نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۶۰۲-۵۸۸

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 3, Fall. 2017, p. 588-602

اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط درهم و ردیفی بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و لوبیا

شیوا قلعه نویی[۱]- علیرضا کوچکی[۲*]- محمدتقی ناصری پوریزدی[۳]- محسن جهان[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۱۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی نسبت‌های مختلف دو گیاه کنجد و لوبیا در کشت‌های مخلوط جایگزینی و افزایشی در دو سیستم کشت درهم و ردیفی، آزمایشی در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، انجام شد. این آزمایش با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. روش کاشت شامل: کشت به‌صورت ردیفی و کشت درهم به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط شامل: کشت خالص لوبیا (100b)، کشت خالص کنجد (100s)، ۲۵٪ کنجد-۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنجد-۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنجد-۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰٪ کنجد-۱۰٪ لوبیا (s10b۱۰۰)، ۱۰۰٪ کنجد-۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنجد-۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (30s100b) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. در پایان فصل رشد صفات وزن هزار دانه، تعداد کپسول یا غلاف در بوته، تعداد بذر در کپسول یا غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت ثبت شدند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که در هر دو گیاه کنجد و لوبیا، ترکیب کشت مخلوط دارای تأثیر معنی‌داری روی تمامی صفات مورد مطالعه داشت. به‌طوری‌که در تیمارهای 25s75b، 50s50b و 75s25b وزن هزار دانه، تعداد کپسول یا غلاف در بوته، تعداد بذر در کپسول یا غلاف و شاخص برداشت بیشترین مقادیر مشاهده شد. در کنجد، صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت و در لوبیا، صفات وزن هزار دانه، عملکرد ماده خشک و عملکرد اقتصادی، علاوه‌بر ترکیب کشت مخلوط، تحت تأثیر نوع کشت نیز قرار گرفتند که کشت ردیفی مقادیر بالاتری را نسبت به کشت درهم نشان داد. نتایج مربوط به نسبت برابری زمین نشان داد که نسبت جزئی برابری زمین کنجد و لوبیا در کشت ردیفی بیشتر از کشت درهم بود. علاوه بر این نسبت جزئی برابری زمین کشت مخلوط‌های جایگزینی بیشتر از کشت‌های مخلوط افزایشی بود. همچنین در تمامی تیمارهای آزمایش، نسبت برابری زمین کل، بیشتر از یک بود و بیشترین مقادیر در تیمارهای 25s75b، 50s50b، 30s100b، 75s25b، 100s30b و 10s100b (به‌ترتیب ۱/۲۲، ۱/۱۹، ۱/۱۵، ۱/۱۵ و ۱/۱۴) مشاهده شد. استفاده بهتر از منابع در نتیجه کشت مخلوط را می‌توان از دلایل این امر دانست. نتایج نشان داد که حضور لوبیا تأثیرات مثبتی را بر کنجد داشت که احتمالاً خاصیت تثبیت‌کنندگی نیتروژن توسط ریشه‌های لوبیا می‌تواند یکی از دلایل اصلی این امر باشد.

واژه‌های کلیدی: چند کشتی، شاخص برداشت، عملکرد اقتصادی، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشت مخلوط نوعی سیستم چندکشتی است که در آن دو یا چند گیاه در یک قطعه زمین به‌طور همزمان، رشد می‌یابند (Thakur *et al.*, 2000). نداکیدمی (Ndakydmy, 2006) بیان کرد که هدف از کشت مخلوط در سیستم‌های زراعی، بهینه‌سازی استفاده از فضا، زمان و منابع فیزیکی، از طریق به حداکثر رساندن ارتباطات مثبت و به حداقل رساندن ارتباطات منفی در بین اجزا می‌باشد. از اینروتسوبو و واکر (Tsuboi and Walker, 2002) بیان کردند که در کشت‌های مخلوط با افزایش جذب نور، طول دوره جذب و در نتیجه پوشش بیشتر سطح خاک، بهره‌وری سیستم‌های زراعی افزایش می‌یابد. به‌طورکلی از دلایل استفاده از کشت‌های مخلوط می‌توان به افزایش تولید در واحد سطح، استفاده بهتر از منابع موجود از قبیل زمین، کار، زمان، نور، آب و عناصر غذایی، کاهش خسارات ناشی از آفات و بیماری‌ها و برتری‌های اقتصادی و اجتماعی اشاره کرد (Koocheki *et al.*, 2001; Walker and Ogindo, 2003; First *et al.*, 2006).

در کشت مخلوط، افزایش جذب تشعشع خورشیدی از طریق

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، استاد، استادیار و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v15i3.49345

افزایش طول دوره جذب، پوشش بیشتر سطح خاک و یا کارایی بالاتر مصرف نور، می‌تواند بهره‌وری بیشتری را به همراه داشته باشد (Akmal and Johnson, 2004). آوال و همکاران (Awal *et al.*, 2006) در آزمایشی روی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays*) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogea*) به این نتیجه رسیدند که کارایی مصرف نور ذرت در مخلوط، مشابه با تک‌کشتی بود، اما کارایی مصرف نور بادام‌زمینی در مخلوط، ۷۵٪ بیشتر از تک‌کشتی بود. واکر و اوگیندو (Walker and Ogindo, 2003) گزارش کردند که تبخیر از سطح خاک، به‌دلیل متراکم‌تر بودن و سایه‌اندازی بیشتر پوشش گیاهی در کشت مخلوط ذرت با لوبیا در مقایسه با تک‌کشتی، کمتر از کشت خالص می‌باشد. رانگاسامی و همکاران (Rangasamy *et al.*, 1988) گزارش نمودند که مصرف آب در کشت مخلوط ماش و پنبه، کاهش و راندمان مصرف آب افزایش داشت. زوگمور و همکاران (Zug Moore *et al.*, 2000) در طی تحقیقات خود نشان دادند که کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی هرز، آب را به میزان ۳۰-۲۰ درصد در مقایسه با کشت خالص سورگوم و ۵۵-۴۵ درصد در مقایسه با کشت خالص لوبیا چشم بلبلی کاهش داد. در کشت مخلوط جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد (Koocheki and Zand, 1996). در کشت مخلوط لگوم با غیر لگوم می‌تواند از طریق همزیستی لگوم‌های با باکتری‌های تثبت‌کننده نیتروژن و تثبیت بیولوژیکی ازت، به‌عنوان جایگزین کود شیمیایی برای تأمین ازت مورد نیاز گیاه غیر لگوم مورد استفاده قرار گیرد (Pandyta *et al.*, 2000). نجفی و غفاری (Najafi and Ghaffari, 2005) در آزمایشی که بر روی ذرت شیرین و لوبیا سبز انجام دادند مشاهده کردند که لوبیا سبز نیتروژن هوا را تثبیت کرده و مقداری از آن را در همان فصل رشد در دسترس گیاه مجاور قرار داده و مقداری نیز در کشت بعدی در دسترس گیاه بعدی قرار داد. نیلسن و همکاران (Nielsen *et al.*, 2001) نیز گزارش کردند که در کشت مخلوط نخود و جو، نخود ۹۰ تا ۹۵ درصد نیتروژن را تثبیت کرد و در خاک آزاد نمود. علاوه بر مطالب ذکر شده، کشت مخلوط از طریق ایجاد تنوع گیاهی در اگرواکوسیستم سبب کاهش میزان شیوع آفات و بیماری‌ها و در نتیجه خسارت ناشی از آنها می‌شود (Pendleton *et al.*, 1963). کشت مخلوط از طریق ایجاد مشکل برای آفت در یافتن گیاه میزبان و همچنین تأمین زیستگاه مناسب برای موجودات سودمند می‌تواند خسارت آفات را کاهش دهد (Koocheki *et al.*, 2005). پیتان و دبی‌یی (Pitan and Debiyi, 2001) در آزمایشی روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی، مشاهده کردند که کمترین جمعیت کک در کشت مخلوط وجود داشت. انتخاب گیاه زراعی در کشت مخلوط دارای اهمیت زیادی است و این انتخاب باید در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح و برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی صورت گیرد (Mvshagalvza *et al.*, 2008). به همین دلیل، زمانی که گیاهان موجود در مخلوط با دقت انتخاب شوند، عملکرد نسبت به تک‌کشتی افزایش می‌یابد (Shivarama and Shivashankar, 1994) که لازمه آن شناخت کامل گونه‌ها، نیازهای اکولوژیکی آن و نحوه واکنش آنها به محیط پیرامونی است (Mvshagalvza *et al.*, 2008). گیاهان انتخاب شده باید از نظر طول دوره رویشی، ارتفاع، سیستم ریشه‌ای و همچنین خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی با یکدیگر اختلاف داشته باشند تا در نتیجه از عوامل محیطی مانند تشعشع خورشیدی، رطوبت و مواد غذایی بهتر استفاده کنند (Wiley, 1990). درواقع زمانی‌که منابع مورد نیاز دو گیاه زراعی به قدر کافی از هم جدا باشند، کشت مخلوط می‌تواند سودمند باشد. به‌عبارت‌دیگر، در کشت مخلوط زمانی افزایش عملکرد حاصل می‌شود که مجموع رقابت درون و بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط از رقابت درون‌گونه‌ای در کشت خالص کمتر باشد، این امر با عنوان اصل رقابتی تولید[1] شناخته می‌شود (Javanshir *et al.*, 1379).

لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) با نام انگلیسی Common bean گیاهی از خانواده حبوبات (Fabaceae) بومی قاره آمریکا و دنیای جدید می‌باشد. حبوبات به‌دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارند و به همین دلیل در تناوب با سایر گیاهان زراعی کشت شده و یا به‌عنوان کود سبز مورداستفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این، کاه و کلش و بقایای این گیاهان نیز به دلیل کیفیت مناسب، کاربرد وسیعی در تغذیه دام دارد (Saxena, 1990; Goldani and Rezvani Moghaddam, 2004, Nezami and Bagheri, 2004). این گیاهان ازجمله مهم‌ترین منابع پروتئینی هستند. لوبیای سبز حاوی ۶/۲ درصد پروتئین، ۰/۲ درصد چربی و ۶۳ درصد کربوهیدرات می‌باشد. کنجد (*Sesamum indicum*) با نام انگلیسی Seaseme، از خانواده Pedaliacae، قدیمی‌ترین دانه روغنی در جهان، یکی از دانه‌های روغنی و خوراکی مهم در کشاورزی سنتی مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است (Khaje poor, 2004). ایران ازجمله کشورهایی است که کاشت برخی از دانه‌های روغنی مانند کنجد در آن قدمتی طولانی دارد، اما به‌رغم این سابقه دیرینه و وجود پتانسیل‌های فراوان درزمینه‌ی تولید دانه‌های روغنی، پیشرفت چندانی در این زمینه حاصل نشده است. با توجه به نیاز روزافزون ایران به روغن، کنجد می‌تواند به‌عنوان یک گیاه صنعتی و روغنی مهم مطرح باشد (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2005).

هدف از این تحقیق، ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و لوبیا در کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی درهم و ردیفی طی دو سال آزمایش و بررسی برتری احتمالی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کنجد و لوبیا و همچنین مقایسه انواع کشت مخلوط بود.

1- Competitive production principle

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد طول و عرض جغرافیایی آن نیز به‌ترتیب ″36°15′56.28 (ارتفاع از سطح دریا، ۹۸۵ متر) انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به‌ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آب‌وهوای منطقه براساس روش آمبرژه سرد و خشک است.

مراحل آماده‌سازی زمین از اواسط خردادماه آغاز گردید. برای این منظور زمینی به مساحت حدود ۱۳۰۰ مترمربع انتخاب و پس از اجرای دیسک، تسطیح و جو و پشته برای اعمال تیمارهای آزمایش آماده شد. به این منظور در اواخر خردادماه عملیات کرت‌بندی، طناب‌کشی، نشانه‌گذاری تیمارها و نصب سیستم آبیاری انجام شد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و با یک فاکتور اصلی شامل فاکتور A (روش کاشت) در دو سطح a_1 (کشت به‌صورت ردیفی) و a_2 (کشت درهم) و فاکتور فرعی B (ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط) شامل تیمارهای کشت مخلوط به روش جایگزینی: کشت خالص لوبیا (100b)، ۲۵٪ کنجد-۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنجد-۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنجد-۲۵٪ لوبیا (75s25b) کشت خالص کُنجد (۱۰۰ s) و تیمارهای کشت مخلوط به روش افزایشی: ۱۰۰٪ کنجد-۱۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنجد-۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنجد-۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (30s100b) بود.

عملیات کاشت هر دو گونه با استفاده از ارقام رایج در منطقه (ارقام اسفراین و درخشان به‌ترتیب برای کنجد و لوبیا) در اوایل تیرماه انجام شد. تراکم موردنظر برای کنجد ۴۰ و برای لوبیا ۲۰ بوته در مترمربع بود که در مرحله ۶-۴ برگی بوته‌ها برای دستیابی به تراکم موردنظر تنک شدند. اولین آبیاری به‌منظور تسهیل در سبز شدن بلافاصله پس از کشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هشت روز یک‌بار به‌صورت نشتی انجام شد. در کل دوره رشد گیاهان بارندگی رخ نداد. جهت کنترل علف‌های هرز مزرعه، در مرحله ۶ برگی و رسیدن گیاهان به ارتفاع حدود ۱۵ سانتی‌متر از روش وجین دستی (هر ۱۳ روز یک‌بار تا زمانی‌که سایه‌اندازی گیاهان به حدی رسید که رشد علف‌های هرز را محدود کرد) استفاده شد. علف‌های هرز عمده در زمین آزمایش شامل پیچک (*Convovulus arvensis*)، مرغ (*Cynodon dactylon*)، اویار سلام (*Cyprus rotundus*)، سلمه (*Chenopodium album*) و خرفه (*Portulaca oleracea*) بودند. عملیات تنک نیز در دو مرحله با فواصل زمانی ۲۰ روز بعد از استقرار گیاهان انجام گرفت. در طول فصل رشد از هیچ‌گونه کود شیمیایی استفاده نشد. در پایان فصل رشد جهت محاسبه عملکرد و اجزای آن با حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌های باقی‌مانده از هر دو گیاه در هر کرت برداشت و صفاتی مانند وزن هزار دانه، تعداد کپسول یا غلاف در بوته، تعداد بذر در کپسول یا غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت ثبت شد.

به‌منظور تعیین مزیت کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین استفاده شد. نسبت برابری زمین، میزان زمین لازم برای تک‌کشتی‌ها را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند و به بیانی ساده‌تر این معیار تعیین می‌کند که در حالت تک‌کشتی چه میزان زمین لازم است تا محصولی معادل محصول تولیدشده از یک هکتار کشت مخلوط تولید شود (Javanshir *et al.*, 2000). این شاخص مجموع عملکردهای نسبی گونه‌های مخلوط است که با استفاده از معادله‌های (۱) و (۲) محاسبه شد.

$$LER = RY1 + RY2 \quad (۱)$$

$$RY = \frac{Y_i}{Y_m} \quad (۲)$$

که در آن، Yi= عملکرد گونه i در مخلوط و Y_m= عملکرد همان‌گونه در تک‌کشتی می‌باشد.

جهت انجام تجزیه‌های آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SAS v 9.0 استفاده شد. جهت مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد (Soltani, 2006).

