

ارزیابی صفات زراعی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و شنبليله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در کشت مخلوط

سکینه صدی^{۱*}، مجید پوریوسف^۲، علی سلیمانی^۳، طاهر برزگر^۴ و خلیل جمشیدی^۵
 ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵. دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیاران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
 (تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۷/۲۴)

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه و شنبليله در الگوهای مختلف کشت مخلوط و تک کشتی، آزمایشی با استفاده از روش های جایگزینی و افزایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال زراعی ۱۳۹۱ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط افزایشی در سه سطح (۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد شنبليله)، کشت مخلوط جایگزینی در شش سطح (۱:۱، ۱:۲، ۲:۱، ۲:۲، ۱:۳، ۳:۱)، کشت خالص رازیانه و کشت خالص شنبليله بودند. نتایج نشان داد که تمامی صفات بررسی شده به غیر از وزن هزاردانه و شاخص برداشت رازیانه به طور معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر الگوهای مختلف کاشت قرار گرفتند. عملکرد شنبليله و رازیانه با افزایش نسبت هر یک در کشت مخلوط افزایش یافت، به طوری که در شنبليله بیشترین عملکرد دانه از کشت خالص و کمترین آن از سری جایگزینی ۳:۱ حاصل شد. همچنین در رازیانه، سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبليله و سری جایگزینی ۱:۳ به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند. نسبت برابری زمین در همه آرایش های کاشت بیشتر از یک بود.

واژه های کلیدی: الگوی کشت، سری جایگزینی، عملکرد، نسبت برابری زمین.

مقدمه

تمایل به تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای محصولات طبیعی در جهان به ویژه در شرایط ارگانیک رو به افزایش است (Griffe et al., 2003). کشت گیاهان دارویی از دیرباز دارای جایگاه ویژه ای در نظام های سنتی کشاورزی ایران بوده و این نظام ها از نظر ایجاد تنوع و پایداری تأثیر مهمی داشته اند. بسیاری از محققان مهم ترین عامل افزایش تنوع در اکوسیستم های زراعی را حضور کشت های مخلوط در این سیستم ها می دانند (McLaughlin & Mineau, 1995). به طور کلی استفاده بهتر از عوامل محیطی موجود و افزایش عملکرد در واحد سطح (Rahimian et al., 1991)، ثبات عملکرد به ویژه

تحت شرایط تنش های مختلف محیطی (Azam-Ali et al., 1990)، ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم های زراعی و استفاده از مزایای جانبی آن (Nassiri Mahallati et al., 2003)، افزایش کیفیت و کمیت محصول (Putnam & Allen, 1992)، افزایش بازده مصرف آب (Morris et al., 1990)، کاهش مصرف سموم و آفت کش های شیمیایی و کنترل فرسایش خاک (Mazaheri, 1993) از جمله اهدافی است که در کشت مخلوط پیگیری می شوند.

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از مهم ترین و قدیمی ترین گیاهان دارویی ایران و متعلق به خانواده چتریان است. تمام پیکر رازیانه حاوی اسانس بوده و دانه

Dwivedi, 2009) و کاهش نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت و بامیه (Alabi & Esobhawan, 2006) اشاره کرد. هدف از این مطالعه مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط رازیانه و شنبلیله برای پیدا کردن ترکیب یا آرایشی است که حداکثر عملکرد دانه و بیشترین کارایی استفاده از منابع را در پی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در کیلومتر ۵ جاده زنجان-تبریز به اجرا درآمد. زنجان دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای با زمستان سرد و تابستان ملایم تا به نسبت گرم است که در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارش و دمای منطقه در طول استقرار گیاهان در مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است. خاک زمین محل اجرای آزمایش از نوع لومی رسی بود که برخی از مشخصات آن در جدول ۲ آورده شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی (۱۰۰ درصد رازیانه+۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد شنبلیله) و جایگزینی (۵۰ درصد رازیانه+۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱)، ۳۳ درصد رازیانه+۶۷ درصد شنبلیله (۱:۲)، ۶۷ درصد رازیانه+۳۳ درصد شنبلیله (۲:۱)، ۵۰ درصد رازیانه+۵۰ درصد شنبلیله (۲:۲)، ۲۵ درصد رازیانه+۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳)، ۷۵ درصد رازیانه+۲۵ درصد شنبلیله (۳:۱)، ۱۰۰ درصد رازیانه و ۱۰۰ درصد شنبلیله بودند. بذر استفاده شده برای شنبلیله رقم اردستانی و برای رازیانه از توده اصفهان بود. عملیات کاشت هر دو گیاه همزمان در اوایل اردیبهشت و به روش خشکه‌کاری در کرت‌هایی به طول ۴ متر انجام گرفت. فواصل بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف‌ها در کشت مخلوط جایگزینی برای رازیانه ۲۰ سانتی‌متر و برای شنبلیله ۴ سانتی‌متر بود. در کشت مخلوط افزایشی رازیانه با همان تراکم مطلوب خود کاشته شد، اما برای شنبلیله بسته به نسبت آن در کشت مخلوط افزایشی به ترتیب برای نسبت‌های ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد، فاصله

آن مهم‌ترین اندام تولیدکننده اسانس است. مهم‌ترین ترکیب اسانس را آنتول (۷۰-۵۰ درصد) تشکیل می‌دهد. از مواد مؤثره این گیاه در داروسازی برای مداوای سرفه، دل‌درد، نفخ، سوء هاضمه در کودکان و تحریک شیردهی در مادران شیرده استفاده می‌شود (Omidbaigi, 2008; Damjanovic et al., 2005). از اسانس رازیانه به‌عنوان چاشنی در صنایع نوشابه‌سازی، صنایع غذایی و آرایشی-بهداشتی نیز استفاده می‌شود (Singh & Mahey, 1994).

