



## تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annus L.*)، لوبیاقرمز (*Phaseolus calcaratus L.*) و کنجد (*Sesamum indicum L.*) بر عملکرد و اجزای عملکرد

علیرضا کوچکی<sup>۱</sup> - هادی زرقانی<sup>۲\*</sup> - علی نوروزیان<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۰

### چکیده

به منظور بررسی و مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان (*Helianthus annus L.*)، لوبیاقرمز (*Phaseolus calcaratus L.*) و کنجد (*Sesamum indicum L.*) بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ و ۹۰-۱۳۸۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار انجام شد. ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط شامل مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا (A)، مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه) (B)، مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) (C) و کشت‌های خالص آفتابگردان (D)، لوبیا (E) و کنجد (F) (۱۲ ردیف از هر گونه) بود. نتایج نشان داد که اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات رویشی، اجزای عملکرد، عملکرد دیبولژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) بود، ولی اثر سال بر عملکرد و اجزای عملکرد سه گونه زراعی غیرمعنی‌دار بود. با تغییر ترکیب کاشت از کشت ردیفی به سمت کشت خالص مقدار آن‌ها برای لوبیا و کنجد افزایش و برای آفتابگردان کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار عملکرد دیبولژیکی و عملکرد دانه کنجد، میانگین دو سال (به ترتیب با ۴۷۵۱ و ۲۲۰۷ کیلوگرم در هکتار) و لوبیا (به ترتیب با ۶۵۸۸ و ۲۷۱۹ کیلوگرم در هکتار) برای کشت خالص و بیش‌ترین مقدار عملکرد دیبولژیکی و عملکرد دانه برای آفتابگردان برای کشت مخلوط ردیفی (۱۳۴۲۹، ۵۵۴۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) نشان داد که بیش‌ترین LER با ۱/۳۴ برای ترکیب ردیفی و کم‌ترین LER با ۱/۰۱ برای ترکیب نواری چهارردیفه مشاهده شد. بدین ترتیب، به تدریج با تغییر روش کشت ردیفی به سمت مخلوط نواری، LER کاهش پیدا کرد.

**واژه‌های کلیدی:** کشت مخلوط ردیفی، کشت مخلوط نواری، نسبت برابری زمین

### مقدمه

کشت مخلوط کاشت هم‌زمان دو یا چند گونه گیاهی در یک قطعه زمین بوده که می‌تواند میزان عملکرد و پایداری تولید را در مقایسه با تک‌کشتی به‌ویژه در شرایط کم‌نهاد بهبود بخشد (Jahan, 2004; Sastava et al., 2004). سیستم‌های کشت مخلوط علاوه بر حفظ تعادل اکولوژیکی و ثبات آن، اهدافی نظیر بهره‌برداری حداکثر از منابع محیطی نظیر آب و مواد غذایی، بهبود کمی و کیفی عملکرد، کاهش خسارت ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و بالاخره بهبود شرایط اجتماعی مانند ثبات بیشتر اقتصادی و تغذیه مناسب انسان را نیز به دنبال دارند (Mazaheri et al., 2008; Biabania et al., 2008; Bromer, 1998; al., 1994). بدین ترتیب، کشت مخلوط با افزایش تعداد گونه در واحد سطح به‌عنوان راه‌کاری اکولوژیکی برای بهبود تولید پیشنهاد شده‌است، و روشی برای افزایش تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی می‌باشد (Mazaheri, 1998; Mahdavi et al., 2006). مورد کشت مخلوط دو یا چند گیاه نتایج متفاوتی گزارش شده و دلایل مختلفی برای موفقیت کشت مخلوط گونه‌های مختلف ارائه شده‌است. مبنای افزایش عملکرد در انتخاب یک گونه در کشت مخلوط می‌تواند ناشی از اختلافات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته و حجم

امروزه روند کشت و کار محصولات زراعی به تدریج از اصول اکولوژیکی خارج شده و به سمت دیدگاه‌های صرفاً اقتصادی پیش‌رفته است که این امر نه تنها سبب تخریب منابع طبیعی و محیط زیست شده‌است بلکه با کاهش کارایی مصرف نهاد نیز همراه است. علاوه بر این، سیستم‌های کشاورزی رایج به گونه‌ای سازمان‌دهی شده‌اند که تنوع زیستی را به حداقل ممکن کاهش داده‌اند که این امر باعث بی‌ثباتی عملکرد اقتصادی، افزایش خسارت آفات و بیماری‌ها و کاهش کیفیت محصولات زراعی شده‌است (Kocheki and Soltani, 1998; Geno and Geno, 2001). کشت مخلوط یکی از روش‌های زراعی با قدمتی دیرینه است که کشاورزان در جهت بهبود شرایط زراعی و افزایش سازگاری با طبیعت در پیش گرفته‌اند (Zhang et al., 2008; Taghizadeh, and Kochaki, 1995).

۱، ۲ و ۳- استاد، دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد  
(\*) نویسنده مسئول: (Email: h.zarghani2004@yahoo.com)

کم‌ترین برگشت سرمایه و کم‌ترین سودخالص از کشت خالص فلفل به‌دست آمد (Suresha et al, 2007).

در این تحقیق سه‌گانه آفتابگردان، لوبیا و کنجد جهت بررسی سودمندی مخلوط نسبت به تک‌کشتی از نظر عملکرد دانه انتخاب شدند. بدین ترتیب، آفتابگردان به‌عنوان یک گیاه پهن‌برگ و با ارتفاع بلند، لوبیا به‌عنوان گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن با ارتفاع کم و کنجد با قابلیت شاخه‌دهی متفاوت نسبت به شرایط محیطی و منابع غذایی انتخاب شدند، علاوه بر این، سیستم ریشه‌ای متفاوت این سه‌گونه طوری است که برای جذب مواد غذایی و آب بیش‌ترین تمایز در آشیان‌های اکولوژیک وجود دارد، بنابراین، انتظار می‌رود که با تقلیل رقابت بین‌گونه‌ای و سودمندی مخلوط فراهم گردد. هدف از این آزمایش مقایسه اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر عملکرد، اجزای عملکرد و تعیین بهترین ترکیب مخلوط برای این گونه‌ها در شرایط آب‌وهوایی مشهد بود.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان زراعی رقم رکورد (تک‌طبق)، کنجد (توده کلات)، چندشاخه و لوبیاقرمز (توده مشهد) بر خصوصیات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد آن‌ها، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مخلوط‌رديفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (A)، مخلوط رديفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو رديف از هر گونه) (B)، مخلوط‌نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار رديف از هر گونه) (C)، کشت خالص آفتابگردان (D)، کشت خالص کنجد (E) و کشت خالص لوبیاقرمز (F) (۱۲ رديف از هر گونه) بود. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش در سال اول و دوم، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۵۰ سانتی‌متر خاک انجام شد و باتوجه به این‌که آزمایش در یک‌مزرعه ولی در دو مکان متفاوت انجام شد، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو سال اندازه‌گیری گردید (جدول ۱).

عملیات آماده‌سازی زمین در اسفندماه هر دو سال، قبل از اجرای آزمایش انجام شد. فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها به‌ترتیب ۰/۵ و یک‌متر در نظر گرفته شد. تعداد عملیات کاشت به‌صورت دستی و به‌صورت هم‌زمان در نیمه‌ی اول اردیبهشت‌ماه هر دو سال در ۱۲ رديف با طول سه‌متر و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد، هم‌چنین ترتیب قرارگرفتن گیاهان به‌ترتیب آفتابگردان، لوبیا و کنجد بود.