نتایج و بحث

کنجد

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه کنجد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ترکیب کشت مخلوط قرار گرفت ($p\leq0.01$) (جدول ۱). ارزیابی میانگین اثرات ترکیب کشت مخلوط نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمارهای 25s75b، 100s، 50s50b، 75s25b و 100s10b به‌ترتیب با ۳/۶۹، ۳/۵۶، ۳/۵۰، ۳/۴۹ و ۳/۴۱ گرم حاصل شد. کمترین میزان وزن هزار دانه کنجد نیز در تیمارهای 10s100b، 20s100b، 30s100b مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهند که کشت مخلوط جایگزینی وزن هزار دانه بیشتری را به همراه داشته است. آبراهام و سینگ (Abraham and Singh, 1984) دریافتند که کشت ردیفی هریک از چهار گونه بقولات یکساله (لوبیا چشم بلبلی علوفه‌ای، لوبیا چشم بلبلی دانه‌ای، ماش سبز و سویا) با سورگوم باعث افزایش عملکرد نسبت به کشت خالص سورگوم شدند. قرارگیری صحیح هر بوته در کشت مخلوط جایگزینی بر اساس استفاده بهینه از منابع، منجر به استفاده بهتر از منابع و جلوگیری از رقابت درون و

بین‌گونه‌ای می‌شود، این در حالی است که در کشت مخلوط افزایشی، با افزایش حضور گونه‌ها، محدودیت منابع ایجاد شده و به همین دلیل رقابت برای جذب منابع بین بوته‌های موجود در کشت مخلوط بیشتر می‌شود که این امر می‌تواند منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان موجود در این گونه شرایط شود. ضمن اینکه با افزایش تراکم کنجد و لوبیا در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی از میزان وزن هزار دانه کاسته شده است (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of sesame

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد ماده خشک DM yield	عملکرد اقتصادی دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.18^{ns}	21.06^{ns}	22.51^{ns}	70702.91^{ns}	0.08^{ns}	0.02^{ns}	9.46^{ns}
فاکتور A Factor A	1	0.27^{ns}	41.66^{ns}	77.06^{ns}	255714.81*	0.03^{ns}	0.08**	69.87**
خطای A Error A	2	0.01	2.46	53.81	33953.61	0.14	0.02	3.58
فاکتور B Factor B	9	2.30**	129.93**	139.69*	403794.81**	6.58**	1.05**	239.26**
A*B	9	0.10^{ns}	11.18^{ns}	52.10^{ns}	44514.37^{ns}	0.07^{ns}	0.006^{ns}	11.82^{ns}
خطا Error	36	0.11	17.52	53.72	48841.10	0.10	0.007	8.97

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری می‌باشند.

فاکتور اصلی A: روش‌های کاشت و فاکتور فرعی B: ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط

**، * and ns, significant risk of 0.01, 0.05 and ns are not significant, respectively.

A factor: cropping system and B factor: intercropping proportions.

بررسی بین اثر متقابل کشت خالص کنجد و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی نشان داد که وزن هزار دانه در کشت مخلوط جایگزینی تفاوت معنی‌داری با کشت خالص کنجد نداشت، این در حالی بود که این مقدار در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی، به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص در هر دو روش کاشت درهم و ردیفی کاهش پیدا کرد (جدول ۳). با توجه به ارتفاع بلندتر کنجد نسبت به لوبیا و جذب بهتر نور به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط جایگزینی آرایش منظم گیاهان منجر به ایجاد شرایط بهتر برای جذب نور و در نتیجه فتوسنتز بیشتر در کنجد شده باشد، در حالی‌که در کشت درهم ممکن است به دلیل عدم وجود آرایش منظم و افزایش رقابت درون‌گونه‌ای از میزان تولید گیاه کاسته شود (جدول ۲). نداکیدمی (Ndakydmy, 2006) بیان کرد که هدف از کشت مخلوط در سیستم‌های زراعی، بهینه‌سازی استفاده از فضا، زمان و منابع فیزیکی در هر دو قسمت بالا و پایین سطح خاک، از طریق به حداکثر رساندن ارتباطات مثبت و به حداقل رساندن ارتباطات منفی در بین اجزا می‌باشد؛ بنابراین برای رسیدن به این هدف آرایش صحیح گیاهان موجود در کشت مخلوط می‌تواند بسیار مفید باشد. به‌طورکلی، بیشترین پتانسیل یک سیستم مخلوط هنگامی نمایان می‌شود که رقابت درون و بین‌گونه‌ای برای منابع موجود در کمترین مقدار ممکن باشد و یا مجموع رقابت بین‌گونه‌ای برای کسب منابع از مجموع رقابت درون‌گونه‌ای کمتر باشد (Putnam *et al.*, 1992).

تعداد کپسول در بوته

تعداد کپسول در هر بوته در کشت‌های ردیفی و درهم تفاوتی معنی‌داری را از خود نشان ندادند، این در حالی است که نوع کشت مخلوط اثر معنی‌داری را بر این صفت داشت ($p\leq0.01$) (جدول ۱).

جدول ۲- اثر نوع کشت مخلوط بر تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت کنجد

Table 2- Effect of cropping system on the number of seeds per plant, seed yield and harvest index of sesame

نوع کشت Cropping system	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد اقتصادی Seed yield ($t.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
کشت ردیفی Row planting	972.90a	0.93a	28.05a
کشت درهم Mixed planting	842.33b	0.85b	25.89b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test (α=0.05).

جدول ۳- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

Table 3- The effect of different intercropping treatments on yield and yield components of sesame

تیمارهای کشت مخلوط Intercropping treatments	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد ماده خشک DM yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
100s	3.56ab	29.66a	42.50ab	1254.7a	4.32a	1.37a	31.83ab
25s75b	3.69a	29.66a	43.5a	1280.2a	2.15d	0.62e	29.51b
50s50b	3.50abc	30.83a	40.00abc	1232.8a	2.76c	0.84d	30.95ab
75s25b	3.49abc	30.00a	33.00bc	971.5b	3.51b	1.18c	33.62a
100s10b	3.41abc	20.50b	41.00ab	845.2bc	4.22a	1.31ab	31.12ab
100s20b	2.99c	23.16b	33.00bc	770bc	4.29a	1.26bc	29.57b
100s30b	3.13bc	20.16b	30.33c	609.3c	4.10a	1.18c	29.04b
10s100b	2.16d	21.66b	33.00bc	719.7bc	1.43e	0.25g	17.64c
20s100b	2.16d	21.16b	32.83bc	685bc	2.22d	0.41f	18.69c
30s100b	2.23d	20.50b	34.50abc	707.8bc	2.87c	0.50f	17.75c

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

تیمارهای کشت مخلوط شامل: کشت خالص کنجد (100s)، ۲۵٪ کنجد–۷۵٪ لوبیا (25s75b)،۵۰٪ کنجد– ۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنجد–۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰٪ کنجد– ۱۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنجد– ۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنجد–۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰٪ کنجد–۱۰۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰٪ کنجد– ۱۰۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنجد– ۱۰۰٪ لوبیا (30s100b).

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test (α=0.05).
Intercropping treatments include pure sesame (100s), 25% -75% sesame bean (25s75b), 50% -50% sesame bean (50s50b), 75% -25% sesame bean (75s25b), 100% Sesame -10% bean (100s10b), 100% -20% sesame bean (100s20b), 100% -30% sesame bean (100s30b), 10% -100% sesame bean (10s100b), 20% -100% sesame bean (20s100b), 30% -100% sesame bean (30s100b).