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) گیاهی است دارویی از خانواده لگومینوز که قادر به تثبیت زیستی نیتروژن است. این گیاه در درمان بیماری‌هایی مانند دیابت، یبوست، سوء‌هاضمه و کاهش کلسترول خون کاربرد دارد (Yadav et al., 2004).

در بررسی Kumar et al. (2006) در مورد کشت مخلوط رازیانه و شنبلیله، کشت مخلوط این دو گیاه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه رازیانه در مقایسه با تک‌کشتی شد. Carvalho et al. (2010) نیز اظهار داشتند کاهش عملکرد رازیانه در کشت مخلوط رازیانه با لوبیا و لوبیای چشم بلبلی بسیار پایین بود و کشت مخلوط سبب بهبود عملکرد نسبی رازیانه شد. در این مطالعه نسبت برابری زمین تحت شرایط کشت مخلوط افزایش نشان داد. Siddiqhi Dehkordi et al. (2011) در بررسی کشت مخلوط رازیانه و زنیان گزارش کردند که کشت مخلوط تک‌ردیفی سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد انشعابات شاخه و نسبت برابری زمین شد. Jahani et al. (2007) نیز در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز در مخلوط با عدس مشاهده کردند که عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد بذر در هر چتر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای مختلف کاشت قرار گرفت و در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص مقادیر آنها افزایش یافت. البته در کنار برتری کشت مخلوط، به دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای بین اجزای آن گزارش‌های گوناگونی نیز از کاهش سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به کاهش عملکرد رازیانه در بررسی کشت مخلوط رازیانه با چند گیاه از جمله شنبلیله، نخودفرنگی، تربچه و سیب‌زمینی (Tiwari et al., 2002)، کاهش عملکرد رازیانه در کشت مخلوط با گل کلم (Tripathi &

قبیل ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های اصلی و فرعی، تعداد غلاف و چتر در بوته، تعداد دانه در غلاف و چتر، وزن هزاردانه و شاخص برداشت شنبليله و رازیانه و عملکرد این گیاهان تعیین شد. به‌منظور ارزیابی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شاخص نسبت برابری زمین براساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$LER = \sum_{n=1}^m \frac{Y_i}{Y_{ii}} \quad (1)$$

که در آن Y_i : مقدار محصول یک گونه (در واحد سطح) در کشت مخلوط؛ و Y_{ii} : حداکثر محصول همان گونه (در واحد سطح) در زراعت تک‌کشتی است (Mead & Willey, 1980) برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS V9 و برای رسم جدول‌ها از نرم‌افزار Word استفاده شد. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

بوته‌ها روی ردیف ۴، ۶ و ۱۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم کاشت گیاه رازیانه ۱۰ بوته در متر مربع و تراکم کشت گیاه شنبليله ۵۰ بوته در متر مربع بود. دور آبیاری در دو هفته آغازی هر سه روز و بعد از آن هر هفت روز بود. وجین اولیه دو هفته بعد از کاشت در سرتاسر واحدهای آزمایشی آغاز شد و تا انتهای دوره رشد انجام گرفت. در مرحله گلدهی هر دو گیاه، سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری و سپس شاخص سطح برگ محاسبه شد. برای تعیین عملکرد دانه، نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی بوته‌ها صورت گرفت. نحوه نمونه‌برداری بدین صورت بود که از ردیف‌های میانی کرت‌ها بعد از حذف حاشیه‌ها، نمونه‌ای به مساحت ۲ مترمربع برداشت شد و عملکرد دانه در آن اندازه‌گیری شد. در ضمن ۱۰ بوته از هر نوع گیاه و از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی برداشت و ویژگی‌هایی از

جدول ۱. میانگین بارش و دمای منطقه در طی ماه‌های فروردین تا شهریور ۱۳۹۱

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
میانگین بارندگی (mm)	۳/۴	۲/۱	۰/۶	۱/۱	۰/۲	۰/۲
میانگین بیشینه دما (°C)	۱۵/۴	۲۲/۳	۲۶/۷	۳۰/۲	۳۲/۸	۲۹/۱
میانگین کمینه دما (°C)	۲/۶	۷/۲	۱۱/۱	۱۳/۷	۱۵/۸	۱۳/۴

جدول ۲. خصوصیات خاک محل آزمایش

ماده آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته (pH)	آهک کل (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	نیترژن (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	منیزیم (meq/l)	کلسیم (meq/l)
۱/۱۸	۰/۷۲	۸/۲۸	۷/۲	۳۳	۲۷	۴۰	۰/۰۹	۹/۶	۲۸۶	۱/۱	۲/۱

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

شاخص سطح برگ شنبليله و رازیانه به‌طور بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفت (جدول‌های ۳ و ۴). در بین الگوهای مختلف کاشت به‌ترتیب بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ شنبليله از سری جایگزینی ۵۰ درصد رازیانه+۵۰ درصد شنبليله (۱:۱) و سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبليله حاصل شد (جدول ۵).

در رازیانه نیز بیشترین شاخص سطح برگ از سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبليله (۱:۳) حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با سری‌های جایگزینی ۳۳ درصد رازیانه+۶۷ درصد شنبليله (۱:۲) و ۵۰ درصد

رازیانه+۵۰ درصد شنبليله (۱:۱) نداشت. همچنین کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۶۶ درصد شنبليله به‌دست آمد که با سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه+۱۰۰ درصد شنبليله و کشت خالص تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

کاهش سطح برگ تحت سری‌های افزایشی ممکن است به‌دلیل محدودیت فضایی و رقابت ناشی از آن در بین دو گیاه باشد که موجب محدود شدن توسعه و گسترش ساقه و برگ گیاهان و به‌تبع آن کاهش شاخص سطح برگ می‌شود.