گیاه، وضعیت آرایش برگ‌ها و اختلافات فیزیولوژیکی هم‌چون عادت رشد (از قبیل رشد محدود یا رشد نامحدود) و طول دوره‌ی رشد باشد (Karimi and Azizi, 1994). کشت مخلوط گیاهان خانواد بقولات با سایر گیاهان علاوه بر بهبود حاصل‌خیزی خاک، موجب استفاده بهینه از زمین نیز می‌شود. در این سیستم کاشت، نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله بقولات به گیاهان همراه آن‌ها منتقل شده که این امر می‌تواند به پایداری عملکرد در کشاورزی کم‌نهاده کمک کند (Banik et al, 2006).

نتایج آزمایش‌های مختلف حاکی از سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است. Rodrigues-Gomez et al, 2003 گزارش کردند که در کشت مخلوط جعفری (*Petroselinum sativum*) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) بیماری بلایت‌زودرس گوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج مطالعه انجام‌شده روی کشت مخلوط نعناع (*Mentha Piperita* L.) و شمعدانی‌معطر (*Pelargonium species*) نشان داد که زیست‌توده علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص در حدود ۴۰ درصد کاهش یافت (Rajeswara, 2002) در کشت مخلوط شنبليله با باقلا (*Vicia faba* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) مشاهده شد که تراکم گل‌جالیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محققان دلیل این امر را به ترشح مواد آللوپاتیک از ریشه گیاه شنبليله و تأثیر آن را بر گل‌جالیز ذکر کردند (Fernandez et al, 2008). مطالعه آرایش‌های مختلف کشت مخلوط زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) نشان داد که عملکرد زیره‌سبز در مخلوط‌رديفی در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت (چپانی، ۱۳۸۵). در کشت مخلوط زیره‌سبز و نخود (*Cicer arietinum* L.) مشاهده شد که کشت مخلوط موجب افزایش عملکرد زیره‌سبز شد، ولی با کاهش نسبت تراکم عملکرد نخود به‌صورت خطی کاهش یافت (Abasi, 2004). Maffei and Mucciarelli, 2003 گزارش کردند که در کشت مخلوط سویا و نعناع، عملکرد و کیفیت نعناع در مقایسه با کشت خالص افزایش یافت. نتایج مطالعه دوساله روی کشت مخلوط نخود با سبزیجات زمستانی مانند کلم‌پیچ (*Brassica oleracea* L. var. capitata)، خردل (*Raphanus sativus* L.)، منداب (*Eruca sativa* L.)، اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)، کاهو (*Lactuca sativa* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) نشان داد که در سال اول بیش‌ترین عملکرد نخود برای کشت مخلوط با گشنیز و در سال دوم برای مخلوط با سیب‌زمینی به‌دست آمد (Hossein et al, 2005). Prasad et al, 2001 گزارش کردند که کشت مخلوط سیب‌زمینی با شنبليله سبب افزایش سود حاصل از زمین شد. در کشت مخلوط فلفل (*Capsicum annum* L.) و سیر (*Allium sativum* L.) نیز بیش‌ترین نسبت برگشت سرمایه و بالاترین سودخالص از کشت مخلوط این دو گیاه و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش  
Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in experiment

اسیدیته pH		هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )		پتاسیم قابل دسترس K (ppm)		فسفر قابل دسترس P (ppm)		نیترژن کل Total N (%)		بافت خاک Soil Texture
سال دوم Year(2)	سال اول Year(1)	سال دوم Year(2)	سال اول Year(1)	سال دوم Year(2)	سال اول Year(1)	سال دوم Year(2)	سال اول Year(1)	سال دوم Year(2)	سال اول Year(1)	سیلتی لوم Silty Loam
7.37	7.47	2.1	2.5	321.2	320.1	4.6	4.5	0.16	0.16	

میانگین عملکرد گونه C گونه

$$LER_{ABC} = LER_A + LER_B + LER_C$$

اگر  $LER > 1$  کشت مخلوط سودمند است، اگر  $LER = 1$  کشت مخلوط با تک کشتی تفاوتی ندارد و اگر  $LER < 1$  باشد کشت خالص نسبت به مخلوط برتری دارد (Sullivan, 2003; Connolly et al, 2001).

تجزیه مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS ver. 9.1 و MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار MS-Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات

#### رویشی و عملکرد آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات رویشی، اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت آفتابگردان در جدول ۲ نشان داده شده است.

اثر ترکیب‌های مختلف کاشت بر ارتفاع و قطر ساقه، قطر طبق، اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت آفتابگردان معنی‌دار ( $p < 0.01$ ) بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع و قطر ساقه و اجزای عملکرد آفتابگردان در جدول ۳ ارائه شده است.

بیش‌ترین ارتفاع ساقه آفتابگردان برای کشت خالص (۱۸۲ سانتی‌متر) و کم‌ترین میزان آن برای کشت ردیفی (۱۶۶ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۳). باتوجه به غالب بودن کانوپی آفتابگردان در مقایسه با لوبیا و کنجد، چنین به نظر می‌رسد که کشت خالص آفتابگردان به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای برای جذب نور باعث افزایش ارتفاع شده است.

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک بار تا پایان فصل رشد به شیوه نشتی انجام شد. گیاهان در مرحله چهار-شش برگی برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر شامل ۸، ۱۳ و ۲۰ بوته در مترمربع به ترتیب برای آفتابگردان، لوبیا و کنجد تنک شدند و در کشت خالص و مخلوط تراکم یکسانی داشتند. وجین دستی علف‌های هرز در سه مرحله پس از کاشت انجام گرفت. قابل ذکر است که در دوره آزمایش هیچ ماده شیمیایی اعم از کود، علف کش و یا آفت کش استفاده نشد.

به منظور برداشت نهایی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از نیمه بالایی هر کرت تعداد ۱۰ بوته برداشت کرده و بعد از انتقال به آزمایشگاه، خصوصیات رویشی و اجزای عملکرد هر سه گونه آفتابگردان (شامل ارتفاع و قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن ۱۰۰۰ دانه) لوبیاقرمز (شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه) و کنجد (شامل ارتفاع ساقه، مجموع طول شاخه‌های فرعی، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین به منظور سنجش میزان عملکرد نهایی در نیمه‌ی دیگر هر کرت، حاشیه‌ها ۵/۵ متر از بالا و پایین کرت‌ها حذف شد و از نیمه‌ی پایین کرت در ۲ تیمار کشت ردیفی، شش ردیف وسطی که برای هر محصول در کشت مخلوط یک متر و برای کشت خالص سه متر شد و از کرت‌های با کشت نوازی از ۲ ردیف وسط هر نوار یک متر برداشت شد. در کرت‌های کشت مخلوط از هر کدام از محصولات یک متر مربع و در کرت‌های کشت خالص سه متر مربع برداشت شده و پس از خشک شدن، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و در نهایت شاخص برداشت محاسبه شد و عملکرد دانه و بیولوژیک هر محصول بر مبنای یک هکتار محاسبه گردید. به منظور ارزیابی ترکیب‌های مختلف کاشت نسبت برابری زمین با استفاده از معادله (۱) تعیین شد:

$$LER_A = \text{در کشت مخلوط} = \text{عملکرد A}$$

میانگین عملکرد گونه A گونه

$$LER_B = \text{در کشت مخلوط} = \text{عملکرد B}$$

میانگین عملکرد گونه B گونه

$$LER_C = \text{در کشت مخلوط} = \text{عملکرد C}$$

جدول ۲- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع، اجزای عملکرد و عملکرد آفتابگردان