بیشترین تعداد کپسول در بوته به‌ترتیب در تیمارهای 50s50b، 75s25b، 100s و s75b۲۵ به‌ترتیب با میانگین ۳۰/۸۳، ۳۰/۰۰، ۲۹/۶۶ و ۲۹/۶۶ عدد به‌دست آمد (جدول ۳). در آزمایشی که اسدی (Asadi, 2006) بر روی کشت مخلوط کنجد و لوبیا انجام داد بیشترین تعداد کپسول در گیاه از نسبت ۱:۱ و کمترین آن از نسبت ۳:۳ به‌دست آمد. درواقع بیشترین تعداد کپسول در بوته در تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط جایگزینی به‌دست آمد و تیمارهای مربوط به کشت مخلوط افزایش مقادیر کمتری را نشان دادند. افزایش رقابت بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط افزایشی و محدودیت منابع در نتیجه افزایش تراکم، می‌توانند از دلایل این امر باشند. غفلتی (Gheflati, 1994) نیز در آزمایشی که بر روی چهار رقم کنجد انجام داد مشاهده کرد که با افزایش تراکم از تعداد شاخه و تعداد کپسول در هر گیاه کاسته می‌شود.

تعداد دانه در کپسول

تعداد دانه در کپسول به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ترکیب کشت مخلوط قرار گرفت ($p\leq0.05$)، اما روش کشت و اثر متقابل آن با کشت مخلوط، تأثیر معنی‌داری را به همراه نداشت (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیشترین تعداد دانه در کپسول به تیمارهای 25s75b، 100s و 100s10b تعلق داشت (جدول ۳). در مطالعه‌ای که پورامیر و همکاران (Pooramir *et*

al., 2009) انجام دادند، در بین نسبت‌های کاشت، تیمار ۷۵٪ نخود +۲۵٪ کنجد با ۶۰/۳ بیشترین دانه در هر کپسول را دارا بود؛ اما بین تیمارهای ۵۰٪ نخود +۵۰٪ کنجد و ۲۵٪ نخود +۷۵٪ کنجد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع کشت قرار گرفت ($p\leq0.05$) (جدول ۱). به‌طوری‌که کشت ردیفی با تعداد ۹۷۲/۹۰ عدد دانه در هر بوته تفاوت معنی‌داری با کشت درهم با تعداد ۸۴۲/۳۳ عدد دانه در بوته نشان داد (جدول ۲). علت این امر را می‌توان بهره‌برداری بهتر از منابع در نتیجه آرایش فضایی بهتر دانست. ماندال و همکاران (Mandela *et al.*, 2000) گزارش کردند که گونه‌هایی که در کشت مخلوط در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند برای منابع محدود باهم رقابت می‌نمایند و برای به حداقل رساندن این رقابت باید به عواملی از قبیل تراکم، نسبت اجزاء در مخلوط و آرایش فضایی توجه کرد. علاوه بر این کشت مخلوط نیز تفاوت معنی‌داری را در تعداد دانه هر گیاه ایجاد کرد ($p\leq0.01$). به‌این‌ترتیب که بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمارهای 25s75b، 100s30b و 50s50b مشاهده شد (جدول ۳).

عملکرد ماده خشک

روش کشت تأثیر معنی‌داری را روی عملکرد ماده خشک کنجد نداشت، اما ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری را از این نظر ایجاد کرد ($p\leq0.01$). علاوه بر این، اثر متقابل روش کشت و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط اثر معنی‌داری را روی عملکرد ماده خشک نداشت (جدول ۱). نتایج نشان داد که روند تغییرات عملکرد ماده خشک در تیمارهای مختلف از روند یکسانی پیروی کرد به‌این‌ترتیب که کشت خالص کنجد و تیمارهای کشت مخلوط افزایشی که در آنها کنجد به‌عنوان کشت اصلی در نظر گرفته‌شده بود، عملکرد ماده خشک در بالاترین مقدار و در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی که در آن لوبیا به‌عنوان کشت اصلی در نظر گرفته‌شده بود عملکرد ماده خشک کنجد متناسب با میزان سهم آن در کمترین مقدار خود بود (جدول ۳). این امر دور از ذهن نبود، البته این احتمال هم وجود داشت که در شرایط کشت‌افزایشی به دلیل افزایش رقابت، بر میزان عملکرد ماده خشک گیاه افزوده شود که این امر محقق نشد.

عملکرد اقتصادی دانه

ترکیب کشت مخلوط دارای تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اقتصادی بود ($p\leq0.01$). علاوه بر این، اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نیز اثر معنی‌داری را بر عملکرد اقتصادی به همراه داشت ($p\leq0.05$) (جدول ۱). بررسی اثر روش کاشت نشان داد که روش کشت ردیفی با مقدار ۰/۹۳ تن در هکتار، عملکرد اقتصادی بیشتری را در مقایسه با کشت مخلوط درهم با مقدار ۰/۸۵ تن در هکتار دارا بود (جدول ۲). مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در کشت خالص کنجد و پس‌ازآن در تیمار 100s10b، 100s20b، 100s30b مشاهده شد. کمترین میزان عملکرد دانه نیز در تیمار 10s100b مشاهده شد (جدول ۳). مقایسه نتایج به‌دست‌آمده در مورد عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه کنجد نشان می‌دهد که با وجود عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای 100s، 100s10b، 100s20b و 100s30b در صفت عملکرد ماده خشک، در مورد صفت عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ذکر شده مشاهده شد و با افزایش حضور لوبیا در کنار کنجد، از میزان عملکرد دانه آن کاسته شد. این عدم تقارن تولید نشان‌دهنده تغییر تخصیص مواد بین قسمت‌های زایشی و رویشی گیاه در شرایط رقابت با لوبیا بود. مطالعات کار و همکاران (Carr *et al.*, 2004) نشان داد که کاهش رقابت برای منابع در کشت مخلوط بادام‌زمینی[1] و لوبیا چشم بلبلی، باعث افزایش محصول بادام‌زمینی شد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر روش کشت و ترکیب کشت و مخلوط قرار گرفت ($p\leq0.01$) (جدول ۱). شاخص برداشت روش کشت ردیفی بیشتر از روش درهم بود (جدول ۲). بررسی مقدار شاخص برداشت در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیشترین مقدار شاخص برداشت در کشت مخلوط جایگزینی s25b۷۵ به‌دست آمد. هرچند تیمارهای s۱۰۰، 100s10b و 50s50b نیز با این تیمار اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما حضور تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی در این میان نشان از رشد و نمو متناسب گیاه در طول فصل رشد و اختصاص متناسب مواد در راستای تولید دانه در شرایط تراکم و ترکیب متناسب بود (جدول ۳).

لوبیا

وزن هزار دانه

نوع کشت تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه لوبیا داشت ($p\leq0.01$). به‌طوری‌که وزن هزار دانه لوبیا در کشت ردیفی و درهم معادل ۱۶۲/۷۶ و ۱۵۰/۴۸ گرم بود (جدول‌های ۴ و ۵). نوع ترکیب در کشت مخلوط نیز اثری معنی‌دار بر وزن هزار دانه لوبیا داشت ($p\leq0.01$) (جدول ۴). مقایسه میانگین وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در

1- *Arachis hypogaea*

تیمارهای 100b و 25s75b، 10s100b، به‌ترتیب با مقادیر ۲۰۹/۷۹، ۲۰۲/۰۵ و ۱۹۸/۱۰ گرم مشاهده شد (جدول ۶).

توجه به مقدار میانگین وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان می‌دهد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط جایگزینی مشاهده شد (جدول ۶). چیفتچی و اولکر (۲۰۰۵) در آزمایشی کشت‌های مخلوط عدس، جو و گندم (۹۰٪ عدس+۱۰٪ گندم یا جو، ۸۰٪ عدس+۲۰٪ گندم یا جو و ۷۰٪ عدس + ۳۰٪ گندم یا جو) را در دو منطقه (ون، ارسیس) واقع در ترکیه بررسی کردند و گزارش کردند که بالاترین عملکرد دانه برای هرکدام از گیاهان در کشت خالص آنها به‌دست آمد. علاوه بر این، در کشت مخلوط جایگزینی با افزایش سهم کنجد از میزان وزن هزار دانه لوبیا کاسته شد. با توجه به ارتفاع بیشتر و همچنین توان رقابتی بیشتر کنجد نسبت به لوبیا، افزایش سهم کنجد احتمالاً به‌خاطر استفاده بهتر این گیاه از منابع باشد که تأثیر منفی در پر شدن دانه لوبیا داشته باشد. در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی نیز با افزایش مقدار گیاهان در واحد سطح و به‌خصوص افزایش سهم کنجد، از میزان وزن هزار دانه لوبیا کاسته شد (جدول ۶).

