

تأثیر سیستم کشت مخلوط افزایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های سودمندی زوفا (*Plantago ovate Forsk*) و اسفرزه (*Hyssopus officinalis*)

زینب روزپیکر^۱، مهرانگیز جوکار^{۲*}، جواد طایبی سمیرمی^۳، بهاره پارسا مطلق^۴

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۱۱

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، اگرواکولوژی، دانشگاه جیرفت

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

۳- دانشکده کشاورزی، آموزشکده فنی کشاورزی فسا، دانشگاه فنی و حرفه ای، استان فارس

*مسئول مکاتبه: Email: m.jokar@ujiroft.ac.ir

چکیده

اهداف: این پژوهش به منظور بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و برخی شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط زوفا و اسفرزه و تعیین بهترین نسبت کشت مخلوط این دو گونه انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه جیرفت اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۲۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا، ۴۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا، ۶۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا، ۸۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا، ۱۰۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا و کشت خالص دو گونه بود. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، عملکرد زیست‌توده و عملکرد اسانس گیاه زوفا و ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، وزن صددانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت گیاه اسفرزه بود. برای ارزیابی کارایی و سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین (LER) و شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد کلیه صفات مورد بررسی به استثنای عملکرد زیست‌توده زوفا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط قرار گرفتند. بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اسفرزه به ترتیب ۳/۳۹۳ و ۶/۴۲۸۶ کیلوگرم در هکتار در کشت خالص حاصل شد. بیشترین عملکرد اسانس از کشت خالص زوفا حاصل شد که با نسبت کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه اختلاف معنی‌داری نداشت (۱۶۱/۷ و ۱۳۵/۸ کیلوگرم در هکتار). حداکثر نسبت برابری زمین (۱/۴۱) و شاخص بهره‌وری (۲۱۹۹۸) در تیمار ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه به دست آمد.

نتیجه‌گیری کلی: نسبت برابری زمین در همه تیمارهای کشت مخلوط بزرگتر از یک به دست آمد که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد. بر اساس نتایج حاصله، تیمار ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه به عنوان بهترین الگوی کشت در منطقه پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسفرزه، زوفا، شاخص بهره‌وری، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اسانس، کارایی استفاده از زمین

Effect of Additive Intercropping System on Yield, Yield Components and Efficiency Indices of *Hyssopus officinalis* and *Plantago ovate* Forsk

Zeinab Roozpeikar¹, Mehrangiz Jowkar^{2*}, Javad Taei-Semiromi^{2,3}, Bahare Parsa Motlagh²

Received: December 27, 2019 Accepted: April 30, 2020

1- MSc of Agroecology, University of Jiroft, Iran.

2- Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Iran.

3- Department of Agriculture, faculty of Fasa, Fars Branch, Technical and Vocational University, Fars, Iran.

*Corresponding Author Email: m.jokar@ujiroft.ac.ir

Abstract

Background and Objective: This research was conducted in order to measure of yield, yield components and some indices of intercropping and determination of the best intercropping ration in two medicinal plants *Hyssopus officinalis* and *Plantago ovate*.

Materials and Methods: The experiment was carried out as a randomized complete block design with seven treatments and three replications in the field of research of Jiroft University. The treatments including 100% *H. officinalis* + 20% *P. ovata* (H100: P20), 100% *H. officinalis* + 40% *P. ovata* (H100: P40), 100% *H. officinalis* + 60% *P. ovata* (H100: P60), 100% *H. officinalis* + 80% *P. ovata* (H100: P80), 100% *H. officinalis* + 100% *P. ovata* (H100: P100) and single crop of two species (H100) and (P100). The studied characteristics including plant height, number of branches, biomass yield, essence percentage in *H. officinalis* and plant height, number of spikes per plant, 100-seed weight, grain yield and harvesting index in *P. ovate*. Evaluation of efficiency and usefulness intercropping by Land Equivalent Ratio (LER) and system productivity index (SPI) were used.

Results: The results showed that all the studied traits except biomass yield of *Hyssopus officinalis* were significantly affected by different intercropping ratios in this study. The highest seed yield and biological yield in *P. ovate* were obtained in single crop 3393.3 and 4286.6 kg.ha⁻¹, respectively. The highest essence percentage was obtained from single crop of *H. officinalis* that no significant difference with H100:P20 (161773 and 135842 g.ha⁻¹). Maximum LER (1.41) and SPI (21998) were obtained in H100: P80.

Conclusion: The LER for all intercropping treatments was greater than one which indicates that intercropping had advantage over sole crop. According to the results of the study H100: P80 can be suggested as the best cropping pattern in region.

Keywords: Biomass Yield, Essential Yield, *Hyssopus officinalis*, Land Equivalent Ratio, *Plantago ovate*, System Productivity Index

می‌نماید. حفظ کیفیت و پایداری تولید نسبت به کمیت

محصول در زمینه گیاهان دارویی، اهمیت روش‌های

مدیریت پایدار سیستم‌های کشاورزی را بیش از پیش

مقدمه

کشت گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های زراعی نقش

مهمی را در ایجاد تنوع و پایداری در این سیستم‌ها ایفا

مقدار تولید در واحد سطح نسبت به کشت خالص، ویژگی‌های کارکردی منحصر به فردی را فراهم می‌سازد (وریگان-بریناسا و همکاران ۲۰۱۵ و ماوا و همکاران ۲۰۱۴) که موجب شده است تا این نوع نظام‌های زراعی قرن‌ها در کشاورزی نقش مهمی در تأمین مواد غذایی داشته باشد و در حال حاضر نیز جایگاه خاصی را در طراحی بوم نظام‌های زراعی پایدار به خود اختصاص دهند (میکیک و همکاران ۲۰۱۴ و کرمر و کاسمن ۲۰۱۱). گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis*) یکی از گیاهان دارویی چندساله و متعلق به تیره‌ی نعناعیان (Lamiaceae) است که بخش‌های قابل استفاده‌ی آن سرشاخه‌های گل‌دار، برگ‌ها و بذرها می‌باشند. از دم کرده‌ی پیکره‌ی رویشی این گیاه در درمان بیماری‌های دستگاه تنفس مانند سرفه، سیاه سرفه، برونشیت و آسم استفاده می‌شود (مظفریان ۲۰۱۲). اسفرزه یکی دیگر از گیاهان دارویی ارزشمند جنس *Plantago* متعلق به خانواده *Plantaginaceae* دارای حدود ۲۵۰ گونه می‌باشد. این جنس دارای پراکنش جهانی است اما منشا اولیه آن هند و پاکستان می‌باشد (امیدبگی ۲۰۱۱). دو گونه مهم این جنس *Plantago ovate* Forsk و *Plantago psyllium* L. در ایران تحت نام اسفرزه خوانده می‌شوند که دارای نیاز رطوبتی کم و نسبتاً مقاوم به خشکی می‌باشند. به علت وجود خواص موسیلاژی در دانه گیاه اسفرزه، از آن در داروهای ضد سرفه، ضدالتهاب مسهل (داروی تجارتي پسیلیوم) و محرک ایمنی استفاده می‌شود (مظفریان ۲۰۱۲ و سینگ و همکاران ۲۰۰۳). نتایج مطالعات نشان داده است که برتری اکولوژیک کشت مخلوط نسبت به تک کشتی نتیجه استفاده کارآمدتر از منابع محیطی، به خصوص استفاده از نور خورشید است که این انرژی در طول فرآیند ذخیره شده و تبدیل به زیست توده گیاهی می‌شود (کوچکی و همکاران ۲۰۱۶). نتایج تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که در سیستم‌های چندکشتی شرایط کاشت به گونه‌ای است که به دلیل اختلاف ارتفاع گونه‌ها یک حالت موجی را در مزرعه به وجود آورده و امکان توزیع بهتر نور را فراهم