Table 2- Sources of variation, degree of freedom and mean squares of intercropping effects of different arrangements of three species of sunflower, sesame and beans on height, yield components and yield of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه در طبق No. Of seed per head	وزن ۱۰۰۰ دانه Seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest Index
سال (A) Year(A)	1	8	0.006 <sup>ns</sup>	0.56 <sup>ns</sup>	1262 <sup>ns</sup>	16.5 <sup>ns</sup>	45662 <sup>ns</sup>	48959 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>ns</sup>
سال (تکرار) Year(Rep)	6	15.4	0.011	2.89	762	2.07	490045	28159	19.6
کشت مخلوط intercropping	3	373.3 <sup>**</sup>	1.72 <sup>**</sup>	143.2 <sup>**</sup>	484045 <sup>**</sup>	549.7 <sup>**</sup>	753038805 <sup>**</sup>	19351294 <sup>**</sup>	168.4 <sup>**</sup>
کشت مخلوط * سال Intercropping * year	3	./001 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.2 <sup>ns</sup>	312 <sup>ns</sup>	3.8 <sup>ns</sup>	399895 <sup>ns</sup>	1980 <sup>ns</sup>	10.5 <sup>ns</sup>
خطای b Error b	18	2.75	0.02	0.65	2996	6.3	171647	75333	13.3
کل Total	31	-	-	-	-	-	-	-	-

ns, \* and \*\* non-significant and, significant at 1% and 5% probability level, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا (میانگین دو سال) بر خصوصیات رویشی و اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 3- Mean comparison of different intercropping arrangements of three species of sunflower, sesame and beans (Average of two years) on growth characteristics and yield components of sunflower

تیمار Treatment	ارتفاع ساقه Stem height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	قطر طبق Head diameter (cm)	تعداد دانه در طبق No. Of seed per head	وزن ۱۰۰۰ دانه seed weight(g) ۱۰۰۰
A	166 d*	2.46a	24.5a	1102a	64.7a
B	174 c	2.45a	21.9b	906b	55.7b
C	178b	1.94b	18.6c	664c	52.3c
D	182a	1.49c	14.7d	553d	44.7d

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص آفتابگردان

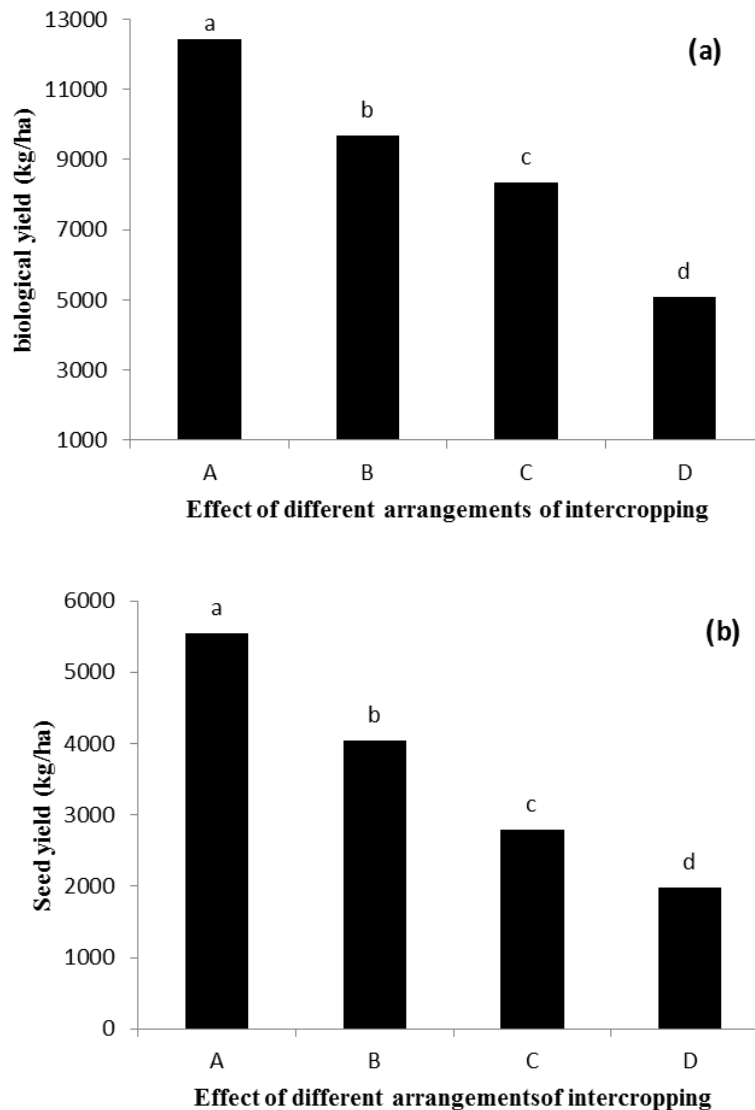
A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of Sunflower

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند  
Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test

طبق (۲۴ سانتی‌متر) برای نسبت ۵۰:۵۰ به دست آمد. بیشترین تعداد دانه در طبق آفتابگردان برای مخلوط ردیفی (۱۱۰۲ دانه در طبق) و کمترین تعداد آن برای کشت خالص (۵۵۳ دانه در طبق) حاصل شد (جدول ۳). نتایج بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا نشان داد که بیشترین تعداد دانه در گیاه برای الگوی کشت

بیشترین و کمترین قطر طبق و ساقه نیز به ترتیب برای کشت ردیفی (به ترتیب با ۲۴/۵ و ۲/۴۶ سانتی‌متر) و کشت خالص (به ترتیب با ۱۴/۷ و ۱/۴۹ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۳). نتایج بررسی (Mosavian et al, 2000) روی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط دو گونه ذرت و آفتابگردان نشان داد که بیشترین قطر

سهردیف سویا، ۲ ردیف ذرت و سه ردیف سویا به دست آمد (Mansouri, 2010).



شکل ۱- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر (a) عملکرد بیولوژیک و (b) عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) آفتابگردان

**Figure 1- Effect of different arrangements of intercropping sunflower, beans and sesame (Average of two years) on (a) biological yield and (b) seed yield (kg per hectare) of sunflower**

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نوری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص آفتابگردان

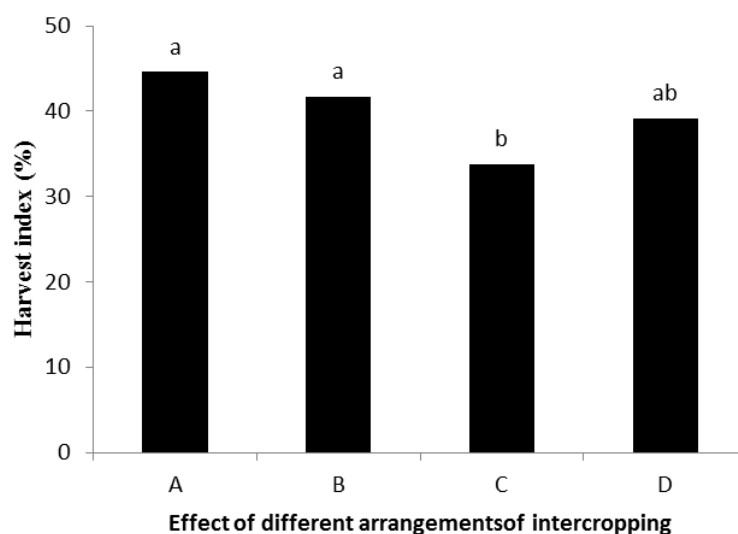
A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of Sunflower