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا

Table 4- Analysis of variance (mean of square) for yield and yield components of bean

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Degrees of freedom	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد ماده خشک DM Yield	عملکرد اقتصادی دانه Economic seeds yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	88.65^{ns}	4.61^{ns}	0.81^{ns}	443.61^{ns}	0.13^{ns}	0.04^{ns}	29.29^{ns}
فاکتور A Factor A	1	2263.10*	9.60^{ns}	0.60^{ns}	0.26^{ns}	0.96**	0.14**	6.78^{ns}
خطای A Error A	2	288.05^{ns}	3.05^{ns}	1.05^{ns}	362.71^{ns}	0.03^{ns}	0.01^{ns}	48.26^{ns}
فاکتور B Factor B	9	15590.87**	77.51**	4.60**	3653.37**	8.97**	1. 19**	187.15**
A*B	9	77.09^{ns}	4.78^{ns}	0.41^{ns}	94.82^{ns}	0.16	0.02**	9.02^{ns}
خطا Error	36	222.79	2.53	0.72	195.77	0.10	0.005	18.65

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری می‌باشند.

فاکتور اصلی A: روش‌های کاشت و فاکتور فرعی B: ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط

**، * and ns, significant risk of 0.01, 0.05 and ns are not significant, respectively.

A factor: cropping system and B factor: intercropping proportions.

جدول ٥- اثر نوع کشت مخلوط بر وزن هزار دانه و عملکرد ماده خشک لوبیا

Table 5- Effect of cropping system on the weight of 1000- seed and dry matter yield of bean

نوع کشت Planting system	عملکرد ماده خشک DM yield (t.ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
کشت ردیفی Row planting	2.43a	162.76a
کشت درهم Mixed planting	2.18b	150.48b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test (α=0.05).

جدول ٦- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا

Table 6- The effect of different intercropping treatments on yield and yield components of bean

تیمارهای کشت مخلوط Intercropping treatments	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد اقتصادی دانه Seed yield	عملکرد ماده خشک DM yield	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
100 b	33.97a	4.25a	92.66a	4.83a	19.33a	223.13a	100s
25s75b	35.84a	2.75c	76.5ab	4.16a	18.16a	205.39a	25s75b
50s50b	36.48a	1.99d	61.83b	3.83abc	16.16b	180.53b	50s50b
75s25b	36.04a	1.03e	61.5b	4.00ab	15.5b	176.23b	75s25b
100s10b	24.45b	3.58b	34.66c	3.00bcd	11.66cd	104.32c	10s100b
100s20b	23.51b	3.10c	28.16c	2.5d	11.33cd	94.52c	20s100b
100s30b	21.99b	3.04c	18.83c	2.16d	8.66e	68.81d	30s100b
10s100b	33.88a	0.59f	36.00c	2.83cd	12.5c	116.44c	100s10b
20s100b	31.58a	1.00e	30.66c	2.66d	11.33cd	106.43c	100s20b
30s100b	33.09a	1.70d	26.83c	2.66d	10.00de	62.14d	100s30b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

تیمارهای کشت مخلوط شامل: کشت خالص لوبیا (100b)، ۲۵٪ کنجد–۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنجد–۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنجد–۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰٪ کنجد–۱۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنجد–۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنجد–۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰٪ کنجد–۱۰۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰٪ کنجد–۱۰۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنجد–۱۰۰٪ لوبیا (30s100b).

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test (α=0.05).
Intercropping treatments include bean monoculture (100b), 25% -75% sesame bean (25s75b), 50% -50% sesame bean (50s50b), 75% -25% sesame bean (75s25b), 100% Sesame -10% bean (100s10b), 100% -20% sesame bean (100s20b), 100% -30% sesame bean (100s30b), 10% -100% sesame bean (10s100b), 20% -100% sesame bean (20s100b), 30% -100% sesame bean (30s100b).

تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته تنها تحت تأثیر روش کشت مخلوط قرار گرفت ($p\leq0.01$) (جدول ۴). بیشترین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر تیمارهای 100b و 25s75b به‌ترتیب با مقادیر ۱۹/۳۳ و ۱۸/۱۶ عدد در هر بوته مشاهده شد. پس‌ازاین تیمارها نیز بیشترین غلاف در بوته در تیمارهای 50s50b و 75s50b بدون وجود اختلاف معنی‌دار، مشاهده شد. همانند وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته نیز در تیمارهای کشت خالص لوبیا و کشت مخلوط جایگزینی بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند و در کشت مخلوط افزایشی با افزایش حضور کنجد در ترکیب کشت مخلوط با روند معنی‌دار از تعداد غلاف در هر بوته لوبیا کاسته شد (جدول ۶). افزایش رقابت در تیمارهای مربوط به کشت مخلوط جایگزینی را می‌توان از دلایل این امر دانست. مظاهری و همکاران (Mazaheri *et al.*, 2002) بیان نمودند که با افزایش تراکم در سویا، تعداد غلاف در بوته به دلیل رقابت درون‌گونه‌ای به‌شدت کاهش یافت. در کشت مخلوط زیره و عدس نیز، عدس بیشترین تعداد غلاف را در کشت مخلوط دارا بود که دلیل آن کاهش رقابت درون‌گونه‌ای ذکر شده است (Jahani *et al.*, 1999).

تعداد دانه در غلاف

اثر تیمارهای مختلف مربوط به کشت مخلوط بر تعداد دانه در غلاف تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($p\leq0.01$) (جدول ۴). به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمارهای 100b، 25s75b، 50s50b و 75s50b به‌ترتیب با مقادیر ۴/۸۳، ۴/۱۶، ۴/۰۰ و ۳/۸۳ عدد دانه در غلاف مشاهده شد. تیمارهای کشت مخلوط افزایشی نیز در مرتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۶).

تعداد دانه در بوته

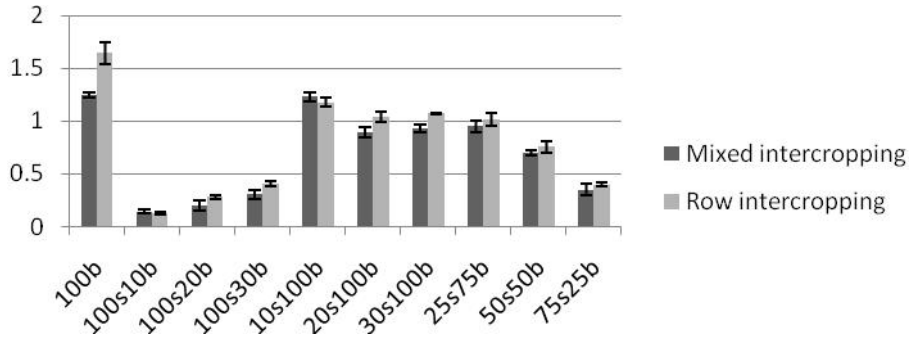
همانند سایر خصوصیات مرتبط با تعداد دانه لوبیا، تعداد دانه در بوته نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفتند ($p\leq0.01$) (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در بوته به تیمارهای 100b و 25s75b به‌ترتیب با مقادیر ۹۲/۶۶ و ۷۶/۵۰ عدد دانه در بوته و پس‌ازآن به تیمارهای 50s50b و 75s50b به‌ترتیب با مقادیر ۶۱/۸۳ و ۶۱/۵۰ عدد دانه در بوته تعلق داشت. در تمامی صفات مرتبط با تعداد دانه و از جمله تعداد دانه در بوته، بیشترین تعداد دانه در تیمارهای کشت خالص و پس‌ازآن کشت مخلوط جایگزینی مشاهده شد. کمترین تعداد دانه نیز در تیمارهای مربوط به کشت مخلوط افزایشی و با افزایش حضور کنجد مشاهده شد. بیشتر بودن توان رقابتی کنجد نسبت به لوبیا و در نتیجه کاهش نمود لوبیا در نتیجه رقابت حاصل از حضور کنجد را می‌توان از دلایل این امر دانست (جدول ۶).