آشکار می‌سازد (کوچکی و همکاران ۲۰۱۲). امروزه در نظام‌های کشاورزی در راستای پایین آوردن استفاده از نهاده‌های خارجی، اصلاح روش‌های مدیریتی با رویکرد کاهش آثار مخرب زیست‌محیطی ناشی از مصرف بیش از حد مواد شیمیایی، حفظ حاصلخیزی خاک و جبران هزینه‌ها رو به افزایش تولید بر ضرورت تجدید نظر و استفاده از شیوه‌های جدید مدیریتی تولید محصول تاکید دارد (وریگان-بریناسا و همکاران ۲۰۱۵). کشاورزی پایدار تلفیقی از دانش مدیریت است که می‌تواند در بلند مدت از نظر بیولوژیکی، زیست محیطی و اقتصادی ارزش افزوده مطلوبی به همراه داشته باشد (رضائی‌چیان و همکاران ۲۰۱۴). یکی از شیوه‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید بوم‌نظام‌های کشاورزی استفاده از روش‌های کشت مخلوط است (راعی و همکاران ۲۰۱۱). کشت مخلوط به‌عنوان مهمترین راه افزایش تنوع زیستی، در اکوسیستم‌های کشاورزی معرفی شده است. کشت مخلوط به کشت دو و یا تعداد بیشتری محصولات زراعی اطلاق می‌شود که با یکدیگر در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی کشت می‌شوند به نحوی که از لحاظ زراعی با یکدیگر اثر متقابل داشته باشند و منجر به هم‌افزایی تولید در طول یک زمان مشخص گردند (واندرمر ۱۹۸۹). نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که برتری اکولوژیک کشت مخلوط، نتیجه استفاده کارآمد از منابع محیطی است (وانگ و همکاران ۲۰۱۵). در صورتی که اجزای کشت مخلوط از نظر استفاده از منابع محیطی رشد تفاوت داشته باشند، استفاده موثرتری از نور، آب و مواد غذایی نسبت به کشت جداگانه خواهند داشت، به عبارت دیگر برتری بیولوژیک زراعت مخلوط به کشت خالص وقتی است که رقابت بین گونه‌ای برای منابع رشد نسبت به رقابت درون گونه‌ای کمتر باشد (بانیک و همکاران ۲۰۰۶). به علاوه، امکان کنترل علف‌های هرز، کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها و افزایش تنوع زیستی، کاهش ریسک تولید، موازنه در امر تغذیه، حاصلخیزی خاک و نیز افزایش

عملکرد و میزان سودمندی کشت مخلوط) در کشت مخلوط نشان داد که نسبت کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ سیاهدانه (*Nigella sativa* L) + ۱۰٪ نخود (*Cicer arietinum* L) از لحاظ اقتصادی تیمار برتر بود و این تیمار می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد. احمد و همکاران (۲۰۱۳) در کشت مخلوط گندم و شنبلیله بیان کردند که مقدار LER در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک بود. علی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثر الگوهای کشت مخلوط ریحان و لوبیا اظهار داشتند که بهره‌گیری از کشت مخلوط موجب بهبود عملکرد گردید. در آزمایشی که روی تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی لوبیا با زنیان انجام گرفت مشاهده شد که بهره‌گیری از کشت مخلوط به دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گونه شد. به‌طوری که بالاترین نسبت برابری زمین کل برای ۵۰ درصد لوبیا + ۱۰۰ درصد زنیان به دست آمد (خرمدل و همکاران ۲۰۱۶). به‌طور کلی، هدف از پژوهش حاضر، اجرای طرح ارزیابی عملکرد کشت مخلوط زوفا و اسفرزه نسبت به کشت خالص آن‌ها با استفاده از روش کشت مخلوط افزایشی و تعیین بهترین نسبت کشت مخلوط این دو گونه به‌منظور حصول بیشترین عملکرد و بالاترین میزان نسبت برابری زمین (LER) است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه جیرفت با موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی، ۴۷ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۶۲۵/۶ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ اجرا گردید. اقلیم منطقه بر اساس روش دپائو و همکاران (دی پاوو و همکاران ۲۰۰۸) دارای رژیم

می‌آورد که سبب افزایش راندمان مصرف نور، بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش عملکرد گیاهان در واحد سطح می‌شود (کوچکی و همکاران ۲۰۱۰). بیگناه و همکاران (۲۰۱۴) در مورد کشت مخلوط شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L) گزارش کردند که اختلاف ارتفاع این دو گیاه، متفاوت بودن آشیان‌های اکولوژیک در استفاده از منابع و پایین بودن رقابت بین این دو گیاه از جمله عواملی هستند که سبب سودمندی کشت مخلوط آن‌ها و تولید عملکرد بالاتر نسبت به حالت تک کشتی این گیاهان شده است. کوچکی و همکاران (۲۰۱۲) با مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط مرزنجوش (*Origanum vulgare*) و زعفران (*Crocus sativus* L) گزارش کردند که کشت مخلوط زعفران با مرزنجوش احتمالاً به دلیل سایه‌اندازی بر سطح خاک و تعدیل میکروکلیمای کانوپی و در نتیجه مساعدتر شدن شرایط محیطی برای رشد بنه باعث بهبود تولید گل و عملکرد اقتصادی زعفران در مقایسه با تیمار کشت خالص شد. در کشت مخلوط شنبلیله و زنیان افزایش عملکرد و سود اقتصادی، بهبود شاخص‌های رشدی و افزایش راندمان استفاده از منابع محیطی گزارش شده است (میرهاشمی و همکاران ۲۰۱۰). پژوهشگران گزارش کردند که در کشت مخلوط خردل و زنیان عملکرد زنیان در حدود ۵۰ درصد در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود (نومن و همکاران ۲۰۱۳). در پژوهشی بیان شده است که بیشترین وزن خشک مخلوط (۱۲۷۷ گرم در متر مربع) و بیشترین نسبت برابری زمین ($LER = 1/15$) از تیمار کشت مخلوط ۲۰ درصد شنبلیله به ۱۰۰ درصد جو به دست آمده است (طریقی و همکاران ۲۰۱۸). موسی‌پور و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که بیشترین و کمترین عملکرد زیستی به ترتیب مربوط به تک کشتی اسفرزه و تیمار ۲۵ درصد اسفرزه + ۱۰۰ درصد زنیان (*Carum copticum* L) است. رضایی‌چیانه و قلی‌نژاد (۲۰۱۵) بیان کردند که محاسبه شاخص‌های سودمندی (نسبت برابری زمین، افت واقعی

ها با فاصله ۴۰ سانتی متر از یکدیگر قرار گرفت، فاصله چکنده‌های روی نوار تیپ ۱۰ سانتی‌متر بود. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۲×۳ مترمربع متشکل از نه ردیف کاشت زوفا که فاصله بین ردیف‌های کاشت ۳۰ سانتی‌متر، فاصله دو بوته روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. جهت کاشت تیمارهای افزایشی، بذور اسفرزه در بین ردیف‌های زوفا کشت گردید. کلیه‌ی عملیات داشت شامل آبیاری، واکاری و اضافه کردن کود سرک در طی دوره‌ی رشد انجام گرفت. به‌منظور محاسبه عملکرد و اجزای عملکرد زوفا و اسفرزه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت صورت گرفت. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌فرعی، عملکرد زیست‌توده و عملکرداسانس گیاه زوفا و ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، وزن صدانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت برای اسفرزه بود. بمنظور ارزیابی کارایی و سودمندی کشت مخلوط از نسبت برابری زمین (رابطه ۱) (دی ویت و وان دن برگ ۱۹۶۵) و شاخص بهره‌وری (رابطه ۲) (ادو ۱۹۹۱ و واندرمر ۱۹۸۹) استفاده شد.