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که در شرایط به‌کارگیری مخلوط‌زدایی، آفتابگردان به‌دلیل ارتفاع بلندتر، کانوپی بزرگ‌تر و سیستم‌ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تر در مقایسه با سایر گونه‌ها در رقابت پیروز بود. در نتیجه کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های آفتابگردان سبب بهبود رشد رویشی در شرایط حضور این گونه‌های همراه شده‌است. بدین ترتیب، خصوصیات رویشی و در نتیجه تولید و تجمع ماده فتوسنتزی آفتابگردان در شرایط مخلوط‌زدایی به‌مراتب بالاتر بود، که این امر منجر به بهبود وزن ۱۰۰۰ دانه آن شد. اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر عملکرد (میانگین دو سال) بیولوژیک و دانه آفتابگردان در شکل ۱ نشان داده شده است.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر وزن ۱۰۰۰ دانه آفتابگردان نشان داد که بیش‌ترین وزن ۱۰۰۰ دانه برای تیمار کشت‌زدایی (۶۴/۷ گرم) و کم‌ترین وزن ۱۰۰۰ دانه برای تیمار کشت‌خالص (۴۴/۷ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). در آزمایشی که (Jahani et al, 2008) روی کشت مخلوط زیره سبز و عدس انجام دادند، بیان داشتند که بالاترین وزن ۱۰۰۰ دانه عدس (۳۵/۵ گرم) برای مخلوط‌زدایی دو گونه به‌دست آمد. اگرچه نتایج برخی تحقیقات تأییدکننده تأثیر مثبت مدیریت زراعی از جمله به‌کارگیری الگوهای مختلف کشت مخلوط بر وزن دانه می‌باشد، ولی نتایج برخی تحقیقات (Kochehi et al, 2009) نیز نشان داده‌است که ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه ندارد.



شکل ۲- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر شاخص برداشت (درصد) آفتابگردان  
Figure 2- Effect of different arrangements of intercropping of sunflower, beans and sesame (Average of two years) on harvest index (percent) of sunflower

A: مخلوط‌زدایی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط‌زدایی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط‌نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت‌خالص آفتابگردان

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of Sunflower

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

نظر می‌رسد که بیش‌ترین نور جذب شده تحت تأثیر بهره‌برداری حداکثر از نیتروژن تثبیت شده و احتمالاً بهبود شرایط بیولوژیکی در ترکیب‌زدایی آفتابگردان، کنجد و لوبیا حاصل شده است. با توجه به کانوپی گسترده‌تر و غالب آفتابگردان در مقایسه با کنجد و لوبیا مشخص است که مخلوط این سه‌گونه بیش از همه به سود آفتابگردان بوده است. بالاترین عملکرد دانه برای کشت مخلوط‌زدایی

بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک آفتابگردان به ترتیب برای کشت‌زدایی و کشت‌خالص به ترتیب با ۱۲۴۲۹ و ۵۰۷۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱- Rezvan Beidoghti, 2004). بیان داشت اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط ذرت با لوبیا بر عملکرد بیولوژیک ذرت معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با تغییر از ترکیب‌زدایی به سمت کشت‌خالص از میزان ماده خشک کاسته شد. به

لوبیا و کنجد بر شاخص برداشت آفتابگردان در شکل ۲ ارائه شده است. بیش‌ترین شاخص برداشت آفتابگردان برای ترکیب مخلوط‌رديفی (۴۴ درصد) مشاهده شد که از این‌جهت با ترکیب رديفی ۲ رديفه (۴۲/۴ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت، کم‌ترین شاخص برداشت نیز برای کشت مخلوط نواری با ۳۳/۸ درصد حاصل شد (شکل ۲).

### اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات رویشی و عملکرد کنجد

نتایج تجزیه‌وارینانس خصوصیات رویشی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت کنجد در جدول ۴ ارائه شده است.

با ۵۵۴۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد، و کم‌ترین عملکرد دانه در کشت خالص با ۱۹۸۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط مخلوط با سایر گونه‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر از کشت خالص بود (جدول ۳). نتایج بررسی انجام‌شده روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا نشان داد که با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت الگوی رديفی در کشت مخلوط، عملکرد ذرت افزایش پیدا کرد (Rezvan Beidokhti, 2004). افزایش عملکرد ذرت در ترکیب رديفی در مقایسه با کشت خالص به علت توان رقابتی بالاتر ذرت در جذب منابع غذایی در مقایسه با لوبیا و سطح برگ بیش‌تر این گیاه در مخلوط تحت‌تأثیر بهره‌گیری از گونه همراه تثبیت‌کننده نیتروژن بوده است.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان،

جدول ۴- نتایج تجزیه‌وارینانس (میانگین مربعات) اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع، اجزای عملکرد و عملکرد کنجد

Table 4- Analysis of variance (mean square) intercropping effects of different arrangements (of three species of sunflower, sesame and beans) on height, yield components and yield of sesame

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	ارتفاع ساقه Stem height	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branch	مجموع طول شاخه‌های فرعی Total length of lateral branches	تعداد کیسول در بوته No. of capsule per plant	تعداد دانه در کیسول No. of Seed per capsule	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه ۱۰۰۰ seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index
سال (A) Year(A)	1	5 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	108.7 <sup>ns</sup>	3.4 <sup>ns</sup>	1.16 <sup>ns</sup>	18312 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	10970.5 <sup>ns</sup>	45105.5 <sup>ns</sup>	40.5 <sup>ns</sup>
سال (تکرار) Year(Rep)	6	1.7	0.1	256.4	6.03	5.05	53890	0.07	34572.1	4808	10.2
کشت مخلوط intercropping	3	85.9 <sup>**</sup>	2.3 <sup>**</sup>	25446 <sup>**</sup>	517 <sup>**</sup>	33.7 <sup>**</sup>	1453520 <sup>**</sup>	0.1 <sup>ns</sup>	963936.7 <sup>**</sup>	3012266.2 <sup>**</sup>	42.5 <sup>*</sup>
کشت مخلوط * سال Intercropping * year	3	<sup>ns</sup>	<sup>ns</sup>	3.03 <sup>ns</sup>	-.24 <sup>ns</sup>	-.64 <sup>ns</sup>	3149 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	1729.2 <sup>ns</sup>	67533 <sup>ns</sup>	7.1 <sup>ns</sup>
خطای b Error b	18	1.64	0.006	29	0.55	0.07	1688	0.01	2071.7	136184.3	7.8
کل Total	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ns: عدم معنی‌داری؛ \* معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد، \*\* معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد

\*: Significant at p=0.05, \*\*: Significant at p=0.01 & ns=non-significant

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر خصوصیات رویشی و زایشی کنجد شامل ارتفاع ساقه، مجموع طول شاخه‌های فرعی، اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک در سطح (p<0.01) و شاخص برداشت در سطح (p<0.05) معنی‌دار

مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر خصوصیات رویشی و اجزای عملکرد کنجد در جدول ۵ نشان‌داده شده است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع و اجزای عملکرد کنجد  
 Table 5- Mean comparison of different intercropping arrangements of three species of sunflower, sesame and beans (Average of two years) on growth characteristics and yield components of sesame

تیمار Treatment	ارتفاع ساقه Stem height (cm)	تعداد شاخه		مجموع طول شاخه‌های فرعی Total length of lateral branches (cm)	تعداد کپسول در بوته No. of capsule per plant	تعداد دانه در کپسول No. of Seed per capsule	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه seed ۱۰۰۰ weight (g)
		فرعی در بوته No. of lateral branch per plant	فرعی					
A	99.8d	2.67d	86.8d	47.1d	44.3b	2091b	3.27a	
B	102c	3.08c	127.4c	53.5c	47.6a	2555ab	3.37a	
C	104.5b	3.48d	179b	59.4b	43.7c	2602ab	3.48a	
D	107.5a	3.93a	224.6a	64.9a	47.5a	3133a	3.52a	