عملکرد ماده خشک

مقدار عملکرد ماده خشک لوبیا در کشت ردیفی (با میانگین ۲/۴۳ تن در هکتار) بیشتر از کشت در هم (با میانگین ۲/۱۸ تن در هکتار) بود که این تفاوت معنی‌دار بود ($p\leq0.01$) (جدول ۴ و ۵). علاوه بر این ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نیز دارای تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک لوبیا بودند ($p\leq0.01$) (جدول ۴). بیشترین مقدار عملکرد ماده خشک لوبیا در تیمار 100b مشاهده شد و پس‌ازآن تیمار s100b۱۰ در رتبه‌های بعدی قرار داشت. کمترین میزان عملکرد ماده خشک نیز در تیمار 100s10b مشاهده شد. به‌طورکلی بررسی روند تغییرات ماده خشک لوبیا نشان داد که با کاهش سهم لوبیا در کشت مخلوط از میزان ماده خشک آن نیز کاسته شد (جدول ۶).

عملکرد اقتصادی دانه

روش کشت، ترکیب کشت مخلوط و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اقتصادی لوبیا داشتند ($p\leq0.01$). علاوه بر این، اثر متقابل روش کشت و ترکیب کشت مخلوط نیز با سطح احتمال $p\leq0.01$ بر عملکرد اقتصادی لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۴). به‌طورکلی، عملکرد لوبیا در کشت خالص (چه به‌صورت ردیفی و چه به‌صورت درهم) بیشتر از کشت مخلوط بود. در مطالعه علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2009)، اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد اقتصادی لوبیا معنی‌دار بود و بالاترین عملکرد دانه را کشت خالص لوبیا دارا بود. علاوه بر این، بررسی تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان داد که هم در کشت جایگزینی و هم در کشت‌افزایشی با افزایش سهم کنجد از میزان عملکرد لوبیا کاسته شد که این امر نشان‌دهنده تأثیر رقابت حاصل از حضور کنجد در کنار کاهش سطح زیر کشت لوبیا است (شکل ۱). در آزمایش که حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2003) بر روی کشت مخلوط ارزن علوفه‌ای و لوبیا چشم بلبلی انجام دادند، مشاهده شد که با کاهش درصد لوبیا چشم بلبلی در مخلوط، عملکرد آن کاهش یافت. آنها دلیل این کاهش را علاوه بر کاهش سطح زیر کشت لوبیا چشم بلبلی در مخلوط متضرر شدن لوبیا چشم بلبلی در مقابل ارزن علوفه نیز عنوان کردند.



شکل ۱- اثر متقابل روش کشت و ترکیب کشت مخلوط بر عملکرد دانه لوبیا

تیمارهای کشت مخلوط شامل: کشت خالص لوبیا (100b)، ۲۵٪ کنجد-۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنجد- ۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنجد-۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰٪ کنجد- ۱۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنجد-۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنجد-۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰٪ کنجد- ۱۰۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (30s100b). خطوط عمودی نشان‌دهنده خطای معیار (Standard Error= SE) می‌باشد.

Figure 1- Interaction between cropping system and intercropping treatments on seed yield of bean

Intercropping treatments include: bean monoculture (100b), 25% -75% sesame bean (25s75b), 50% -50% sesame bean (50s50b), 75% -25% sesame bean (75s25b), 100% Sesame -10% bean (100s10b), 100% -20% sesame bean (100s20b), 100% -30% sesame bean (100s30b), 10% -100% sesame bean (10s100b), 20% -100% sesame bean (20s100b), 30% -100% sesame bean (30s100b). Vertical bars represent Standard Error (SE).

شاخص برداشت

شاخص برداشت لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط قرار گرفت، به‌طوری‌که تیمارهای افزایشی که در آن کنجد به‌عنوان کشت اصلی بود و لوبیا با درصدهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به آن اضافه می‌شد کمترین شاخص برداشت و سایر تیمارها در گروه بیشترین شاخص برداشت بودند (جدول‌های ۴ و ۶).

نسبت برابری زمین

نسبت جزئی برابری زمین کنجد و لوبیا و همچنین نسبت کل برابری زمین در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری ($p\leq0.01$) تحت تأثیر نوع کشت و ترکیب‌های مختلف در کشت مخلوط قرار گرفت، این در حالی بود که اثر متقابل روش کشت و ترکیب کشت مخلوط،

تفاوت معنی‌داری را روی نسبت برابری زمین در لوبیا، کنجد و کشت مخلوط نشان ندادند (جدول ۷). به‌طورکلی، نسبت جزئی برابری زمین کنجد و لوبیا و همچنین نسبت برابری زمین کل، در کشت ردیفی بیشتر از کشت درهم بود (جدول ۸). این امر کارایی بیشتر کشت مخلوط ردیفی در نتیجه آرایش صحیح و استفاده بهتر از منابع را نشان می‌دهد. علاوه بر این مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نشان داده در مورد کنجد و لوبیا، تیمارهایی که این گیاهان به‌عنوان کشت اصلی بوده و همچنین تیمارهای حاوی کشت مخلوط جایگزینی دارای بیشترین مقادیر بودند. به‌طورکلی در کشت مخلوط جایگزینی و همچنین کشت مخلوط افزایشی که در آن لوبیا به‌عنوان گیاه اصلی و درصد حضور کنجد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد افزایش می‌یافت، با افزایش سهم کنجد، بر نسبت جزئی برابری زمین آن نیز افزوده شد. در کشت مخلوط افزایشی که کنجد با تراکم معمول کشت می‌شد و نسبت‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد لوبیا به آن افزوده شد، با افزایش درصد حضور لوبیا از نسبت جزئی برابری زمین کنجد کاسته شد که این امر می‌تواند به دلیل افزایش رقابت بین گیاهان باشد. نکته قابل‌توجه در مورد نسبت جزئی برابری زمین در کشت‌های مخلوط جایگزینی و افزایشی که در آنها لوبیا کشت اصلی بود و نسبت‌هایی از کنجد به آن اضافه می‌شد این بود که نسبت برابری زمین در تمامی این ترکیب‌ها از درصد حضور کنجد در کشت مخلوط بیشتر بود. به نظر می‌رسد در این ترکیب‌ها حضور لوبیا توانسته تأثیرات مثبتی را بر کنجد داشته باشد که احتمالاً خاصیت تثبیت‌کنندگی نیتروژن توسط ریشه‌های لوبیا می‌تواند یکی از دلایل اصلی این امر باشد. عباسی علی کمر (Abbasi Ali Kamar, 2004) در مطالعه‌ای که بر روی کشت مخلوط زیره سبز و نخود انجام داد، اظهار داشت که کشت مخلوط تأثیر مثبتی بر روی زیره داشت، زیرا باوجود کاهش نسبت حضور آن در کشت مخلوط، افزایش عملکرد آن ملموس بود؛ اما گیاه زیره اثر مثبت یا منفی بر روی گیاه نخود در کشت مخلوط نداشت و با کاهش نسبت تراکمی نخود در کشت مخلوط، عملکرد آن تقریباً به‌صورت خطی کاهش یافت.