رابطه (۱)

$$LER = Y_{ba}/Y_{bb} + Y_{ab}/Y_{aa}$$

Y_{ba} : عملکرد گونه b در Y_{bb} : عملکرد گونه b در

کشت مخلوط با گونه a کشت خالص

Y_{ab} : عملکرد گونه a در Y_{aa} : عملکرد گونه a در

کشت مخلوط با گونه b کشت خالص

در صورتی که $LER \geq 1$ باشد کشت مخلوط سودمند است و بر تک‌کشتی برتری دارد. در صورتی که $LER = 1$ باشد کشت مخلوط و تک‌کشتی از نظر عملکرد تفاوتی ندارند و در صورتی که $LER \leq 1$ باشد تک‌کشتی بر کشت مخلوط برتری دارد. شاخص بهره‌وری نیز از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$SPI = \frac{Y_{aa}}{Y_{bb}} Y_{ba} + Y_{ab} \quad \text{رابطه (۲)}$$

Y_{bb} و Y_{aa} عملکرد زوفا و اسفرزه در کشت خالص، Y_{ba} و Y_{ab} عملکرد زوفا و اسفرزه در کشت مخلوط است.

رطوبتی خشک با تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های ملایم است (طایی و همکاران ۲۰۱۵). بر پایه آمار ایستگاه هواشناسی جیرفت میانگین دراز مدت (۳۰ ساله) بارندگی در منطقه ۱۸۲ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه منطقه ۲۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در جدول ۱ میانگین دماهای ماهیانه، میزان بارندگی و رطوبت منطقه در طی فصل رشد ارائه شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار به روش افزایشی انجام شد. تیمارها عبارت بودند از: کشت خالص زوفا (H100)، کشت خالص اسفرزه (P100) و نسبت‌های ۲۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا (H100: P20)، ۴۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا (H100: P40)، ۶۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا (H100: P60)، ۸۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا (H80: P20) و ۱۰۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زوفا (H100: P100). تیمارهای افزایشی با افزایش ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد تراکم اسفرزه به کشت خالص زوفا به دست آمد. فاصله بوته‌ها بر روی ردیف برای زوفا در کشت خالص و مخلوط ۵ سانتی‌متر، برای اسفرزه در کشت خالص ۲ سانتی‌متر و در مخلوط به ترتیب ۱۰، ۵، ۳/۵ و ۲/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذر زوفا و بذر اسفرزه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. عملیات آماده سازی زمین در پاییز ۹۶ از قبیل شخم، دیسک و یک دیسک سبک قبل از کاشت زده شد. به‌منظور تعیین خصوصیات خاک محل آزمایش، نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر از نقاط مختلف به صورت تصادفی انجام شد (جدول ۲). به هنگام آماده سازی زمین بر اساس آزمون خاک میزان کود اوره (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت سرک در سه نوبت به ترتیب یک‌سوم همزمان با کاشت، یک‌سوم در مرحله رویشی و یک‌سوم در مرحله گل‌دهی مورد استفاده قرار گرفت، همچنین کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم، به ترتیب ۱۰۰ و ۸۰ کیلوگرم قبل از کاشت اضافه گردید. پس از انجام عملیات آماده سازی زمین، مزرعه کرت بندی شد و سیستم آبیاری به صورت قطره‌ای انجام شد به طوری که نوارهای تیپ بین ردیف

چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری پنج درصد مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.4، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون

جدول ۱- میانگین دما، رطوبت و بارندگی ماهیانه منطقه در طول فصل رشد

ماه	میانگین حداکثر دما ($^{\circ}\text{C}$)	میانگین حداقل دما ($^{\circ}\text{C}$)	رطوبت (%)	میانگین بارندگی (mm)
اسفند ۱۳۹۶	۳۳/۱	۱۰/۸	۴۹	۴/۴
فروردین ۱۳۹۷	۳۴/۶	۱۳/۶	۴۴	.
اردیبهشت ۱۳۹۷	۴۶/۱	۱۸/۷	۲۲	.
خرداد ۱۳۹۷	۴۶/۷	۲۴/۵	۲۴	.
تیر ۱۳۹۷	۴۸/۴	۲۷/۹	۲۴	.
مرداد ۱۳۹۷	۴۸	۲۷	۲۶	.
شهریور ۱۳۹۷	۴۵	۲۴/۶	۳۲	.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

خصوصیات خاک	بافت خاک	ماده آلی (%)	اسیدیته	نیترژن کل (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	EC ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	سدیم ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	روی ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	آهن ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	مس ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
عمق ۳۰-۳۰ سانتی‌متر	لومی شنی	۰/۴۷	۸/۴	۱۱/۸	۱۱/۸	۱۸/۴	۱/۸	۰/۰۱۳۲	۰/۸۹۲	۴/۴۲۷	۱/۸۴۴

نتایج و بحث

اسفرزه

اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر صفت ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، وزن صدانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اسفرزه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

ارتفاع بوته اسفرزه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته‌ی اسفرزه مربوط به کشت خالص اسفرزه (۲/۲۶ سانتی‌متر) بود که با تیمار کشت مخلوط ۱۰۰٪ زوفا +

۲۰٪ اسفرزه (۲۵ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری نداشت و حداقل ارتفاع بوته در تیمار ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه با میانگین ارتفاع ۲۱ سانتی‌متر مشاهده شد. همچنین افزایش درصد اسفرزه از ۲۰ درصد در کشت مخلوط با زوفا به ۱۰۰ درصد، موجب کاهش ۱۶ درصدی ارتفاع اسفرزه گردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد که دلیل افزایش ارتفاع بوته‌ی اسفرزه در کشت خالص نسبت به مخلوط احتمالاً مربوط به افزایش رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های اسفرزه برای جذب نور تحت تأثیر تراکم بالاتر و سایه‌اندازی بوته‌ها می‌باشد. همچنین با افزایش تراکم اسفرزه در بین ردیف‌های کشت مخلوط، به دلیل رقابت

بوته شنبلیله تحت تأثیر تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط قرار گرفت، ارتفاع شنبلیله در کشت خالص در مقایسه با نسبت‌های مختلف کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. پژوهش دیگری نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع زنیان در کشت مخلوط با جو در پایان فصل رشد مربوط به تیمار کشت خالص زنیان با میانگین ۵۷/۳ سانتی‌متر بود (مهدوی و همکاران ۲۰۱۴).