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص کنجد

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test

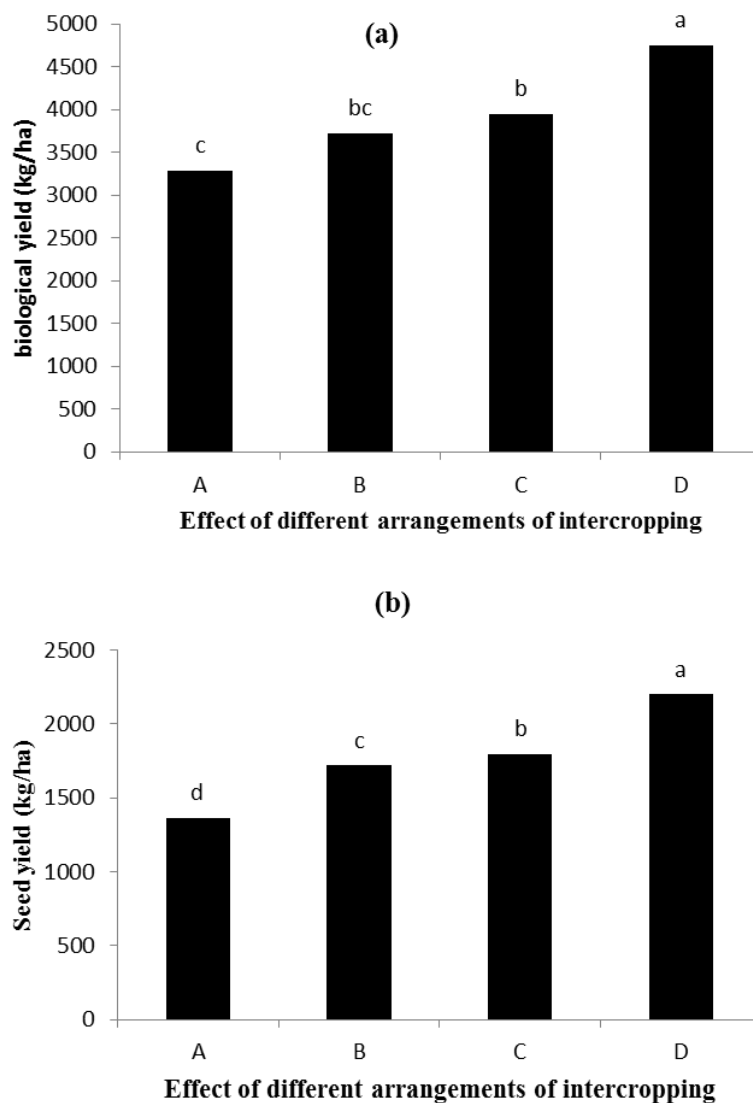
نتایج در ترکیب‌های مختلف مخلوط مشخص شد که با افزایش تعداد ردیف در کشت مخلوط از ترکیب‌های ردیفی به سمت نواری و در نهایت کشت خالص، به دلیل کاهش رقابت درون گونه‌ای با گیاه غالب آفتابگردان، خصوصیات رشدی و به تبع آن فتوسنتز گیاه کنجد افزایش یافت.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد در شکل ۳ نشان داده شده است.

بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد به ترتیب برای کشت خالص (به ترتیب با ۴۷۵۱ و ۲۲۰۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار برای ترکیب کشت ردیفی (به ترتیب با ۳۲۸۷ و ۱۳۶۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل ۳). نتایج آزمایش Bahati et al, 2005 روی کشت مخلوط کنجد با لوبیاچشم‌بلبلی، ماش و سویا تأیید نمود که عملکرد دانه در تمام ترکیب‌های مخلوط نسبت به کشت خالص کنجد کاهش یافت. نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که اختلاط تعدادی از ارقام گندم و ذرت به دلیل افزایش رقابت باعث کاهش عملکرد شد (Chapman et al., 1989). بدین ترتیب، با مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت کنجد مشخص است که بهره‌گیری از کشت مخلوط به دلیل کاهش خصوصیات رشدی و اجزای عملکرد کنجد (جدول ۵) تحت تأثیر افزایش رقابت بین گونه‌ای با بوته‌های غالب آفتابگردان، در نهایت منجر به کاهش عملکرد شد.

بیشترین ارتفاع بوته کنجد برای کشت خالص (۱۰۷/۵ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به مخلوط ردیفی (۹۹/۸ سانتی‌متر) بود. بیشترین تعداد و مجموع شاخه‌فرعی در بوته برای کشت خالص (به ترتیب با ۳/۹۳ شاخه‌فرعی در بوته و ۲۲۴/۶ سانتی‌متر) و کمترین مقدار برای ترکیب ردیفی (به ترتیب با ۲/۶۷ شاخه‌فرعی در بوته و ۹۶/۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. تعداد کپسول در بوته کنجد برای ترکیب مخلوط ردیفی نسبت به کشت خالص به ترتیب ۲۷ درصد کاهش یافت. اگرچه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰۰ دانه کنجد نداشت، ولی بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه در شرایط خالص با ۳/۵۲ گرم مشاهده شد (جدول ۶). نتایج مطالعه مخلوط کنجد با لوبیاچشم‌بلبلی، ماش و سویا نیز کاهش تعداد کپسول در بوته کنجد را تأیید کرد، به طوری که بیشترین تعداد کپسول برای کشت خالص با ۴۷/۸ کپسول در بوته به دست آمد (Bahati et al, 2005). نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که اثر ترکیب‌های مختلف مخلوط گندم (Bajwa et al, 1992) و کنجد (Bahati et al, 2005) تأثیر معنی‌داری به ترتیب بر تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در کپسول نداشت، از طرف دیگر، (Zav et al, 1992) گزارش نمودند که در کشت مخلوط کنجد با گندم تعداد دانه در کپسول به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت. Bahati, 2005 و Zav et al, 1992 نیز گزارش نمودند که بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه کنجد در شرایط مخلوط با بقولات و گندم، در شرایط خالص حاصل شد. به طور کلی، با مقایسه





شکل ۳- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر (a) عملکرد بیولوژیک و (b) عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) کنجد

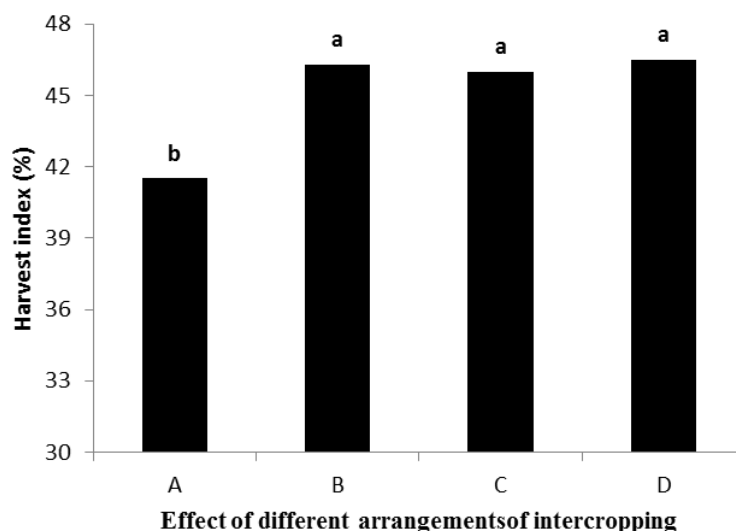
Figure 3- Effect of different arrangements of intercropping sunflower, beans and sesame (Average of two years) on (a) biological yield and (b) seed yield (kg per hectare) of sesame

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص کنجد

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test



شکل ۴- اثر ترکیب‌های مختلف کشت در مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر شاخص برداشت کنجد

Figure 4- Effect of different arrangements of intercropping of sunflower, beans and sesame (Average of two years) on harvest index (percent) of sesame

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص کنجد

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

غلاف و ۱/۴۵ دانه در بوته) بود (جدول ۷). مقایسه تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر اجزای عملکرد لوبیا به‌عنوان گیاهی رونده که در زیر کانوپی گیاه غالب آفتابگردان رشد می‌کند، نشان داد که خصوصیات رشدی لوبیا نیز همانند کنجد با افزایش ردیف در کشت مخلوط از ترکیب ردیفی به نواری و سپس کشت خالص، افزایش یافت که این امر در نتیجه منجر به بهبود اجزای عملکرد آن شد. نتایج آزمایش Koocheki *et al*, 2009 نیز نشان داد که با کاهش نسبت لوبیا در کشت مخلوط با ذرت، تعداد غلاف در بوته از ۲۲ غلاف به ۹ غلاف و تعداد دانه در غلاف از چهاردانه به کم‌تر از یک‌دانه در غلاف کاهش یافت، آن‌ها دلیل این امر را به افزایش رقابت بین گونه‌ای با ذرت نسبت دادند که در نتیجه به دلیل کاهش خصوصیات رشدی، کاهش اجزای عملکرد را به دنبال داشت.