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین (LER) در تیمارهای مختلف کشت مخلوط کنجد و لوبیا

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) for land equivalent ratio (LER) in different treatments of sesame and bean

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Degrees of freedom	LER جزئی کنجد Slight Sesame LER	LER جزئی لوبیا Slight Bean LER	LER کشت مخلوط Intercropping LER
بلوک Block	2	0.06**	0.001 ns	0.07**
فاکتور A Factor A	1	0.05**	0.03**	0.17**
خطای A Error A	2	0.01*	0.005 ns	0.007 ns
فاکتور B Factor B	8	0.53**	0.57**	0.013**
A*B	8	0.002 ns	0.003 ns	0.007 ns
خطا Error	32	0.003	0.002	0.005

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری می‌باشند.

فاکتور اصلی A: روش‌های کاشت و فاکتور فرعی B: ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط

**, * and ns, significant risk of 0.01, 0.05 and ns are not significant, respectively.

A factor: cropping system and B factor: intercropping proportions.

در مورد نسبت برابری زمین کل تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند، علاوه بر این، در تمامی تیمارهای آزمایش نسبت برابری زمین کل، بیشتر از عدد یک بود (جدول ۹). چیفتچی و اولکر (۲۰۰۵) در آزمایش خود روی تیمارهای مختلف کشت مخلوط عدس، جو و گندم نشان دادند که بیشترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط به‌دست آمد. در آزمایشی بر روی کشت مخلوط کنجد و بادام‌زمینی گزارش شده که تمامی تیمارهای کشت مخلوط دارای نسبت برابری زمین بالاتر از یک بودند (Cercarr and Kondo, 2001). جهان (Jahan *et al.*, 2008) نیز در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط بابونه و همیشه‌بهار انجام داد بیان داشت که نسبت برابری زمین در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. علاوه بر این، چن و همکاران (Chen *et al.*, 2004) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط جو و نخود انجام دادند مشاهده کردند که کشت مخلوط نیاز کودی به نیتروژن را کاهش داده و عملکرد ماده خشک بالاتر و نسبت برابری زمین بیشتری در مقایسه با تک‌کشتی ایجاد کرد. لی و همکاران (Li *et al.*, 2001) با مقایسه

کشت مخلوط گندم و ذرت با کشت خالص هر دو گیاه مشاهده کردند که عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود. آنها این افزایش عملکرد را ناشی از بهبود جذب مواد غذایی در مخلوط دانستند. استفاده بهتر از منابع در نتیجه کشت مخلوط را می‌توان از دلایل این امر دانست.

جدول ۸- اثر نوع کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین جزئی و کل کنجد و لوبیا

Table 8- Effect of intercropping system on partial and total land equivalent ratio of sesame and bean

نوع کشت Planting system	LER جزئی لوبیا Partial LER of bean	LER جزئی کنجد Partial LER of sesame	LER کل Total LER
کشت ردیفی Row planting	0.54a	0.64a	1.19a
	0.49b	0.58b	1.08b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test (α=0.05).

جدول ۹- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین جزئی و کل کنجد و لوبیا

Table 9- Effect of intercropping treatments on partial and total land equivalent ratio of sesame and bean

تیمار کشت مخلوط Intercropping treatments	LER جزئی لوبیا Partial LER of bean	LER جزئی کنجد Partial LER of sesame	LER کل Total LER
25s75b	0.77b	0.45d	1.22a
50s50b	0.57c	0.62c	1.19ab
75s25b	0.29d	0.86b	1.15abc
100s10b	0.10f	0.96a	1.06c
100s20b	0.18e	0.92ab	1.11bc
100s30b	0.28d	0.86b	1.14abc
10s100b	0.94a	0.18f	1.13abc
20s100b	0.76b	0.30e	1.06c
30s100b	0.78b	0.37e	1.15abc

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

تیمارهای کشت مخلوط شامل: کشت خالص لوبیا (100b)، ۲۵٪ کنجد–۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنجد–۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنجد–۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰٪ کنجد–۱۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنجد–۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنجد–۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰٪ کنجد–۱۰۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰٪ کنجد–۱۰۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنجد–۱۰۰٪ لوبیا (30s100b).

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test (α=0.05).

Intercropping treatments include: bean monoculture (100b), 25% -75% sesame bean (25s75b), 50% -50% sesame bean (50s50b), 75% -25% sesame bean (75s25b), 100% Sesame -10% bean (100s10b), 100% -20% sesame bean (100s20b), 100% -30% sesame bean (100s30b), 10% -100% sesame bean (10s100b), 20% -100% sesame bean (20s100b), 30% -100% sesame bean (30s100b).

نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نتایج نشان داد که عملکرد کنجد و لوبیا در کشت خالص نسبت سایر ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر بود، با این‌وجود بیشترین نسبت برابری زمین در تیمارهای مربوط به کشت مخلوط مشاهده شد. این امر امکان بهره‌برداری بیشتر از واحد سطح را در کشت مخلوط نشان می‌دهد. مقایسه بین روش کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی نیز نشان می‌دهد که در کشت مخلوط جایگزینی نسبت برابری زمین بیشتری به‌دست آمد و درنتیجه بهره‌وری بیشتر از زمین حاصل آمد. همچنین، کشت ردیفی کارایی بیشتری را در مقایسه با کشت درهم از خود نشان داد.

References

1. Abbasi Ali Kamar, R. 2004. Evaluation of different culture cumin and chickpea mixture with emphasis on weed control in Mashhad,Thesis, Department of Agronomy. Tehran University. (in Persian with English abstract).
2. Abraham, C. T., and Singh, S. P. 1984. Weed management in sorghum-legume intercropping systems. Journal of Agricultural Science 103: 103-115.
3. Akmal, M., and Janssens, M. J. J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crops Research 88: 143-155.
4. Alizadeh, Y., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of intercropping