برای جذب نور و منابع محیطی و تأثیر هورمون اکسین به دلیل کمبود نور، گیاهان سرمایه‌گذاری بیشتری برای ارتفاع بوته داشته‌اند و باعث افزایش ارتفاع بوته گردیده است. افزایش ارتفاع بوته‌ی گیاهان می‌تواند به دلیل سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها باشد (تونا و اوراک ۲۰۰۷). در این راستا قاسمی و همکاران (۲۰۱۵) در کشت مخلوط شنبلیله و اسفرزه نشان دادند که ارتفاع

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های کمی اسفرزه

شاخص برداشت (%)	عملکرد بیولوژیک (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	وزن صد دانه (g)	تعداد سنبله در بوته	ارتفاع بوته (cm)	تیمار
۷۴/۴ ^a	۴۲۸۶/۶ ^a	۳۳۹۳/۳ ^a	۰/۱۵۷ ^c	۵۲/۶ ^a	۲۶/۲ ^a	کشت خالص اسفرزه
۳۱ ^c	۲۴۶۷/۳ ^f	۷۶۶ ^d	۰/۱۷۷ ^a	۴۷/۲ ^b	۲۵ ^{ab}	۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه
۳۲/۱ ^c	۲۹۵۲/۳ ^e	۹۴۴ ^d	۰/۱۶۸ ^{ab}	۴۲/۲ ^c	۲۳/۷ ^b	۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه
۳۹/۲ ^c	۳۲۷۲/۱ ^d	۱۲۸۲/۵ ^c	۰/۱۶۸ ^{ab}	۴۰/۲ ^c	۲۳/۳ ^{bc}	۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه
۵۱/۲ ^b	۳۴۵۳/۳ ^c	۱۷۶۴ ^b	۰/۱۶۳ ^{bc}	۳۶/۱ ^d	۲۱/۷ ^{cd}	۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه
۵۲/۷ ^b	۳۶۹۹/۳ ^b	۱۹۴۹/۷ ^b	۰/۱۵۷ ^c	۳۲/۷ ^e	۲۱ ^d	۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه
**	**	**	**	**	**	نسبت‌های مختلف کاشت
۱۱/۲	۲/۷	۱۱/۲	۳/۱	۳/۳	۴/۲	ضریب تغییرات (%)

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند.

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

تعداد سنبله در بوته

کاهش در تعداد سنبله در بوته داشت (جدول ۳). تعداد سنبله در بوته یکی از اجزای مهم عملکرد می‌باشد، زیرا سنبله از یک طرف در برگیرنده تعداد دانه بوده و از طرف دیگر تامین کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای دانه‌ها می‌باشد. در تحقیق حاضر کاهش تعداد سنبله در بوته در کشت مخلوط را می‌توان به وجود فضای کم برای رشد بوته‌ها نسبت داد. با افزایش نسبت اسفرزه، اسفرزه به علت رقابت شدید بر سر منابع محیطی از قبیل نور دریافتی با زوفا قادر به افزایش تعداد سنبله در بوته نبوده و بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف افزایش وزن دانه نموده است. در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله مشخص شد که تعداد نیام در بوته شنبلیله در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت

بیشترین تعداد سنبله در بوته اسفرزه (۵۲/۶ عدد) مربوط به کشت خالص اسفرزه بود و کمترین تعداد سنبله در بوته (۳۲/۷ عدد) مربوط به کشت خالص اسفرزه بود (جدول ۳). در سطح ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد اسفرزه باعث کاهش معنی‌دار تعداد سنبله در بوته شد. تعداد سنبله در بوته در تیمارهای مخلوط ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ نسبت به افزایش ۱۰۰ درصد اسفرزه به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. به‌طوری که تیمارهای مخلوط ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه به ترتیب ۱۰/۲، ۱۹/۷، ۲۳/۵، ۳۱/۳ و ۳۷/۸ درصد نسبت به تیمار کشت خالص اسفرزه

اجزای عملکرد بهبود می‌یابد (رضائی‌چیان و همکاران ۲۰۱۱). خرم‌دل و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی کشت مخلوط زعفران و زیره سبز بیان کردند که بیشترین وزن هزاردانه زیره سبز از تیمار ۱۰۰٪ زعفران + ۲۰٪ زیره سبز به دست آمد. حبیب‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) در کشت مخلوط زوفا و عدس اظهار داشتند که بیشترین وزن هزاردانه عدس در تیمار ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس به دست آمد که با تیمارهای کشت خالص عدس و ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس اختلاف معنی‌داری نداشتند. در گزارشی در رابطه با اثر نسبت‌های کشت مخلوط اسفرزه و زنیان بیان شده که بیشترین وزن هزاردانه اسفرزه با میانگین ۱/۳۲ گرم از تیمار کشت مخلوط ۲۵٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زنیان به دست آمد که نسبت به تیمار ۱۰۰٪ اسفرزه + ۱۰۰٪ زنیان از برتری ۱۱ درصدی برخوردار بود (موسی‌پور و همکاران ۲۰۱۷).

عملکرد دانه

دامنه تغییرات عملکرد دانه اسفرزه بین ۳۱۹۳/۳-۷۶۶ کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین میزان مربوط به نسبت کشت خالص اسفرزه و کمترین به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه حاصل شد. در بین نسبت‌های کشت مخلوط تیمار ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه بیشترین عملکرد دانه را داشت که با کشت خالص اختلاف معنی‌داری داشت. تیمارهای ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه به ترتیب حدود ۷۶، ۷۰/۴، ۵۹/۸، ۴۴/۷ و ۳۸/۹ درصد کاهش عملکرد دانه در مقایسه با کشت خالص اسفرزه داشتند (جدول ۳). بالا بودن عملکرد دانه اسفرزه در کشت خالص می‌تواند به دلیل عدم وجود رقابت بین گونه‌ای باشد که تحت این شرایط هر بوته اسفرزه برای آشیان‌های اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده و تمامی منابع موجود در اختیار اسفرزه قرار گرفته است که این

(رضوانی مقدم و مرادی ۲۰۱۲). در تحقیق دیگر در کشت مخلوط نخود و سیاهدانه مشاهده شد که بیشترین تعداد فولیکول در بوته سیاهدانه از کشت خالص و نسبت کاشت ۱۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه و ۲۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه به دست آمد و کمترین مقدار آن از تیمار ۵۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه حاصل شد و دلیل تعداد بیشتر فولیکول در تیمار کشت خالص را عدم رقابت برون‌گونه‌ای در کشت خالص گزارش کردند که منجر به افزایش عملکرد این گیاه نسبت به سایر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بود (رضائی‌چیان و قلی‌نژاد ۲۰۱۵). موسی‌پور و همکاران (۲۰۱۷) در کشت مخلوط اسفرزه و زنیان و رضائی‌چیان و همکاران (۲۰۱۵) در کشت مخلوط نواری شنبلیله و زنیان نیز نتایج مشابهی دست یافتند.

وزن صد دانه

مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین وزن صدانه اسفرزه از تیمار کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه با میانگین ۰/۱۷۷ گرم حاصل شد، از طرف دیگر وزن صدانه اسفرزه در دو تیمار کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه نشان نداد و کمترین وزن صدانه اسفرزه مربوط به تیمار کشت‌های ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه و کشت خالص اسفرزه با میانگین ۰/۱۵۷ گرم بود (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر تعداد دانه بیشتر در کشت خالص سبب افزایش تعداد مخازن شده و سهم هر یک از این مخازن در دریافت مواد حاصل از فتوسنتز کاهش یافته و منجر به کاهش وزن هزاردانه در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط شده است. طبق نتایج به دست آمده توسط سایر محققان نیز مشخص گردید هنگامی‌که ساختار کانوپی در کشت مخلوط طوری طراحی گردد که فشار رقابت بین گونه‌ای کمتر باشد و نفوذ نور و جذب آن توسط کانوپی گیاه افزایش یابد،

۲۵ درصد اسفرزه به دست آمد (موسی پور و همکاران ۲۰۱۷). در ارزیابی کشت مخلوط لوبیا و شوید گزارش شد که بیشترین عملکرد زیست‌توده از تیمار کشت خالص شوید به دست آمد و کمترین مقدار آن از کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید به دست آمده است (رضایی‌چیانه و همکاران ۲۰۱۵). نتایج تحقیق کشت مخلوط زنیان و لوبیا بیانگر آن است که بیشترین عملکرد زیست‌توده در کشت خالص زنیان به دست آمد. در بین نسبت‌های کشت مخلوط بالاترین عملکرد زیست‌توده در تیمار ۱۰۰ درصد لوبیا + ۵۰ درصد زنیان حاصل شد (خرمدل و همکاران ۲۰۱۶). دانشنیا و همکاران (۲۰۱۵) در کشت مخلوط شبدر برسیم و ریحان دریافتند که عملکرد زیست‌توده ریحان در کشت خالص بالاتر از کشت مخلوط بود.