Bagheri *et al.* (2012) نیز اظهار داشتند شاخص

سطح برگ ریحان رویشی و گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط سویا، ریحان رویشی و گاوزبان اروپایی نسبت به

آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله حاصل شد (جدول ۵). در رازیانه بیشترین تعداد ساقه فرعی از سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله به دست آمد (جدول ۶).

در سری‌های جایگزینی، گیاهان از توزیع مکانی و فضایی مناسبی برخوردار بودند و توانستند از عوامل محیطی از قبیل نور، آب و عناصر غذایی به خوبی استفاده کنند و از توسعه شاخساره بیشتری برخوردار باشند.

Olasantan *et al.* (1996) در مخلوط ذرت و کاساوا

مشاهده کردند که کشت مخلوط نسبت به کشت خالص موجب کاهش انشعابات کاساوا شد.

تعداد ساقه اصلی در بوته شنبلیله و رازیانه به طور بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفت (جدول‌های ۳ و ۴). در بین الگوهای کاشت بیشترین تعداد ساقه اصلی در بوته شنبلیله از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبلیله حاصل شد که با الگوهای کشت مخلوط جایگزینی تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله حاصل شد (جدول ۵).

در رازیانه نیز بیشترین تعداد ساقه اصلی از سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله به دست آمد (جدول ۶). Rezvani *et al.* (2009) در بررسی کشت مخلوط ماش با سیاه‌دانه بیان کردند الگوهای کاشتی که فضای بیشتری را در اطراف گیاه ماش فراهم می‌آورند، سبب افزایش فعالیت گیاه برای پر کردن فضای اطراف و گسترش کانوپی می‌شوند.

کشت خالص کاهش نشان داد. آنها سایه‌اندازی بیشتر و تسریع رسیدگی در تیمارهای مخلوط را دلیل احتمالی کاهش سطح برگ این گیاهان نسبت به تک‌کشتی آنها عنوان کردند. در بررسی در مورد کشت مخلوط زنیان و شنبلیله، بیشترین شاخص سطح برگ زنیان و شنبلیله به ترتیب در کشت مخلوط دوردیفی (۱/۷۴) و سه‌دیفی (۰/۳) و کمترین آن در کشت خالص دو گیاه حاصل شد (Mirhashemi *et al.*, 2009b). همچنین کاهش شاخص سطح برگ در کشت خالص طبیعتاً می‌تواند به این دلیل باشد که گیاه مدت زمان بیشتری را صرف بستن کانوپی خود و دریافت کامل نور خورشید کرده است.

ارتفاع بوته شنبلیله به طور بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفت (جدول ۳)، ولی تأثیر الگوهای کاشت بر ارتفاع بوته رازیانه معنی‌دار نشد (جدول ۴). نتایج نشان داد که ارتفاع بوته شنبلیله در الگوهای مختلف کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته شنبلیله از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۶۶ درصد شنبلیله، و کمترین آن از کشت خالص حاصل شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد رقابت درون‌گونه‌ای بیشتر از رقابت بین‌گونه‌ای بر کاهش ارتفاع بوته شنبلیله تأثیر داشته است. Rezvani Moghadam & Moradi (2011) نیز در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله گزارش کردند که ارتفاع بوته شنبلیله در کشت مخلوط به دلیل تحمل فشار رقابتی کمتر نسبت به کشت خالص افزایش یافت.

تعداد ساقه فرعی در بوته شنبلیله و رازیانه به طور بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفت (جدول‌های ۳ و ۴). بیشترین تعداد ساقه فرعی در بوته شنبلیله مربوط به سری جایگزینی ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱) بود و کمترین

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گیاه شنبلیله تحت الگوهای مختلف کشت مخلوط و تک‌کشتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	تعداد ساقه فرعی	تعداد ساقه اصلی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه
تکرار	۲	۰/۰۷ ^{ns}	۱۰/۰۵ ^{ns}	۰/۵۰ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}
تیمار	۹	۱/۹۵ ^{**}	۳۹/۲۰ ^{**}	۸/۵۳ ^{**}	۰/۴۰ ^{**}	۰/۴۵ [*]	۰/۴۵ [*]	۱/۳۹ ^{**}
خطای آزمایش	۱۸	۰/۰۵	۹/۹۷	۰/۲۸	۰/۰۴	۴/۶۰	۰/۱۸	۰/۱۸
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۹۹	۵/۹۳	۶/۴۷	۶/۷۸	۹/۳۷	۸/۲۵	۳/۵۳

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns عدم معنی‌داری.

جدول ۴. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گیاه رازیانه تحت الگوهای مختلف کشت مخلوط و تک‌کشتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	تعداد ساقه فرعی	تعداد ساقه اصلی	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	وزن عملکرد
تکرار	۲	۰/۰۰۵*	۳/۷۹ ^{ns}	۴/۰۴**	۰/۷۶**	۴/۲۴ ^{ns}	۵/۵۶ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}
تیمار	۹	۰/۰۳**	۹/۶۴ ^{ns}	۳۸/۳۶**	۰/۹۰**	۴۷۵/۲۶**	۲۶/۵۷*	۰/۰۴ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۸	۰/۰۰۰۹	۱۴/۸۷	۰/۴۷	۰/۰۷	۱۱/۴۴	۸/۹۱	۰/۰۶
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۴۵	۴/۶۳	۵/۶۱	۱۲/۲۹	۶/۱۰	۳/۹۶	۶/۲۷
								۴/۰۳
								۱/۹۹

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns عدم معنی‌داری

اجزای عملکرد

شنبليله حاصل شد (جدول ۵). بیشترین تعداد دانه در چتر از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبليله و کمترین آن از کشت خالص حاصل شد (جدول ۶).

