.ir/article_1302.html
9. Hong, Y., Heerlink, N., Zhao, M., & Van der Werf. W. (2019). Intercropping contributes to a higher technical efficiency in smallholder farming: Evidence from a case study in Gaotai county, China. *Agricultural Systems. 173*, 317-324. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.007
10. Imran, M., Ali, A., Waseem, M., Tahir, M., Ullah, A., Mohsin, S., Ghaffari, A., & Rehman, H. (2011). Bio-economic assessment of sunflower-mungbean intercropping system at different planting geometry. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. *1*(4), 126-136.
11. Jalilian, J., Najafabadi, A., & Zardashti, M.R. (2017). Intercropping patterns and different farming systems affect the yield and yield components of safflower and bitter vetch. *Journal of Plant Interactions*. *12*(1), 92-99. https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1294712
12. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Feizi, H., Amirmoradi, S., Mondani, F. (2010). Effect of strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on yield and land equivalent ratio in weedy and weed free conditions. Journal of Agroecology. 2(2), 225-235. https://doi.org/10.22067/JAG.V2I2.7627
13. Kheradmand, S., Mahmodib, S., & Ahmadi, E. (2015). Quantitative and qualitative performance evaluation of green pea and barley forage intercropping. Applied Field Crop Research. 27(105), 111-118. https:// 10.22092/AJ.2014.103358
14. Khoramivafa, M., Eftekharinasab, N., Nemati, A., Sayadian, K., & Najafi A. (2011). Economic evaluation of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. var. Styriac)/chickpea-lentil intercropping system associated with several nitrogen levels. *Journal of Agronomy Sciences*. *4*(5), 53-62. (In Persian with English abstract). https://journals.shahed.ac.ir/article_1275.html
15. Majnoon Hosseini, N., Soleimani, J., & Zinali, H. (2013). Investigating different proportions of strip intercropping on the yield and yield components of safflower and spring chickpea. *Research on Crops and Breeds of Chickpea*. *5*,143-146. (In Persian with English abstract)
16. Mardani, F., Balouchi, H.R., Yadavi, A., & Salehi, A. (2015). Effect of row intercropping patterns on yield, yield components, and weed control of fenugreek (*Trigonella foenumgreacum* L.) and anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research. 13*(3), 623-636. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v13i3.29670
17. Mazaheri, D. (1998). *Intercropping*. Tehran University Publications, Tehran, Iran. (In Persian).
18. Rahimi, G., Barmaki, M., & Seied Sharifi, R. (2015). Evaluation of yield and yield components in potato-safflower intercropping. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*. *108*, 114-119. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/aj.2016.106730
19. Rezaei Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Ghassemi-Golezani, K., & Aharizad, S. (2011). Study of some agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. *21*(1), 1-16. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764310.1390.21.1.1.9
20. Saeidi, M., Raei, Y., Amini, R., Taghizadeh, A., & Pasban Eslam, B. (2018). Evaluation of yield and protein content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.) under biological and chemical fertilizers. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. *28*(4), 247-260. (In Persian with English abstract). https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_8388.html

21. Saeidi, M., Yaghoub, R.A., Amini, R., Taghizadeh, A., Pasban-Eslam, B., & Saralan, A.R. (2019). Competition indices of safflower and faba bean intercrops as affected by fertilizers. *Notulae Scientia Biologicae. 11*(1), 130-137. https://doi.org/10.15835/nsb11110340
22. Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., & Peyghambari S.A. (2008). Effect of planting date and intercropping of maize (*Zea mays* L.) and foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. *Iranian Journal of Crop Science. 10*(1), 31-46. (In Persian with English abstract). http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1387.10.1.3.6
23. Shirzadi, M.H., Rezaei, S., Hemayati, S.S., & Abedi, M. (2011). Evaluation of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medikus) intercropping. *Plant Ecophysiology*. 3, 53-58.
24. Shobeiri, S.S., Khorsandi, H., & Kamel, M. (2019). Effects of seed rates and row spaces on grain yield and yield components of two lentil cultivars under cold dryland conditions. *Iranian Dryland Agronomy Journal*. 7(2), 125-141. http://10.22092/IDAJ.2018.121553.214
25. Zafaranieh, M. (2014). The effect of different patterns of safflower and chickpea intercropping on yield and yield components of chickpea. 2th National Conference of Applicable Researches in Agriculture Sciences. Tehran, Iran. (In Persian).