شاخص برداشت: بیشترین میزان شاخص برداشت اسفرزه (۷۴/۴ درصد) مربوط به کشت خالص اسفرزه و کمترین میزان شاخص برداشت اسفرزه مربوط به تیمارهای ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه بود (جدول ۳). شاخص برداشت بیان کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد کل می‌باشد که در کشت خالص به علت نبود رقابت بین گونه‌ای این منابع به شکل بهتری توزیع خواهند شد. به نظر می‌رسد که شاخص برداشت اسفرزه تحت تأثیر نسبت‌های کاشت قرار گرفته و با افزایش سهم اسفرزه در مخلوط، به شاخص برداشت این گیاه افزوده شد. این موضوع می‌تواند در اثر قدرت خفه‌کنندگی اسفرزه در مقابل علف‌های هرز باشد. از سوی دیگر افزایش تراکم اسفرزه باعث بهره‌برداری مطلوب‌تر آن از منابع محیطی شده و باعث افزایش عملکرد اقتصادی شد. در بررسی کشت مخلوط اسفرزه و زنیان گزارش شد که بیشترین کمترین شاخص برداشت اسفرزه به ترتیب از تیمارهای ۱۰۰ درصد اسفرزه + ۱۰۰ درصد زنیان و ۱۰۰ درصد زنیان + ۲۵ درصد اسفرزه به دست آمد (موسی پور و همکاران ۲۰۱۵). در بررسی کشت مخلوط زنیان و لوبیا

موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در کشت خالص باشد. از طرفی، پایین بودن عملکرد اسفرزه در تیمارهای کشت مخلوط را می‌توان به افزایش رقابت بین گونه‌ای زوفا با اسفرزه و کاهش فضای زیستی نسبت داد که سبب کاهش جذب نور و کاهش رشد و فتوسنتز اسفرزه شده و به دنبال آن عملکرد آن را کاهش داده است. موسی‌پور و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی کشت مخلوط زنیان و اسفرزه بیان کردند که بیشترین عملکرد دانه اسفرزه از تیمار کشت خالص با میانگین ۵۳۹/۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در کشت مخلوط عدس و شنبلیله گزارش شد که بالاترین عملکرد شنبلیله به دلیل استفاده بهینه از منابع محیطی و بهبود اجزای عملکرد از کشت مخلوط ۲:۲ به دست آمد (شیرزادی و همکاران ۲۰۱۱). در بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاو زبان اروپایی و لوبیا مشخص شد که بیشترین عملکرد اقتصادی گاو زبان اروپایی و لوبیا از کشت خالص و کمترین مقدار آن‌ها از الگوی چهار ردیف لوبیا و گاو زبان به دست آمد (کوچکی و همکاران ۲۰۱۲).

عملکرد زیست‌توده

بیشترین عملکرد زیست‌توده اسفرزه (۲۸۶/۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کشت خالص اسفرزه به دست آمد و کمترین میزان عملکرد زیست‌توده اسفرزه (۲۴۶۷/۳ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه مشاهده گردید، که با توجه به تراکم کمتر اسفرزه در این تیمار این نتیجه دور از انتظار نیست. عملکرد زیست‌توده اسفرزه در تیمارهای مخلوط ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه به ترتیب به میزان ۴۲/۴، ۳۱/۱، ۲۳/۶، ۱۹/۴ و ۱۳/۷ درصد نسبت به کشت خالص اسفرزه کاهش یافت (جدول ۳). در بررسی کشت مخلوط اسفرزه و زنیان مشخص شد که بیشترین عملکرد زیست‌توده اسفرزه مربوط به کشت خالص اسفرزه بود و کمترین آن از تیمار کشت مخلوط

گزارش شد که بالاترین و پایین‌ترین شاخص برداشت زنیان به ترتیب در کشت خالص زنیان و نسبت ۱۰۰ درصد زنیان + ۲۵ درصد لوبیا با ۵۷ و ۲۷ درصد به دست آمده است (خرمدل و همکاران ۲۰۱۶).

زوفا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌فرعی و عملکرد اسانس زوفا تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت قرار گرفتند ($P \leq 0.01$) ولی عملکرد زیست‌توده زوفا تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت قرار نگرفت (جدول ۴).

ارتفاع بوته زوفا

بیشترین ارتفاع بوته زوفا (۶۳/۳ سانتی‌متر) از کشت خالص زوفا به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کشت مخلوط ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه (۶۱/۴، ۵۵/۵ و ۵۴/۴ سانتی‌متر) نداشت و کمترین ارتفاع بوته (۴۷/۱ و ۵۱/۴ سانتی‌متر) از نسبت‌های کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه به دست آمد. افزایش اسفرزه در سطح ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته زوفا را در پی داشت. ارتفاع بوته زوفا در تیمارهای مخلوط ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد افزایش اسفرزه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد اما نسبت به افزایش ۸۰ و ۱۰۰ درصد اسفرزه به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بنابراین با افزایش نسبت‌های مخلوط در تیمارهای ۲۰ درصد افزایش اسفرزه و بیشتر از آن مقدار ارتفاع بوته زوفا کاسته شد. به نظر می‌رسد افزایش بیش از ۲۰ درصد اسفرزه به تراکم زوفا باعث ایجاد رقابت درون گونه‌ای شده است. به‌طوری که تیمارهای مخلوط ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه نسبت به کشت خالص به ترتیب ۳، ۱۲/۳، ۱۴، ۱۸/۷ و ۲۵/۵ درصد ارتفاع بوته کمتری داشتند (جدول

۴). به نظر می‌رسد که زوفا در نسبت کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه فشار رقابتی بیشتری را متحمل شده و به دلیل محدودیت تولید موادفتوسنتزی باعث کاهش رشد رویشی و در نتیجه ارتفاع آن شده است. همچنین با افزایش تراکم اسفرزه در کشت مخلوط به دلیل رقابت بین گونه‌ای ارتفاع بوته زوفا کاهش می‌یابد. نتیجه برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که اختلاف ارتفاع گیاه در کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط می‌تواند به دلیل رقابت برای نور، آب و مواد غذایی باشد در حالی که گیاهان به خاطر رقابت برون گونه‌ای اغلب از ارتفاع کمتری برخوردار هستند (رضائی‌چیانه و همکاران ۲۰۱۱). در مطالعه‌ی رضائی‌چیانه و قلی‌نژاد (۲۰۱۵) بر روی کشت مخلوط سیاهدانه و نخود نتایج حاکی از آن بود که بیشترین ارتفاع بوته سیاهدانه از تیمارهای کشت خالص سیاهدانه و نسبت کشت مخلوط ۱۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه و ۲۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه به دست آمد و کمترین ارتفاع بوته از نسبت کشت ۵۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه بود، که با نتایج این تحقیق مطابقت می‌کند. نتایج حاصل از آزمایش کشت مخلوط آفتابگردان و پنبه نشان داد که ارتفاع بوته پنبه در کشت مخلوط به دلیل رقابت برون گونه‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (آل ادکتی و همکاران ۲۰۱۱).