بالا تر بودن تعداد غلاف در کشت خالص در مقایسه با ترکیب‌های مختلف در مخلوط ذرت-سویا و ذرت-لوبیا توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Chandel *et*; Rezends, and Ramalho, 1994) (al, 1987).

بیش‌ترین شاخص برداشت کنجد در شرایط خالص (۴۶/۵ درصد) مشاهده شد که با ترکیب‌های نواری ۲ ردیفه و چهار ردیفه از این نظر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴). کم‌ترین شاخص برداشت (۴۱/۵ درصد) برای ترکیب ردیفی به دست آمد. Sing and Gupta, 1993 و Ahmad, 1997 نیز کاهش معنی‌دار شاخص برداشت گندم را در شرایط مخلوط گزارش نمودند.

#### اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات

##### رویشی و عملکرد لوبیا

نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت لوبیا در جدول ۱ نشان داده شده است.

بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته لوبیاقرمز مربوط به کشت خالص (به ترتیب با ۷/۱ شاخه فرعی در بوته، ۲۹/۱ غلاف در بوته، ۳/۴ دانه در غلاف و ۱۰/۶ دانه در بوته) و کم‌ترین آن‌ها برای ترکیب ردیفی (به ترتیب با ۴/۷ شاخه فرعی در بوته، ۱۵/۲ غلاف در بوته، ۲/۹ دانه در

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر اجزای عملکرد و عملکرد لوبیا

Table 6- Analysis of variance (mean square) intercropping effects of different arrangements of three species (sunflower, sesame and beans) on height, yield components and yield of beans

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branch	تعداد گل‌اف در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seed per pod	تعداد دانه در بوته No. of Seed per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه ۱۰۰۰ seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
سال (A) Year (A)	1	0.038 <sup>ns</sup>	8 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	107.6 <sup>ns</sup>	1190 <sup>ns</sup>	7759 <sup>ns</sup>	2649.9 <sup>ns</sup>	3.7 <sup>ns</sup>
خطا (A) Error (A)	6	0.044	0.72	0.05	9.7	425	688956	23911	1.3
تیمار (B) Treatment (B)	3	9.69 <sup>**</sup>	338 <sup>**</sup>	0.371 <sup>**</sup>	5296 <sup>**</sup>	15467 <sup>**</sup>	19894248 <sup>**</sup>	1490449 <sup>**</sup>	14.1 <sup>*</sup>
اثر متقابل (AB) Interaction (AB)	3	0.002 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.46 <sup>ns</sup>	67 <sup>ns</sup>	79424 <sup>ns</sup>	51.3 <sup>ns</sup>	2.2 <sup>ns</sup>
خطا (E) Error(E)	18	0.058	0.738	0.04	8.5	448	1463091	28937	3.4

ns: عدم معنی داری \*؛ معنی داری در سطح احتمال پنج‌درصد، \*\*؛ معنی داری در سطح احتمال یک‌درصد

\*.Significant at p=0.05, \*\*. Significant at p=0.01& ns=non-significant

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر اجزای عملکرد لوبیا (اعداد میانگین دو سال)

Table 7- Mean comparison of different intercropping arrangements of three species (of sunflower, sesame and beans) (Average of two years) on yield components of beans

تیمار Treatment	وزن ۱۰۰۰ دانه (۱۰۰۰) seed weight(g)	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seed per pod	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of lateral branch per plant
A	299.2a	45.1d	2.9d	15.2d	4.7d
B	268.4b	55.1c	3.1c	17.6c	4.9c
C	216.8c	82.3b	3.2b	15.3c	5.9b
D	205.8c	101.6a	3.4a	29.1a	7.1a

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص لوبیا

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of beans

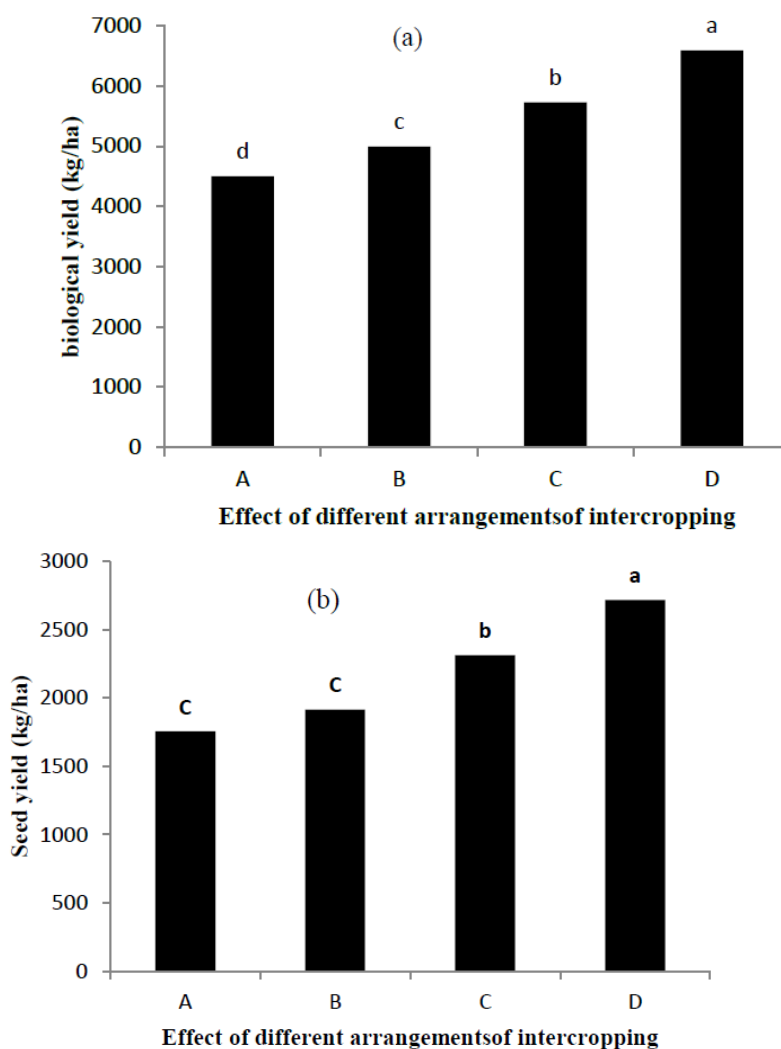
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان و کنجد بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه لوبیا (میانگین دو سال) در شکل ۵ نشان داده شده است.

بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه لوبیا برای کشت خالص (به ترتیب با ۶۵۸۸ و ۲۷۱۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن برای ترکیب ردیفی (به ترتیب با ۴۴۹۸ و ۱۷۵۴ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۵).