کشت مخلوط با کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و همپوشانی بوته‌ها، ساختار کانوپی مناسب‌تری را برای نفوذ و جذب نور فراهم کرده است. از طرفی ساختار متنوع کانوپی موجب جذب بیشتر حشرات شده و تلقیح گل‌ها تحت چنین شرایطی مناسب‌تر صورت گرفته و سبب افزایش تعداد دانه در چتر نسبت به کشت خالص شده است. (Jahani et al. 2007) نیز در تحقیقی درباره کشت مخلوط زیره سبز با عدس مشاهده کردند تعداد دانه در هر چتر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای مختلف کاشت قرار گرفت و با تغییر الگوی کاشت از کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت خالص مقدار آن کاهش یافت.

وزن هزاردانه یکی از مؤلفه‌های تعیین‌کننده عملکرد نهایی محسوب می‌شود و اندازه دانه در واقع قابلیت ذخیره‌سازی دانه را مشخص می‌کند. نتایج نشان داد وزن هزاردانه شنبليله به‌طور بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفت (جدول ۳)، ولی تأثیر الگوهای کاشت بر وزن هزاردانه رازیانه معنی‌دار نبود (جدول ۴). بیشترین وزن هزاردانه شنبليله از سری جایگزینی ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد شنبليله (۱:۱) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبليله حاصل شد (جدول ۵). در واقع نتایج تأثیر مثبت کشت مخلوط جایگزینی را نسبت به کشت مخلوط افزایشی بر وزن هزاردانه شنبليله نشان داد. (Callavana & Weil 1988) بیان

تأثیر الگوهای مختلف کاشت بر تعداد غلاف در شنبليله و تعداد چتر در بوته رازیانه بسیار معنی‌دار ($P \leq 0/01$) شد (جدول‌های ۳ و ۴). در بین الگوهای مختلف کاشت بیشترین تعداد غلاف در بوته شنبليله از سری جایگزینی ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد شنبليله (۲:۲) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبليله حاصل شد (جدول ۵). در بین الگوهای مختلف کاشت بیشترین تعداد چتر در بوته رازیانه از سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبليله (۱:۳) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبليله به‌دست آمد (جدول ۶).

در اختیار داشتن فضای مناسب برای افزایش تعداد ساقه‌ها را می‌توان یکی از عوامل اصلی افزایش تعداد غلاف و چتر در سری‌های جایگزینی کشت مخلوط به حساب آورد. نتایج این آزمایش در تأیید یافته‌های Rezvani Moghadam et al. (2009) مبنی بر افزایش تعداد غلاف بوته ماش در کشت مخلوط ماش و سیاه‌دانه است. آنها دلیل این امر را کاهش رقابت درون‌گونه‌ای در کشت مخلوط عنوان کردند. بنابراین به‌نظر می‌رسد سری‌های افزایشی کشت مخلوط نیز به‌دلیل ایجاد محدودیت فضایی و افزایش رقابت بین دو گیاه سبب کاهش تعداد ساقه و در نتیجه تعداد غلاف و چتر شدند. الگوهای مختلف کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0/05$) تعداد دانه در غلاف شنبليله و تعداد دانه در چتر رازیانه را تحت تأثیر قرار دادند (جدول‌های ۳ و ۴). بیشترین تعداد دانه در غلاف از سری جایگزینی ۷۵ درصد رازیانه + ۲۵ درصد شنبليله (۳:۱) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد

عملکرد دانه در آن بیشتر از کشت مخلوط با رازیانه باشد. (Mirhashemi *et al.*, 2009a) نیز در مطالعه‌ای درباره کشت مخلوط زنیان و شنبلیله نشان دادند عملکرد شنبلیله در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود. این نتایج با مطالعات سایر محققان نیز مطابقت دارد (Rezvani Moghadam *et al.*, 2009; Awasthi *et al.*, 2011) از طرفی نتایج نشان داد که افزایش نسبت هر یک از دو گیاه شنبلیله و رازیانه در کشت مخلوط، افزایش عملکرد دانه آن محصول را به دنبال داشت. به طوری که در سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳) گیاه شنبلیله عملکرد دانه بیشتری نسبت به شرایطی که نسبت آن در مخلوط کمتر بود، داشت. عدم تفاوت معنی‌دار سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳) با کشت خالص ممکن است ناشی از مزیت این الگوی کشت بر کشت خالص باشد. (Abdel-Kader *et al.*, 2012) نیز بیان کردند که در بین ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط چای ترش با گوار از لحاظ عملکرد دانه گوار، نسبت ۱ به ۳ چای ترش به گوار با کشت خالص قابل مقایسه است و اختلاف ویژه‌ای با آن نشان نداد. در مورد رازیانه با برتری عملکرد در سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبلیله نسبت به کشت خالص می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش سهم شنبلیله در این نسبت کاشت و کاهش تأثیراتی چون رقابت در جذب عناصر غذایی و آب و احتمالاً منابع ایجاد شده از طرف شنبلیله عملکرد افزایش یافته است. (Kumar *et al.*, 2006) در بررسی نیاز نیتروژن رازیانه براساس کشت مخلوط با سیب‌زمینی، گل کلم، تربچه و شنبلیله نشان دادند که رازیانه در ترکیب با شنبلیله بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد، اما محققان دیگر اظهار داشتند بیشترین عملکرد دانه رازیانه در کشت مخلوط رازیانه با گیاهان دیگر از کشت خالص آن حاصل شد (Tripathi & Dwivedi, 2009; Carvalho *et al.*, 2010).