beans and basil on yield and weed control. Master Thesis. College of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
5. Awal, M., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74-83.
6. Carr, P. M., Schatz, B. G., Gardner, J. C., and Zwinger, S. F. 1992. Intercropping sorghum and pinto bean in cool semi-arid region. Agronomy Journal 84: 810-812.
7. Chen, C., Westcott, M., Neill, K., Wichman, D., and Knox, M. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley–pea intercropping in Montana. Agronomy Journal 96: 1730-1738.
8. Çiftçi, V., and Ulker, M. 2005. Effect of mixed cropping lentil with wheat and barley at different seeding ratios. Journal of Agronomy 4: 1-4.
9. Ebwongu, M., Adipala, E., Ssekabembe, C., Kyamanywa, S., and Bhagsari, A. 2001. Effect of intercropping maize and solanum potato on yield of the component crops in central Uganda. African Crop Science Journal 9: 83-96.
10. Gholdani, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2004. Effect of drought and sowing date on yield and yield components of rainfed and irrigated beans in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 2 (2): 229 to 239. (in Persian with English abstract).
11. Jahan, M. 2004. Ecological aspects of intercropping chamomile and calendula *Chamomilla matricaria* L. *Chalendula officinalis* L. with manure. Thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
12. Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholipour, M. 2000. Ecology of Intercropping (Translation). Publication of Jihad-e Daneshgahi of Masshad. (in Persian with English abstract).
13. Khajehpour, M. 2004. Industrial plants. Publication of Jihad-e Daneshgahi of Isfahan 0.580 Center's publications. (in Persian with English abstract).
14. Koocheki, A., and Zand, E. 1996. From the Viewpoint of Ecological Agriculture. Publication of Jihad-e Daneshgahi of Masshad. (in Persian with English abstract).
15. Koocheki, A., Zarif Ketabi, H., and Nakh Foroosh, A. 2001. Ecological Approaches to Weed Management. University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
16. Koocheki, A., Gholami, A., Tabrizi, L., and Mahdavi Damghani, A. 2005. Principles of biological agriculture (organic). University of Mashhad. (in Persian).
17. Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S., and Rengel, Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping: I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. Field Crops Research 71: 123-137.
18. Mushagalusa, G. N., Ledent, J. F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.
19. Najafi, A., and Ghafari, K. H. 2005. Evaluation of intercropping of maize and beans 704 single digits School of Business. Articles First National Conference beans. Research Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad. November 29-30. S144-146. (in Persian with English abstract).
20. Ndakidemi, P. A. 2006. Manipulating legume/cereal mixtures to optimize the above and below ground interactions in the traditional African cropping systems. African Journal of Biotechnology 5: 2526-2533.
21. Nezami, A., and Bagheri, A. 2005. The effect of cold tolerant chickpea genotypes characteristics of autumn and spring: phonological and morphological characteristics. Iranian Journal of Field Crop Research 3 (1): 143-155. (in Persian with English abstract).
22. Nielsen, H. H., Ambus, P., and Jensen, E. S. 2001. Interspecific competition N use and interference with weeds in pea– barley intercropping. Field Crop Research 70 (2): 101-109.
23. Pandita, A. K., Saha, M. H., and Bali, A. S. 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. Indian Journal of Agronomy 45: 48-53.
24. Pendleton, J. W., Bolen, C. D., and Seif, R. D. 1963. Alternating strips of corn and soybeans vs. sole planting. Agronomy Journal 55: 293-295.
25. Pitan, O. O. R., and Debiyi, G. A. O. 2001. The effect of intercropping with maize on the level of infestation and damaged by pod – sucking bugs in cowpea. Crop Protection 20: 367-372.
26. Pooramir, F., Koocheki, A., Nasiri Mahalatti, M., and Gorbani, R. 2010. Evaluation of yield and yield components in sesame and pea intercropping replacement series. Iranian Journal of Agricultural Research 8 (5): 757-747. (in Persian with English abstract).
27. Putnam, D. H., and Allen, D. L.1992. Mechanism for over yielding in sunflower-mustard intercrop. Agronomy Journal 84: 188-195.
28. Rangasamy, A., Krishamurti, V. V., Rajkannan, B., Iruthagaraj, M. R., and Ajyaswamy, M. 1988. Intercropping of rows of green gram in cotton. Seed and Farms 14 (4): 20-23.
29. Rezvani Moghaddam, P., Norooz pour, G., Nabati, J., and Mohammad Abadi, A. 2005. Morphological characteristics, grain yield and sesame oil in plant density and irrigation intervals. Iranian Journal of Field Crops Research 3 (1): 57-68. (in Persian with English abstract).
30. Saxena, M. 1990. Problems and potential of chickpea production in the nineties. Chickpea in the Nineties,

Patancheru: ICRISAT. 13-25 p.
31. Shivaramu, H., and Shivashankar, K. 1994. A new approach of canopy architecture in assessing complementarity of intercrops. Indian Journal of Agronomy 39: 179-187.
32. Soltani, A. 2004. Revision of the application of statistical techniques in agricultural research. Press Mashhad SID. 55 p.
33. Thakur, N. S., Pannase, S. K., and Sharma, R. S. 2000. Production potential of gram (*Cicer arietinum*)-based intercropping systems under rainfed condition. Indian Journal of Agronomy 45: 534-539.
34. Walker, S., and Ogindo, H. O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. Physics and Chemistry of the Earth 28: 919-926.
35. Willey, R. 1990. Resource use in intercropping systems. Agricultural Water Management 17: 215-231.
36. Zougmor, R., Kambou, F. N., Ouattara, K., and Guillobez, S. 2000. Sorghum– cowpea intercropping; an effective technique againstrun off and soil erosion in the Sahel (Saria, Burkina Faso). Arid Soil Research and Rehabili 14: 329-342.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 3, Fall. 2017, p. 588-602

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۶۰۲-۵۸۸

Effect of Different Treatments of Mixed and Row Intercropping on Yield and Yield Components of Sesame and Bean

Sh. Ghale Noyee[1]- A. Koocheki[2*]- M. T. Naseri Poor Yazdi[3]- M. Jahan[4]

Received: 25-08-2015
Accepted: 07-09-2016

Introduction

Intercropping is a kind of multi-culture system where two or more plants are cultivated in a piece of land simultaneously. The aim of intercropping is optimizing the use of space, time and physical resources in both the top and under of the soil surface through maximizing positive relationship and minimizing negative relationship between the components of agricultural ecosystems. In intercropping due to better use of available resources such as land, labor, time, light, water and nutrients, as well as reducing damages caused by pests and diseases and socio-economic advantages, increase in production per unit area can be expected. In this study, yield and yield components of sesame and bean in additive and replacement intercropping with mixed and row planting type was evaluated and the possible advantages of intercropping to monoculture as well as the types of intercropping were compared.

Materials and Methods

This experiment was conducted in Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, located in 10 kilometers south-east of the city of Mashhad, Iran (*latitude* 36° 17′ N, longitude 59° 35′ E and 985 m elevation) in 2013 and 2014. Climate of the area is cold and dry. A Split-Plot experiment based on randomized complete block design with three replications was used with the factor of cropping system (as main plot) and intercropping proportions (as sub plot). The cropping system was included; mixed and row cropping and intercropping proportions were included; monoculture of bean (100b), 25% sesame- 75% bean (25s75b), 50% sesame- 50% bean (50s50b), 75% sesame- 25% bean (75s25b), monoculture of sesame (100s), 10% bean- 100% sesame (10b100s), 20% bean- 100% sesame (20b100s), 30% bean- 100% sesame (30b100s), 100% bean- 10% sesame (100b10s), 100% bean- 20% sesame (100b20s), and 100% bean- 30% sesame (100b30s). Planting was done using common varieties of the region (Esfarayen and Derakhshan varieties for sesame and bean, respectively). Hand-weeding method was used for controlling weeds. The first was done when most plants were, in the 6 leaf stage and in the height about 15cm, continued every 13 days until the growth of the canopy limited the growth of weeds. There was not used any fertilizer during the growing season. At the end of the growing season traits such as 1000 seed weight, number of capsules or pods per plant, number of seeds per capsule or pod, biological yield, seed yield and harvest index were recorded. In addition, the land equivalent ratio (LER) was calculated to determine the advantages of intercropping. Analysis of variance and Duncan's mean comparison were used for statistical analysis.

Results and Discussion

The results showed that intercropping had a significant effect on all traits, in sesame and bean. 1000 seed weigh, number of capsules or pods per plant, number of seeds per capsule or pod and harvest index in the treatments of 25s75b, 50s50b and 75s25b, were the highest amounts. Number of seed per plant, seed yield and

1- PhD student in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4- Associate Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: akoocha@um.ac.ir)

harvest index in sesame and 1000 seed weight, biological yield and seed yield in bean were affected by planting type which row planting had higher value than mixed planting. This can be due to better use of resources and avoid inter and intra species competition, in the circumstances stated above. The results showed that the total LER, LER of sesame, and LER of bean were higher in replacement intercropping planting than mixed planting. In addition, replacement intercropping had better performance in total LER, LER of sesame, and LER of bean, to additive intercropping. Also, total LER was more than 1 which highest values were observed in the treatments of 25s75b, 50s50b, 30s100b, 75s25b, 100s 30b and 10s100b (1.22, 1.19, 1.15, 1.15 and 1.14, respectively). It seems that better utilize of the growth resource in the inter cropping led to reach this result. The results showed that presence of bean in intercropping had positive effects on sesame, so that the symbiosis of bean roots with nitrogen-fixing bacteria could be the main reason.

Conclusions

In general, the results showed that seed yield of sesame and bean in monoculture were higher than other combinations of intercropping; However higher LER was observed in the treatments of intercropping. This shows more exploitation of unit area in intercropping. In addition, greater amount of LER in replacement intercropping than additive intercropping highlights the necessity of appropriate density of plants per unit area in the intercropping. Also row planting showed better performance compared with mixed planting that suggests the effect of planting correct arrangement for further exploitation of resources in the intercropping.

Keywords: Economical yield, Harvest index, Land equivalent ratio (LER), Multi-culture