نتایج آزمایش Rezvan Beidokhti, 2004 نشان داد که تعداد غلاف پوک لوبیا، تحت تأثیر ترکیبات مختلف کشت مخلوط با ذرت قرار نگرفته است و با توجه به نتایج ایشان به نظر می‌رسد که افزایش رقابت بین گونه‌ای در کشت مخلوط تأثیر چندانی بر پُرشدن دانه‌ها در غلاف برای لوبیا نداشته است. Elmore *et al.*, 1984 نیز گزارش کردند که عملکرد سویا در شرایط مخلوط با سورگوم، به علت تعداد کم‌تر غلاف در گیاه و تعداد بذر کم‌تر در غلاف کاهش پیدا کرد.



شکل ۵- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر (a) عملکرد بیولوژیک و (b) عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) لوبیا

Figure 5- Effect of different arrangements of intercropping sunflower, beans and sesame (Average of two years) on (a) biological yield and (b) seed yield (kg per hectare) of beans

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نوری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص لوبیا

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of beans

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

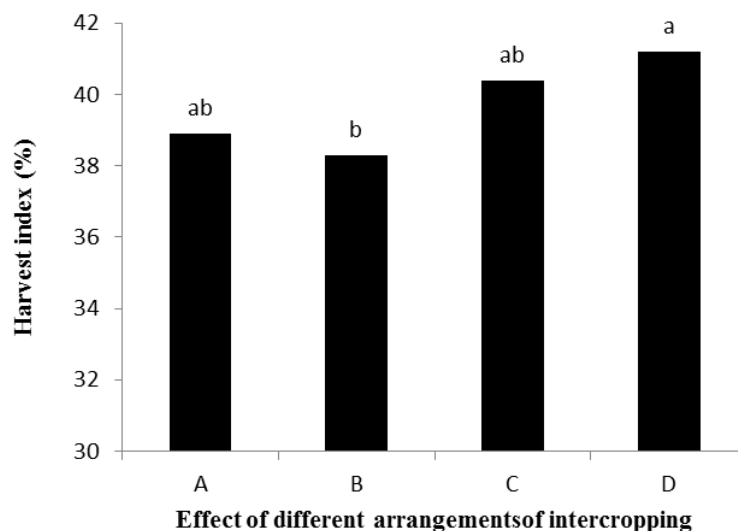
The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

این امر را به سایه‌اندازی بیش‌تر ذرت بر سویا تعداد غلاف در بوته کاهش یافت و سبب کاهش عملکرد گردید.

Mansori, 2010 گزارش نمود که بیش‌ترین عملکرد سویا در شرایط مخلوط با ذرت، برای کشت خالص مشاهده شد، وی دلیل

تعیین‌کننده عملکرد می‌باشد (Rezends, and Ramalho, 1994) و بالاترین تعداد غلاف لوبیا نیز برای کشت خالص مشاهده شد (جدول ۷) که این امر منجر به بهبود عملکرد شد. Rezvan Beidokhti, 2004 نیز کاهش تعداد غلاف در گیاه را عامل اصلی کاهش عملکرد لوبیا در شرایط مخلوط با ذرت در مقایسه با کشت خالص معرفی کرد. به طور کلی، عملکرد لوبیا در شرایط مخلوط ردیفی با آفتابگردان و کنجد در مقایسه با خالص کاهش یافت، که دلیل این امر مربوط به سایه‌اندازی آفتابگردان بوده است، زیرا این گونه‌ی غالب در شرایط مخلوط روی گونه‌های کوتاه‌تر سایه‌اندازی نموده که در نتیجه کاهش عملکرد را موجب شده است (Papendick *et al.*, 1983; Parves *et al.*, 1989; Graham *et al.*, 1988). علاوه بر این، کارایی بیش‌تر آفتابگردان برای جذب منابع (از جمله نور، آب و مواد غذایی) در مقایسه با لوبیا و کنجد Karimi and Azizi, 1994 نیز در نتیجه منجر به کاهش عملکرد لوبیا در شرایط مخلوط شده است. اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان و کنجد بر شاخص برداشت لوبیا در شکل ۶ نشان داده شده است.

نتایج مطالعه‌ی دیگر نیز نشان داد که اثر ترکیب‌های کشت مخلوط با ذرت بر عملکرد لوبیا معنی‌دار بود، به طوری که با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت مخلوط ردیفی، عملکرد ۳۶ درصد کاهش یافت (Rezvan Beidokhti 2004). Jindal and Gupta, 1984 نشان دادند که جهت بهبود عملکرد در لوبیا بایستی به تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف توجه داشت، زیرا این اجزاء همبستگی بالایی با عملکرد دارد. از سوی دیگر، گزارش شده است که تعداد دانه در غلاف در کشت مخلوط و خالص تفاوت معنی‌داری ندارند (Zaffaroni, 1991). با توجه به همبستگی مثبت عملکرد با تعداد غلاف در بوته (Jahani, 2006) به نظر می‌رسد که کاهش تعداد غلاف در گیاه که ناشی از کاهش تعداد گل‌های بارور حاصل از افزایش رقابت بین گونه‌ای در کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد است، سبب کاهش عملکرد لوبیا شده است، بدین ترتیب، از آنجا که تعداد غلاف در بوته به عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد در شرایط مخلوط در مقایسه با کشت خالص کاهش یافته است، به نظر می‌رسد که کشت مخلوط ردیفی ترکیب مناسبی برای لوبیا نبوده است. تعداد غلاف در گیاه مهم‌ترین و حساس‌ترین جزء عملکرد است که



شکل ۶- اثر ترکیب‌های مختلف کشت در مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر شاخص برداشت لوبیا

Figure 6- Effect of different arrangements of intercropping of sunflower, beans and sesame (Average of two years) on harvest index (percent) of beans

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص لوبیا

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of beans

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

کنجد، شاخص برداشت لوبیا افزایش یافت (شکل ۶)، به طوری که

با افزایش ردیف‌های کاشت در شرایط مخلوط با آفتابگردان و

برابری زمین جزئی در تمامی ترکیب‌های مخلوط برای آفتابگردان مشاهده شد که دلیل این امر به غالب بودن کانوبی آفتابگردان و بهره‌گیری بیش‌تر و تأثیر مثبت این گونه در مقایسه با دیگر گونه‌ها از مخلوط می‌باشد (جدول ۸). Paolini *et al.*, 1984 با بررسی مخلوط نخود و آفتابگردان گزارش نمودند که نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه ۱/۲۵ بود. نتایج برخی دیگر از تحقیقات نیز بهبود نسبت برابری زمین را نشان داده‌است (Chanthakhoun *et al.*, 2008; Gardiner *et al.*, 1979; Kumar and Sing, 2006).

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی از آنجا که جذب نور عامل اصلی برای رشد و فتوسنتز گیاهان محسوب می‌شود، برای دستیابی به حداکثر بازده در کشت مخلوط با وجود مزایای بی‌شمار این الگوی کاشت، انتخاب مناسب گیاهان از اهمیت بالایی برخوردار است. در تیمارهای مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا، کانوبی غالب آفتابگردان در مقایسه با کنجد و لوبیا، به دلیل سایه‌اندازی بر دیگر گونه‌ها باعث کاهش جذب نور شد، که این امر منجر به کاهش رشد و فتوسنتز و به تبع آن کاهش خصوصیات رویشی، اجزای عملکرد و عملکرد این دو گیاه در شرایط مخلوط در مقایسه با شرایط خالص گردید. هم‌چنین باتوجه به غالب بودن آفتابگردان و بالاتر بودن نسبت برابری زمین برای این گیاه در مقایسه با لوبیا و کنجد، چنین به نظر می‌رسد که آفتابگردان از کشت مخلوط با لوبیا و کنجد اثر مثبت پذیرفته است.