شاخص برداشت

شاخص برداشت شنبلیله به‌طور بسیار معنی‌داری ($P \leq 0.01$) تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفت (جدول ۳)، ولی تأثیر الگوهای کاشت بر شاخص برداشت

کردند که تراکم‌های کم گیاه پابلند ذرت در مخلوط با بادام زمینی سبب افزایش وزن صدانه بادام زمینی شد، زیرا نفوذ نور به درون کانوپی در تراکم‌های کم، بیشتر است. کمتر بودن وزن هزاردانه شنبلیله در الگوهای مخلوط افزایشی را می‌توان به شاخص سطح برگ کمتر و اسیمیلاسیون کمتر در اثر رقابت بین‌گونه‌ای و سایه‌اندازی گیاه رازیانه روی گیاه شنبلیله نسبت داد، همچنان‌که نتایج نشان داد شاخص سطح برگ شنبلیله در سری‌های افزایشی کشت مخلوط کمتر از کشت خالص آن بود. در تحقیقی درباره کشت مخلوط ذرت و لوبیا نیز نشان داده شد که با افزایش تراکم لوبیا از وزن دانه لوبیا کاسته شد (Mukhala *et al.*, 1999).

عملکرد دانه

تأثیر الگوی کاشت بر عملکرد دانه شنبلیله و رازیانه نیز بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) شد (جدول‌های ۳ و ۴). در بین الگوهای مختلف کاشت بیشترین عملکرد دانه شنبلیله از کشت خالص به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳) نداشت. کمترین عملکرد دانه نیز مربوط به سری جایگزینی ۷۵ درصد رازیانه + ۲۵ درصد شنبلیله (۳:۱) بود که در مقایسه با کشت خالص حدود ۶۷ درصد کاهش داشت (جدول ۵). درباره رازیانه نیز بیشترین عملکرد دانه از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبلیله به‌دست آمد که در مقایسه با کشت خالص در حدود ۵ درصد افزایش عملکرد دانه داشت. سایر الگوهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص رازیانه، عملکرد دانه کمتری داشتند (جدول ۶).

در سری‌های افزایشی کشت مخلوط، شنبلیله به‌عنوان گیاه فرعی به تراکم مطلوب رازیانه اضافه شد و در نتیجه از فضا و شرایط مطلوب محیطی برای رشدونمو برخوردار نبود و در نهایت با افت عملکرد دانه نیز مواجه شد. چنانکه نتایج آزمایش مبین کاهش تعداد ساقه‌های فرعی، شاخص سطح برگ و اکثر اجزای عملکرد شنبلیله در سری‌های افزایشی کشت مخلوط است و بالطبع در چنین وضعیتی، عملکرد دانه نیز کاهش خواهد یافت. به دلیل بیشتر بودن تعداد بوته‌های شنبلیله در کشت خالص طبیعی به‌نظر می‌رسد که

رازیانه معنی‌دار نشد (جدول ۴). بیشترین شاخص برداشت شنبلیله از کشت خالص شد که تفاوت معنی‌داری با الگوهای کشت مخلوط جایگزینی نداشت (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گیاه شنبلیله تحت الگوهای مختلف کشت مخلوط و تک‌کشتی

شاخص	ارتفاع	تعداد ساقه	تعداد غلاف در بوته	تعداد بوته	وزن	عملکرد دانه	شاخص
تیمارهای آزمایشی	بوته (سانتی‌متر)	ساقه فرعی	غلاف اصلی	بوته	هزاردانه (گرم)	(کیلوگرم در هکتار)	برداشت
	برگ					(%)	
کشت خالص شنبلیله	۳/۷۸c	۷/۰۵c	۲/۸۷bc	۱۹/۲۵c	۵/۲۷abc	۱۲/۲۱ab	۶۱۸/۲۴a
افزایشی (۱۰۰٪ رازیانه+۳۳٪ شنبلیله)	۱/۷۹f	۹/۰۶b	۳/۴۰a	۲۴/۱۰ab	۵/۶۴ab	۱۱/۸۸bc	۲۶۸/۸۸f
افزایشی (۱۰۰٪ رازیانه+۶۶٪ شنبلیله)	۲/۶۷e	۵/۸۴d	۲/۶۰dc	۱۸/۶۲c	۵/۱۵abc	۱۱/۳۲c	۳۶۱/۳۸e
افزایشی (۱۰۰٪ رازیانه+۱۰۰٪ شنبلیله)	۳/۰۷d	۴/۹۶d	۲/۳۱d	۱۶/۳۹c	۴/۵۵c	۱۰/۴۱d	۳۷۷/۹۳de
جایگزینی ۱:۱ (۵۰٪ رازیانه+۵۰٪ شنبلیله)	۴/۳۱a	۱۰/۰۹a	۳/۳۰a	۲۷/۳۷a	۴/۸۷abc	۱۲/۸۲a	۴۲۶/۰۰c
جایگزینی ۲:۲ (۳۳٪ رازیانه+۶۷٪ شنبلیله)	۴/۰۲abc	۸/۶۸b	۳/۲۷a	۲۳/۲۱b	۵/۴۷ab	۱۲/۱۵ab	۵۱۰/۶۰b
جایگزینی ۳:۱ (۶۷٪ رازیانه+۳۳٪ شنبلیله)	۳/۸۹bc	۹/۰۰b	۳/۳۳a	۲۴/۸۹ab	۵/۱۴abc	۱۲/۲۱ab	۲۵۸/۶۳f
جایگزینی ۲:۲ (۵۰٪ رازیانه+۵۰٪ شنبلیله)	۴/۲۷ab	۹/۵۳ab	۳/۲۴ab	۲۷/۵۵a	۴/۸۱bc	۱۲/۶۰ab	۴۱۶/۶۷dc
جایگزینی ۱:۳ (۲۵٪ رازیانه+۷۵٪ شنبلیله)	۳/۹۴abc	۸/۹۶b	۳/۱۷ab	۲۳/۷۷ab	۵/۶۲ab	۱۲/۰۳abc	۵۹۵/۵۰a
جایگزینی ۳:۱ (۷۵٪ رازیانه+۲۵٪ شنبلیله)	۳/۹۱abc	۹/۰۱b	۳/۳۰a	۲۳/۵۶ab	۵/۶۷a	۱۲/۱۷ab	۲۰۱/۶۷g