تعداد شاخه‌فرعی زوفا

کشت خالص زوفا و کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه بیشترین تعداد شاخه‌فرعی (به ترتیب ۴/۰۶ و ۳/۹۳ عدد) را دارا بودند که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه (۳/۶۸، ۳/۴۹ و ۳/۳۷ شاخه‌جانبی در بوته) نداشتند. به عبارتی، کشت خالص حدود ۹/۳، ۱۴، ۱۶/۹ و ۲۸/۵ درصد نسبت به نسبت‌های کشت ۴۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه، ۶۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه، ۸۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه باعث افزایش تعداد شاخه‌فرعی در بوته زوفا

دارد. پژوهشگران گزارش کردند بیشترین عملکرد دانه سیاهدانه از کشت خالص و افزایش نخود در سطوح ۱۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه و ۲۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه عملکرد دانه سیاهدانه را کاهش نداد و سپس از سطوح ۴۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه به بعد عملکرد گیاه اصلی را کاهش داد است (رضائی‌چیانه و قلی‌نژاد ۲۰۱۵). محققان با بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز و نخود مشاهده کردند که با جابجایی از کشت خالص به سمت مخلوط از عملکرد دانه زیره سبز کاسته شد. آن‌ها علت این کاهش عملکرد را در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به خالص به رقابت گیاهان در سیستم کشت مخلوط بر سر منابع محیطی ذکر کردند (ظریف‌پور و همکاران ۲۰۱۴).

عملکرد اسانس

بیشترین عملکرد اسانس در کشت خالص زوفا به دست آمد که با نسبت کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین عملکرد اسانس در تیمار ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه به دست آمد. عملکرد اسانس زوفا در تیمارهای مخلوط ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد افزایش اسفرزه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد اما نسبت به افزایش ۱۰۰ درصد اسفرزه به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. به‌نظر می‌رسد افزایش بیش از ۴۰ درصد اسفرزه به تراکم زوفا باعث ایجاد رقابت بین گونه‌ای شده است. به‌طوری که تیمارهای مخلوط ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه نسبت به کشت خالص به ترتیب ۲۹/۱، ۲۳/۴، ۳۲/۱ و ۵۳/۶ درصد عملکرد اسانس کمتری داشتند (جدول ۴). از آنجا که عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد زیست‌توده گیاه است، هر گونه تغییر در عملکرد زیست‌توده و درصد اسانس، عملکرد اسانس را تحت تأثیر قرار می‌دهد (پور یوسف و همکاران ۲۰۱۵). تغییرات در عملکرد اسانس مشابه تغییرات عملکرد دانه است. به‌نظر می‌رسد که کشت مخلوط این گیاه دارویی با

شد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که با افزایش تراکم اسفرزه در بین ردیف‌های مخلوط، تعداد شاخه‌فرعی زوفا کاهش یافته است. دلیل افزایش تعداد شاخه‌فرعی در تک‌کشتی زوفا را می‌توان این‌طور توجیه نمود که در کشت خالص زوفا به دلیل تراکم کمتر گیاهان نسبت به کشت مخلوط سهم هر گیاه در استفاده از عناصر غذایی فضا و نور افزایش یافته و بنابراین پتانسیل تولید شاخه‌های فرعی در گیاهان بیشتر شده است. نتایج این پژوهش با نتایج موسی‌پور و همکاران (۲۰۱۵) در کشت مخلوط زنیان و اسفرزه، خرم‌دل و همکاران (۲۰۱۶) در کشت مخلوط زنیان و لوبیا و مهدوی و همکاران (۲۰۱۴) کشت مخلوط جو و زنیان نتایج مشابهی را گزارش کردند.

عملکرد زیست‌توده

با توجه به این‌که زمان برداشت اسفرزه و زفا همزمان نبوده است و گیاه اسفرزه یک ماه زودتر از گیاه زوفا برداشت شده است، بعد از برداشت اسفرزه، به‌دلیل عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای تمامی منابع موجود در اختیار گیاه زوفا قرار گرفت و زوفا زمان بیشتری برای رشد داشت، بنابراین تحت این شرایط هر بوته، از منابع در دسترس بیشترین بهره‌برداری را کرده که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل نبود اختلاف معنی‌داری بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط زوفا و کشت خالص بود (جدول ۴). در ارزیابی عملکرد کشت مخلوط گیاه زوفا و عدس گزارش شده است که بیشترین میزان وزن خشک زوفا در تیمار کشت خالص و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس به دست آمد (حبیب‌زاده و همکاران ۲۰۱۸). موسی‌پور و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی کشت مخلوط زنیان و اسفرزه بیان کردند که نسبت‌های کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه زنیان و اسفرزه می‌شود. مقایسه عملکرد دانه در بین نسبت‌های کاشت نشان داد با افزایش نسبت‌های مخلوط از میزان عملکرد دانه کاسته شد، به‌طوری که ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد اسفرزه + ۱۰۰ درصد زنیان کمترین میزان عملکرد را

زوفا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط قرار گرفت ($P \leq 0.01$) (جدول ۵). دامنه نسبت برابری زمین $1/41 - 1/12$ بود که بالاترین و پایین‌ترین میزان به‌ترتیب برای نسبت کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه اختلاف معنی‌داری با نسبت کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه نداشت (جدول ۵). با توجه به این که هر دو گونه در این تیمارها از عملکرد بیشتری برخوردار بودند، به همین دلیل توانستند که به LER بالاتری برسند. خرم‌دل و همکاران (۲۰۱۶) در کشت مخلوط زنیان و لوبیا گزارش کردند که نسبت برابری زمین جزئی لوبیا در بیشتر نسبت‌های کشت

اسفرزه از طریق فراهمی عناصر اصلی سازنده اسانس موجب افزایش درصد اسانس شده است. در کشت مخلوط زنیان و لوبیا (خرم‌دل و همکاران، ۲۰۱۶)، کشت مخلوط زوفا و عدس (حبیب‌زاده و همکاران ۲۰۱۸) و کشت مخلوط زنیان و اسفرزه (موسی‌پور و همکاران ۲۰۱۷) نتایج مشابهی را گزارش کردند. حبیب‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) با مطالعه کشت مخلوط زوفا و عدس اظهار داشتند که بیشترین مقدار عملکرد اسانس زوفا در کشت خالص زوفا و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس به دست آمد.

ارزیابی شاخص‌های سودمندی

نسبت برابری زمین: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که نسبت برابری جزئی

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های کمی و کیفی زوفا

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه‌فرعی	عملکرد زیست‌توده (kg.ha ⁻¹)	عملکرد اسانس (kg.ha ⁻¹)
کشت خالص زوفا	63/3 ^a	4/06 ^a	105796 ^a	161/7 ^a
۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه	61/4 ^a	3/93 ^a	13810 ^{ab}	130/8 ^{ab}
۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه	52 ^b	2/7 ^b	14667 ^{ab}	114/6 ^b
۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه	50/1 ^{bc}	2/56 ^b	13480 ^{ab}	123/8 ^b
۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه	48/9 ^{bc}	2/53 ^b	13319 ^{ab}	109/7 ^b
۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه	47/1 ^c	2/5 ^b	11126 ^b	74/9 ^c
نسبت‌های مختلف کاشت	**	**	**	**
درصد ضریب تغییرات	3/8	3/7	16/3	10

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند.