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

داد شاخص برداشت شنبلیله در کشت مخلوط جایگزینی با کشت خالص تفاوت معنی‌دار نداشت. Willey (1990) اظهار کرد که کشت مخلوط می‌تواند شاخص برداشت را افزایش دهد.

نسبت برابری زمین^۱

معیاری که اغلب برای داوری در مؤثر بودن کشت مخلوط استفاده می‌شود، نسبت برابری زمین است. این معیار نسبت زمین لازم برای تک‌کشتی‌ها را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند (Mazaheri, 1993). از لحاظ نسبت برابری زمین اختلاف بسیار معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بین الگوهای مختلف کاشت وجود داشت. نسبت برابری زمین در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان از اثر مفید کشت مخلوط در افزایش بهره‌وری از منابع دارد. بیشترین نسبت برابری زمین مربوط به سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبلیله و کمترین آن مربوط به سری جایگزینی ۷۵ درصد رازیانه + ۲۵ درصد شنبلیله (۳:۱) بود (جدول ۷). برتری عملکرد در کشت مخلوط ممکن است بر اثر تلفیقی از عوامل مختلف همچون استفاده بهتر از رطوبت

شاخص برداشت بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد کل است. در شرایط رقابت شدید با رازیانه در کشت مخلوط افزایشی، شاخص برداشت شنبلیله کاهش نشان داد. این کاهش مؤید آن است که با حضور تراکم زیاد رازیانه در کشت مخلوط افزایشی به دلیل سایه‌اندازی و افزایش ارتفاع بوته ناشی از رقابت و به تبع آن رشد رویشی بیشتر، مواد فتوسنتزی به بخش رویشی هدایت شد و سهم بخش زایشی در چنین شرایطی کاهش یافت و در نتیجه افزایش رشد رویشی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در مقایسه با عملکرد اقتصادی و در نهایت کاهش شاخص برداشت شد. *Esmaili et al.* (2011) گزارش کردند سری افزایشی ۱۰۰ درصد جو + ۲۰ درصد یونجه در بررسی کشت مخلوط جو و یونجه دارای کمترین شاخص برداشت یونجه بود. آنها علت کم بودن شاخص برداشت در این الگوی کاشت را رقابت برای نور و در نتیجه رشد رویشی زیاد دانستند. *Jahani et al.* (2007) نیز نشان دادند، در کشت مخلوط زیره سبز با عدس بیشترین مقدار شاخص برداشت عدس از کشت خالص آن حاصل شد. آنها بیان کردند شاخص برداشت زیاد در کشت خالص نشان‌دهنده بیشتر بودن نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک است. نتایج این تحقیق نشان

1. Land Equivalent Ratio (LER)

از سری جایگزینی ۷۵ درصد رازیانه + ۲۵ درصد شنبليله (۳:۱) حاصل شد (جدول ۷). Koochecki *et al.* (2010) نیز با بررسی کشت مخلوط زعفران و مرزنجوش مشاهده کردند که کمترین نسبت برابری زمین (۰/۸۷) در الگوی کاشت سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش حاصل شد.

خاک، نور و عناصر غذایی باشد. آنها اختلاف در ساختار ریشه، توزیع کانویی و احتیاجات غذایی گیاهان در کشت مخلوط را علت این کارآمدی تشخیص داده‌اند (Pandita *et al.*, 2000). سایر محققان نیز در تحقیقات خود اظهار داشتند نسبت برابری زمین در کشت مخلوط بیشتر از یک بود (Rajeswara Rao, 2002; Siddiqhi *et al.*, 2011) کمترین نسبت برابری زمین

جدول ۶: مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گیاه رازیانه تحت الگوهای مختلف کشت مخلوط و تک‌کشتی