** معنی دار در سطح ۱ درصد

وجود اختلاف در ساختار ریشه، توزیع کانوپی و احتیاجات غذایی متفاوت گیاهان در کشت مخلوط است (دلافتا و همکاران ۲۰۱۴). محققان در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله (رضوانی مقدم و مرادی ۲۰۱۲)، زنیان و اسفرزه (موسی‌پور و همکاران ۲۰۱۵) و نخود و سیاهدانه (رضایی‌چیانه و قلی نژاد ۲۰۱۵) مقدار نسبت برابری زمین را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کردند که این امر نشان دهنده برتری کشت

مخلوط افزایشی و جایگزینی بالاتر از نسبت برابری زمین جزئی زنیان بود. نسبت برابری زمین کل در کلیه نسبت‌های کشت مخلوط زوفا و اسفرزه بالاتر از یک بود و این موضوع نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن‌ها بود (جدول ۶). نسبت برابری زمین بیشتر از یک معیاری از جذب نور بهتر و کارایی مصرف بالاتر آن و استفاده بهینه از منابع محیطی دیگر نظیر عناصر غذایی و آب در کشت مخلوط است که به دلیل

٪ زوفا + ۴۰٪ اسفزره نداشت. این امر بیانگر سودمندی بیشتر کشت مخلوط ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفزره است. شاخص بهره‌وری در تیمارهای مخلوط ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفزره، ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفزره، ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفزره و ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفزره به ترتیب به میزان ۱۹/۸، ۱۲/۵، ۹/۸ و ۵/۶ درصد نسبت به کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفزره کاهش یافت. موسی‌پور و همکاران (۲۰۱۵) در ارزیابی شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط زنیان و اسفزره بیان کردند که تیمار ۲۵ درصد اسفزره + ۱۰۰ درصد زنیان و ۵۰ درصد اسفزره + ۱۰۰ درصد زنیان بیشترین و تیمار ۱۰۰ درصد اسفزره + ۱۰۰ درصد زنیان کمترین میزان شاخص بهره‌وری را دارند. در بررسی نخ‌زری مقدم و همکاران (۲۰۱۶) در کشت مخلوط جو - نخود فرنگی بیشترین شاخص بهره‌وری در تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخودفرنگی به دست آمد. در مطالعه کشت مخلوط ذرت با دو گیاه ماش و تاج خروس، حداکثر شاخص بهره‌وری سیستم در تیمار ۷۵:۲۵ (ذرت:ماش) گزارش شده است (آینه‌بند و بهروز ۲۰۱۱). در گزارشی دیگر نیز بیشترین عدد شاخص بهره‌وری سیستم در تیمار دو ردیف سورگوم با یک ردیف لوبیا چشم بلبلی مشاهده شده است (اسینی و همکاران ۲۰۱۰).

مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. در بررسی کشت مخلوط زوفا و عدس گزارش شد که تمام نسبت‌های اختلاط زوفا و عدس (به استثنای کشت مخلوط ۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا) نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک است که نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی دارد و تیمارهای ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس و ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس بالاترین میزان LER را به خود اختصاص دادند (حبیب‌زاده و همکاران ۲۰۱۸). وجودی و عظیمی (۲۰۱۷) در کشت مخلوط شنبلله و گل داوودی، مقادیر متغییر نسبت برابری زمین را در الگوهای مختلف بیشتر از یک گزارش کردند که سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی را نشان داد.

شاخص بهره‌وری: شاخصی که در نهایت باروری و کارایی یک سیستم کشت مخلوط را نمایان می‌سازد شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) است، که در جدول ۵ برای تمام تیمارهای کشت مخلوط محاسبه گردیده است. در بررسی شاخص تولید کشت مخلوط مشخص گردید که شاخص بهره‌وری در نسبت تیمار ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفزره با میانگین ۲۱۹۹۸ از حداکثر شاخص تولید برخوردار بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفزره، ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفزره،

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط زوفا و اسفزره

شاخص بهره‌وری	نسبت برابری زمین	تیمار
۱۷۶۴۲ ^b	۱/۱۲ ^b	۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفزره
۱۹۲۳۶ ^{ab}	۱/۲۲ ^{ab}	۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفزره
۱۹۸۳۶ ^{ab}	۱/۲۷ ^{ab}	۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفزره
۲۱۹۹۸ ^a	۱/۴۱ ^a	۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفزره
۲۰۷۴۶ ^{ab}	۱/۳۲ ^{ab}	۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفزره
*	*	نسبت‌های مختلف کاشت
۱۰/۲	۱۰/۰۴	درصد ضریب تغییرات

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند.

*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

نتیجه‌گیری کلی

کشت مخلوط گونه‌های گیاهی با فنولوژی و خصوصیات ریخت‌شناسی متفاوت که کمترین رقابت را در یک آشیانه بوم‌شناختی ایجاد کنند، گام مهمی در موفقیت کشت مخلوط محسوب می‌شود. نتایج این آزمایش روی تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی زوفا با اسفرزه نشان داد که بهره‌گیری از کشت مخلوط به دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد هر دو گونه شد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد زوفا و اسفرزه تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت و منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه گردید. بیشترین عملکرد دانه اسفرزه مربوط به تیمار کشت خالص اسفرزه و کمترین عملکرد در نسبت‌های کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪

اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه حاصل شد، بیشترین عملکرد اسانس در کشت خالص زوفا به دست آمد که با نسبت کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه اختلاف معنی‌داری نداشت. براساس نتایج این آزمایش، حداکثر نسبت برابری زمین (۱/۴۱) و حداقل آن (۱/۱۲) به ترتیب در نسبت کشت ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه و ۱۰۰٪ زوفا + ۲۰٪ اسفرزه به دست آمد. بیشترین شاخص بهره‌وری در تیمار ۱۰۰٪ زوفا + ۸۰٪ اسفرزه به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱۰۰٪ زوفا + ۱۰۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۶۰٪ اسفرزه، ۱۰۰٪ زوفا + ۴۰٪ اسفرزه نداشت. بر اساس نتایج حاصل می‌توان عنوان کرد که کشت مخلوط زوفا و اسفرزه علاوه بر ایجاد تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و همچنین ایجاد پایداری و ثبات تولید، می‌تواند در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

منابع مورد استفاده

- Ahmad WR, Hassan FH, Ansar M, Manaf A and Sher A, 2013. Enhancing crop productivity through wheat (*Triticum aestivum* L.) fenugreek intercropping system. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 23 (1): 210-215.
- Aladakatti YR, Hallikeri SS, Nandagavi RA, Hugar RA and Naveen NE, 2011. Effect intercropping of oilseed crops on growth, yield and economics of cotton (*Gossypium hirsutum*) under rainfed conditions. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 24 (3): 280 – 282.
- Alizade Y, Koocheki A and Nassiri Mahallati M, 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean and vegetative sweet basil. *Journal of Agroecology*. 2: 383-397.
- Ayneband A and Behrooz M, 2011. Evaluation of cereal- legume and cereal-pseudocereal intercropping systems through forage productivity and competition ability. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 10 (4): 675-683.
- Banik B, Midya A, Sarkar BK and Ghose SS, 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*. (24): 325-332.
- Bigonah R, Rezvani Moghaddam P and Jahan M, 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of coriander and fenugreek. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12 (3): 369-377. (In Persian).
- Daneshnia F, Amini A and Chaichi MR 2015. Berseem clover quality and basil essential oil yield in intercropping system under limited irrigation treatments with surfactant. *Agricultural Water Management*, 164: 331-339.

- De la Fuentea EB, Suarezb SA, Lenardisa AE and Poggioc SL, 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems: Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. *NJAS - Wageningen Journal Life Science*, 165:42-52.
- De Pauw E, Mirghasemi A, Ghaffari and Nseir B, 2008. Agro ecological zones of Karkheh River Basin: A reconnaissance assessment of climatic and edaphic patterns and their similarity to areas inside and outside the basin. Technical Report, ICARDA, 96pp.
- De Wit CT and Vanden Bergh JP, 1965. Competition between herbage plants. *Journal of Agricultural Science*. 13: 212-221.
- Ghasemi Maham S, Fallah S and Tadayyon MR, 2015. Variation in Root and Shoot Growth, Rhizobium Nodules of Fenugreek (*Trigonella foenum gracum*) Under Fertilizer Treatments and Intercropping with Isabgol (*Plantago ovate*). *Journal of Plant Productions*, 39(1): 35-45. (In Persian).
- Habibzadeh F, Hazrati S, Asghari B, Gholamhoseini M, Nikjouyan MJ, 2018. Evaluation of of yield, essential oil and productivity indices in different planting combinations in the intercropping of hyssop (*Hyssopus officinalis*) and lentil (*Lens culinaris*). *Journal of Plant Production Research*, 25(3): 83-99. (In Persian).
- Khoramdel S, Siahmarguee A and Mahmudi Gh, 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. *Journal of Crop Production*, 9(1): 1-24. (In Persian).
- Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Feizi H, Amirmoradi S and 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. *Agroecology*, 2: 225-235.
- Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Solouki H and Karbor S, 2016. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in substitution intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Vigna radiata* L.). *Advances in Plants and Agriculture Research* 3(5): 109-124.
- Koocheki A, Shabahang J, Khorramdel S and Amin Ghafouri A, 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. *Journal of Agroecology*. 4(1):1-11. (In Persian).
- Kremer RJ and Kussman RJ, 2011. Soil quality in a pecan-kura clover alley cropping system in the Midwestern USA. *Agroforest System*. 93: 213-223.
- Mahdavi Marj T, Ghanbari A and Asgharipour MR, 2014. Effects manure and chemical fertilizers application on weed control and yield in ajowan-barley intercropping. *Journal of Crop Production Research*, 6(1):19-30. (In Persian).
- Maoa L, Zhang L, Zhaoc X, Liuc S, Werfd WV, Zhange S, Spiertzd H and Lia Z, 2014. Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator. *Field Crops Research*, 5: 67-76.
- Mikic A, Cupinax B, Rubiales D, Mihailovi V, Sarunaitek L, Fustec J, Antanasovicx S, Krsticx D, Bedoussac L, Zoricx L, DorCevic V, Peric V and Srebri M, 2014. Models, Developments, and Perspectives of Mutual Legume Intercropping. *Journal Advances Agronomy*, 130: 1-83.
- Mirhashemi SM, Koocheki A, Parsa M and Nassiri Mahallati M, 2010. Evaluation of growth indices of ajowan and fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(2): 685-694.
- Mousapour H, Ghanbari A, and Asghari pour MR, 2017. Effect of sowing date on yield, yield components, secondary metabolites content and weed control in ajwain and isabgol intercropping. *Journal of Crops Improvement*, 18(4):835-850. (In Persian).
- Mousapour H, Ghanbari A, Sirousmehr AR and Asgharipour MR, 2015. Effect of sowing time on seed yield, advantage and competitive indices in ajwain (*Carum copticum* L.) and isabgol (*Plantago ovate* Forsk.) intercropping. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(2): 139-152. (In Persian).

- Mozaffarian V, 2012. A dictionary of Iranin plant, Names. Latin, English, Persian. Tehran. Farhang Moaser Publishers. 740 Pp.
- Nakh Zari Moghaddam A, Dehghan Por A and Rahmi Karyzki A, 2016. The effects of nitrogen levels and intercropping pattern on forage yield and competition indices of barley (*Hordeum vulgare*) and pea (*Pisum sativum*). Journal of Crop Production, 9(1):199-214. (In Persian).
- Noman MS, Maleque MA, Alam MZ, Afroz S and Ishii HT, 2013. Intercropping mustard with four spice crops suppresses mustard aphid abundance, and increases both crop yield and farm profitability in central Bangladesh. International Journal of Pest Management, 59(4): 306-313.
- Odo PE, 1991. Evaluation of short and tall sorghum varieties in mixtures with cowpea in the Sudan savanna of Nigeria: land equivalent ratio, grain yield and system productivity index. Experimental Agriculture, 27: 435-441.
- Omidbeigi R. 2011. Production and Processing of Medicinal Plants. Astaneh Ghods-e-Razavi Publications, Mashhad. (In Persian).
- Oseni TO, 2010. Evaluation of sorghum-cowpea intercrop productivity in savanna agro-ecology using competition indices. Journal of Agricultural Science, 2(3), 229-234.
- Pour yousef M, Yousefi AL, Oveisi M and Asadi F, 2015. Intercropping of fenugreek as living mulch at different densities for weed suppression in coriander. Journal Crop Protection, 69: 60-64.
- Raei Y, Bolandnazar SA and Dameghsi N, 2011. Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal Agricultural Sciences and Sustainable Production, 21(2): 131-142.
- Rezaei-Chiyaneh E, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Shakiba MR, Ghassemi-Golezani K and Aharizad S, 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 21(1): 1-16. (In Persian).
- Rezaei-Chiyaneh E, Tajbakhsh M, Valizadegan O and Banaei- Asl F, 2014. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) In Double Crop. Agroecology, 5(4): 462-473. (In Persian)
- Rezaei-Chiyaneh R and Gholinezhad E, 2015. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology, 7(3): 381-396. (In Persian)
- Rezvani moghadam P and Moradi R, 2012. Assessment of Planting Date, Biological Fertilizer and Intercropping on Yield and Essential Oil of Cumin and Fenugreek. Iranian Journal of Crops Sciences, 43(2): 217-230. (In Persian)
- Shirzadi MH, Rezaei S, Hemayati SS and Abedid M, 2011. Evaluation of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and lentil (*Lens culinaris Medikus*) intercropping. Plant Ecophysiology, 3: 53-58.
- Singh B and Usha K, 2003. Nodulation and symbiotic nitrogen fixation of cowpea genotypes as affected by fertilizer nitrogen. Journal Plant Nutrition. 26(2): 463-473.
- Taei-Semiromi, J., Mirbagheri. V and Amiri, A. 2015. Agroclimatic zoning of Kerman province for production potato. Research report. 120 Pp.
- Tarieghi sh, Fateh A and Aynehband A, 2018. The effect of different barley (*Hordeum vulgare*) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) intercropping planting ratio under nitrogen fertilizer on dry matter quality and quantity. Journal of Crop Production, 11(5):23-35. (In Persian).
- Tuna C and Orak A, 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.) and (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agricultural and Biological Science. 2(2): 14-19.
- Vandermeer JH, 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge, University Press, 297 p.

- Vojodi Mehrabani L and Azimi S, 2017. Evaluation of Fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) and Florists Daisy (*Chrysanthemum morifolium*) Intercropping and Its Effects on Insect Population. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(4): 247-259.
- Vrignon-Brenasa S, Celettea F, Amosséc C and David C, 2015. Effect of spring fertilization on ecosystem services of organic wheat and clover relay intercrops. European Journal of Agronomy, 73: 73-82.
- Wang Z, Zhao X, Wu P, He J, Chen X, Gao Y and Cao X, 2015. Radiation interception and utilization by wheat/maize strip intercropping systems. Journal AgriculturalForest Meteor, 204: 58-66.
- Zarifpour N, Naseri Poor Yazdi MT and Nassiri Mahallati M, 2014. Effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(1): 34-43.