شاخص	ارتفاع	تعداد ساقه	تعداد چتر	تعداد دانه در چتر	وزن هزارانه	عملکرد دانه	شاخص
تیمارهای آزمایشی	برگ	ساقه	در بوته	چتر	(گرم)	(کیلوگرم در هکتار)	سطح
	(سانتی‌متر)	فرعی	اصلی				برگ
کشت خالص رازیانه	۸۲/۲۰a	۱۱/۲۷c	۱/۹۸df	۴۹/۷۴c	۷۱/۱۰d	۳/۹۰a	۰/۴۷c
افزایشی (۱۰۰٪ رازیانه+۳۳٪ شنبليله)	۷۹/۸۷a	۸/۷۰d	۱/۸۷ef	۴۹/۲۷c	۷۲/۴۳cd	۳/۹۷a	۰/۵۸b
افزایشی (۱۰۰٪ رازیانه+۶۶٪ شنبليله)	۸۳/۵۰a	۷/۳۰e	۱/۵۳fg	۴۰/۰۷d	۷۷/۵۹abc	۳/۷۴a	۰/۴۴c
افزایشی (۱۰۰٪ رازیانه+۱۰۰٪ شنبليله)	۸۵/۷۰a	۷/۲۰e	۱/۳۳g	۳۴/۶۷d	۸۰/۴۶a	۳/۷۵a	۰/۴۵c
جایگزینی ۱:۱ (۵۰٪ رازیانه+۵۰٪ شنبليله)	۸۴/۲۳a	۱۵/۷۱a	۲/۷۶ac	۶۷/۶۹a	۷۵/۰۸abd	۳/۸۰a	۰/۶۶a
جایگزینی ۱:۲ (۳۳٪ رازیانه+۶۷٪ شنبليله)	۸۴/۷۷a	۱۶/۰۸a	۲/۸۲ab	۶۹/۲۹a	۷۸/۴۲ab	۳/۶۲a	۰/۶۸a
جایگزینی ۲:۱ (۶۷٪ رازیانه+۳۳٪ شنبليله)	۸۲/۶۰a	۱۳/۲۰b	۲/۳۲ce	۵۷/۴۲b	۷۲/۵۴cd	۳/۸۸a	۰/۵۶b
جایگزینی ۲:۲ (۵۰٪ رازیانه+۵۰٪ شنبليله)	۸۲/۳۹a	۱۳/۶۸b	۲/۴۰bd	۵۹/۶۹b	۷۶/۰۵abd	۳/۷۰a	۰/۵۸b
جایگزینی ۱:۳ (۲۵٪ رازیانه+۷۵٪ شنبليله)	۸۵/۳۷a	۱۶/۹۲a	۲/۹۷a	۷۳/۳۳a	۷۶/۶۹abd	۳/۶۸a	۰/۷۱a
جایگزینی ۳:۱ (۷۵٪ رازیانه+۲۵٪ شنبليله)	۸۲/۰۷a	۱۲/۵۴b	۲/۲۰de	۵۳/۶۳bc	۷۳/۸۰bcd	۳/۸۹a	۰/۵۳b

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج آزمایش، بهترین الگوی کاشت برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد دانه شنبليله، الگوی کاشت سه ردیف شنبليله در بین یک ردیف رازیانه است، اما رازیانه به‌دلیل عملکرد و قیمت زیاد نسبت به شنبليله، گیاهی تعیین‌کننده در انتخاب بهترین الگوی کاشت است. بنابراین برای حصول بیشترین عملکرد دانه رازیانه، الگوی کاشت ۱۰۰ درصد تراکم مطلوب رازیانه به‌همراه ۳۳ درصد تراکم مطلوب شنبليله پیشنهاد می‌شود. نسبت برابری زمین در همه الگوهای کاشت بیشتر از یک بود، در نتیجه می‌توان گفت کشت مخلوط رازیانه و شنبليله در مجموع موفقیت‌آمیز بوده است.

جدول ۷. نسبت برابری زمین در کشت مخلوط رازیانه و شنبليله تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت

تیمارهای آزمایشی	نسبت برابری زمین (LER)
افزایشی (۱۰۰٪ رازیانه+۳۳٪ شنبليله)	۱/۴۹a
افزایشی (۱۰۰٪ رازیانه+۶۶٪ شنبليله)	۱/۴ab
افزایشی (۱۰۰٪ رازیانه+۱۰۰٪ شنبليله)	۱/۳۴bc
جایگزینی ۱:۱ (۵۰٪ رازیانه+۵۰٪ شنبليله)	۱/۳۹abc
جایگزینی ۱:۲ (۳۳٪ رازیانه+۶۷٪ شنبليله)	۱/۳bc
جایگزینی ۲:۱ (۶۷٪ رازیانه+۳۳٪ شنبليله)	۱/۲de
جایگزینی ۲:۲ (۵۰٪ رازیانه+۵۰٪ شنبليله)	۱/۲۸dc
جایگزینی ۱:۳ (۲۵٪ رازیانه+۷۵٪ شنبليله)	۱/۳۴bc
جایگزینی ۳:۱ (۷۵٪ رازیانه+۲۵٪ شنبليله)	۱/۱۶e

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

REFERENCES

- Abdel-Kader, M., El-Shamy, H.A., Meawad, A.A. & Bishr, G.A. (2012). Yield components and active ingredients of roselle and guar as influenced by intercropping system and nitrogen fertilization rate. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 39, 157-166.
- Alabi, R.A. & Esobhawan, A.O. (2006). Relative economic Value of maize-okra intercrops in rainforestzone, Nigeria. *Central European Agriculture*, 3, 433-438.

3. Awasthi, U.D., Tripathi, A.K., Dubey, S.D. & Kumar, S. (2011). Effect of row ratio and fertility levels on growth, productivity, competition and economics in chickpea + fennel intercropping system under scarce moisture condition. *Journal of Food Legumes*, 24(3), 211-214.
4. Azam-Ali, S.N., Matthews, R.B., Williams, J.H. & Peacock, M. (1990). Light use, water uptake and performance of individual components of a sorghum-groundnut intercrop. *Experimental Agriculture*, 26, 413-417.
5. Bagheri, M., Zaefarian, F., Akbarpour, V. & Asadi, G. A. (2012). Assessment of growth indices of soybean, vegetative sweet basil and borage in intercropping different ratios. *Journal of Plant Production*, 19 (3), 1-25. (In Farsi).
6. Callavana, K. M. & Weil, R. R. (1988). Peanut-corn intercrop performance as affected by within-row corn spacing at a constant row spacing. *Agronomy Journal*, 80, 635-642.
7. Carvalho, L.M., Oliveira, I.R., Almeida, N.A. & Andrade, K.R. (2010). The intercropping of fennel with beans and cowpeas in the agreste region of Brazil. *ISHS Acta Horticulturae*, 925, 199-204.
8. Damjanovic, B., Lepojevic, V. & Tolic, A. (2005). Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds with supercritical CO₂: Comparison with hydrodistillation. *Food Chemistry*, 92, 143-149.
9. Esmaili, A., Hosseini, M.B., Mohammadi, M. & Hosseinikhah, F.S. (2011). Evaluation of grain yield, dry matter production and some of the forage and silage quality properties in annual medic (*Medicago scutellata*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) intercropping. *Seed and Plant Production Journal*, 2-28 (3), 277-296. (In Farsi).
10. Griffie, P., Metha, S. & Shankar, D. (2003). Organic production of medicinal, aromatic and dye-yielding plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO.
11. Jahani, M., Koocheki, A. & Nassiri Mahallati, M. (2007). Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6 (1), 67-78. (In Farsi).
12. Koocheki, A., Shabahang J., Khorramdel, S. & Azimi, R. (2010). The effect of irrigation intervals and intercropped marjoram (*Origanum vulgare* L.) with saffron (*Crocus sativus* L.) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. *Iranian Journal of Field Crops Research*. (in Press). (In Farsi).
13. Kumar, A., Singh, R. & Chhillar, R.K. (2006). Nitrogen requirement of fennel (*Foeniculum vulgare*) based cropping systems. *Indian Journal of Agricultural Science*, 76(10), 599-602.
14. Mazaheri, D. (1993). *Intercropping*. Tehran University Publications, 262 p. (In Farsi).
15. McLaughlin, A. & Mineau, P. (1995). The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 55, 201-212.
16. Mead, R. & Willy, R.W. (1980). The concept of a land Equivalent Ratio and advantages in yield from intercropping. *Experimental Agriculture*, 16, 217-228.
17. Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M. & Nassiri Mahallati, M. (2009) (a). Evaluation benefit of Ajowan and Fenugreek intercropping indifferent levels of manure and planting pattern. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1), 259-269. (In Farsi).
18. Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M. & Nassiri Mahallati, M. (2009) (b). 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. (In Farsi).
19. Morris, R. A., Villegas, A. N., Polthanee, A. & Centeno, H. S. (1990). Water use by monocropped and intercropped cowpea and sorghum after rice. *Agronomy Journal*, 82, 664-668.
20. Mukhala, E., Juger, J.M. & Vanrensburg, L.D. (1999). Dietary nutrient deficiency in small-scale farming communities in South Africa benefits of intercropping maize and beans. *Nutrition Research Journal*, 19(4), 629-641.
21. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P. & Beheshti, A. (2003). *Agroecology* (translation). Ferdosi University Publications, 459 p. (In Farsi).
22. Olasantan, F.O., Ezumah, H. C. & Lucas, E. O. (1996). Effects of intercropping with maize on the microenvironment, growth and yield of cassava. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 57, 149-158.
23. Omidbaigi, R. (2008). *Production and processing of medicinal plants*. Astan Quds Razavi Publications, Mashhad, 438 p. (In Farsi).
24. Pandiata, A.K., Saha, M.H. & Bali, A.S. (2000). Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition function under Kashmir condition. *Indian Journal Agronomy*, 45, 48-53.
25. Putnam, D.H. & Allen, D.L. (1992). Mechanism for over yielding in sunflower-mustard intercrop. *Agronomy Journal*, 84, 188-195.
26. Rahimian, H., Salahi moghadam, M. & Glooi, M. (1991). Potato intercropping with maize and Sunflower. *Agricultural Sciences and Technology Journal*, (6), 45-58. (In Farsi).
27. Rajeswara Rao, B.R. (2002). Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of Rose-scented geranium (*Pelargonium species*) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.). *Industrial Crops and Products*, 16, 133-144.

28. Rezvani Moghadam, P. & Moradi, R. (2011). Evaluation of planting dates, intercropping and biological fertilizers on the yield and quality of essential oil of cumin and fenugreek. *Iranian Journal of Field Crop Scienc*, 43 (2), 217-230. (In Farsi).
29. Rezvani Moghadam, P., Raoofi, M. R., Rashed Mohassel, M. H. & Moradi, R. (2009). Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L.Wilczek)-black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. *Journal of Agroecology*, 1(1), 65-79. (In Farsi).
30. Siddiqhi Dehkordi, F., Hemmat zadeh, A. & Nazar Poor, M. (2011). Evaluating the benefit of Fennel and Ajowan intercropping in different levels of planting dates and plant distance. *Seven Iranian Horticultural Sciences Congress*. 5-8 September University of Esfahan, pp 2678. (In Farsi).
31. Singh, A. & Mahey, R.K. (1994). A review on agrotechnology of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Madras Agriculture Journal*, 81, 655-659.
32. Tiwari, R.S., Agarwal, A. & Sengar, S.C. (2002). Effect of intercropping on yield and economics of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Crop Research*, 23(2), 369-374.
33. Tripathi, S. M. & Dwivedi, A. K. (2009). Remove from marked records economics of intercropping fennel with cauliflower. *Annals of Horticulture*, 2(1), 103-105.
34. Willey, R.W. (1990). Resource use in intercropping systems. *Agriculture Water Management*, 17, 215-231.
35. Yadav, U.C., Moorthy, K. & Baquer, N. Z. (2004). Effects of sodium-orthovanadate and *Trigonella foenum-graecum* seed son hepatic and renal lipogenic enzymes and lipid profile during alloxan diabetes. *Journal Bio Sciences*, 29, 81-91.