### سپاس‌گزاری

هزینه‌های موردنیاز جهت انجام این طرح، توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۲/۱۵۲۱۶ مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۱۵ تأمین شده‌است که بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه سپاس‌گزاری می‌گردد.

### References

- 1- Abbasi, A. 2004. Density review cumin and chickpea intercropping with emphasis keeps the weeds in Mashhad. Master thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tehran University.
- 2- Ahmad, N. 1997. Agro-economic relationships of the component crops in some wheat-based intercropping systems at different patterns of wheat plantation. Ph.D. Thesis, Unvi. Agric., Faisalabad (Pakistan).
- 3- Mahdavi Damghani, A., Kochehi, A., and Zand, A. 2006. The design and management of sustainable agricultural ecosystems. Key articles of Crop Science Congress. Aboureihan-University Campus Thran. 7-5 September.
- 4- Anonymous. 2001. The objectives of conservation tillage: fewer trips, more rest soil and increased profitability.
- 5- Bajwa, A. N., Nazir M. S., and Mohsan, S. M. 1992. Agro-economic studies on some wheat-based intercropping systems. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 29(4): 439-443.

بالاترین شاخص برداشت با ۴۱/۲ درصد برای کشت خالص مشاهده شد و کم‌ترین میزان نیز با ۳۸/۸ درصد برای شرایط مخلوط ردیفی مشاهده شد.

### اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین

اثر ترکیب‌های مختلف مخلوط بر نسبت برابری زمین جزئی و کل سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا در جدول ۸ نشان داده شده است.

### جدول ۸- نسبت کل برابری زمین جزئی و کل در ترکیب‌های مختلف

مخلوط سه گونه آفتابگردان، لوبیا و کنجد

Table 8- Land equivalent ratio of partial and total different arrangements of intercropping three species of sunflower, beans and sesame

نسبت برابری زمین (LER) Land equivalent ratio	A	B	C
جزیی آفتابگردان	0.93	0.68	0.46
جزیی لوبیا	0.21	0.23	0.28
جزیی کنجد	0.020	0.26	0.27
کل Total	1.34	1.17	1.01

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه) و C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه)

A: row intercropping of sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping of sunflower, sesame and red bean (two rows of each species); C strip intercropping sunflower, sesame and red bean (four rows of each species)

بیش‌ترین مقدار نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه در رابطه با عملکرد دانه برای ترکیب مخلوط ردیفی برابر با ۱/۳۴ بود. هم‌چنین از آنجا که نسبت برابری زمین برای کلیه ترکیب‌های مخلوط بالاتر از یک بود، مشخص می‌شود که تمامی این ترکیب‌ها در مقایسه با مخلوط سودمند بوده است. با مقایسه نسبت برابری زمین بین سه گونه آفتابگردان، کنجد و لوبیا مشخص می‌شود که بالاترین نسبت

- 6- Banik, P.A., Midya B.K., Sarkar S., and Ghose S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal Agronomy* 24: 325-332.
- 7- Bhatti L. Ahmad H, R. and Shafi Nazir M. 2005. Agronomic traits of sesame as affected by grain legumes intercropping and planting patterns. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 42(1): 10-20.
- 8- Biabania. A., Hashemi M. and Herbertt S.J. 2008. Agronomic performance of two intercropped soybean cultivars. *International Journal of Plant Production* 2(3): 215-222.
- 9- Brummer, E.C, 1998. Diversity, stability and sustainable American agriculture. *Agronomy Journal* 90(1): 10-20.
- 10- Chandel, A.S., V.K. Singh and S.G. Saxena. 1987. Stability of soybean varieties for maize+soybean intercropping. *Indian Journal of Agricultural Science* 57(3): 330-335.
- 11- Chanthakhoun, V., Wanapat, M., Wanapat, S., 2008. Study on yield, nutritive value and ruminal degradability of *Phaseolus calcaratus* (Tua-mun) in swamp buffaloes. *Proc. XIII th AAAP. Int. cog, Hanoi, Vietnam*, p. 7.
- 12- Chapman, S. R., Allard R.W. and Adams J. 1989. Effect of planting rate and genotypic frequency on yield and seed size in mixture of two wheat varieties. *Crop Science*. 9 (1): 575-576.
- 13- Connolly, J., Goma H.C. and Rahim K. 2001. The information content of indicators in intercropping research. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 87: 191-207.
- 14- Elmore, R. W. and Jackobs J. A. 1984. Yield and yield components of sorghum and soybean of varying plant heights when intercropped. *Agronomy Journal* 76: 561-564.
- 15- Fernandez-Aparicio M., Emeran A.A, and Rubiales D. 2008. Control of *Orobanch crenata* in legumes intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum Graceum*). *Crop protection* 27:653-659.
- 16- Gardiner, T.R. and Craker L.E., 1979. Development and light interception in a bean-maize intercropping. *Agronomy Abstracts*, 102.
- 17- Geno, I., and Geno B. 2001. Polyculture production principles benefits and risks of multiple cropping land management systems for Australia, RIRDC.
- 18- Graham, P.L., Steiner J.L. and Wise A.F. 1988. Light absorption and competition in mixed.
- 19- Hussain S. A., Ali N., Rab A., and Hashmi A. 2005. Intercropping effect on growth and yield of winter vegetables. *Sarhad Journal Agriculture* 21(2): 345-350.
- 20- Jahan, M. 2004. Ecological aspects of intercropping chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) And marigold (*Calendula officinalis* L.) With manure. Master's thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
- 21- Jahani, M. 2006. Evaluation of different intercropping arrangements of cumin Vds. Master Thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
- 22- Jahani, M., Kocheiki A., and Nasiri Mohalati M., 2008. Evaluation of different intercropping combinations cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*) in low-input agricultural systems. *Iranian Journal of Crop Research* 6(1): 592-595 (In Persian with English Abstract).
- 23- Jindal, S.K. and Gupta B.S. 1984. Component analysis of yield in cowpea. *The Indian Journal of Agricultural Sciences* 54: 183-185.
- 24- Karimi, M. And Azizi, M. 1994. Analysis of crop growth. Publications University of Mashhad.
- 25- Kazi, B. R., Oad F. C., Jamro G. H, Jamali L. A. and. Oad N. L. 2002. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. *Pakistan Journal of Applied Sciences* 2(5): 550—552.
- 26- Kocheiki, A. and Soltani A. 1998. Principles and agricultural practices in arid areas. Publication of agricultural education.
- 27- Kocheiki, A., Lalegani, B. and Najib Nia, S. 2009. Evaluation of intercropping beans and corn production. *Iranian Journal of Crop Research* 7(2): 20-30. (In Persian with English Abstract).
- 28- Kumar, A. and Singh, B. P. 2006. Effect of row ratio and phosphorus level on performance of chickpea (*Cicer arietinum*) –Indian mustard (*Brassica Juncea*) intercropping. *Indian Journal of Agronomy* 51:100-102.
- 29- Maffei, J. and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint-soybean strip-cropping. *Field Crops Research* 84:229-240. (In Persian with English Abstract).
- 30- Majnoon Hosseini, N. 2008. Agriculture and grain production. Tehran University Press, p 284.
- 31- Mansouri, D. 2010. Evaluation of intercropping of maize (*Zea mays* L.) And Seville (*Glycine max* (L.)) Merr. In different planting dates. *Journal crop production* 3(3):209-216.
- 32- Mazaheri, D. 1998. Agriculture mix. Tehran University Press
- 33- Mazaheri, D., Parsapoor S., and Peyghambari A., 2002. Study analysis of growth in agriculture, monoculture and mixture of soybean cultivars. *Research and Builders*: 54-37.
- 34- Mosavian. S., Lorzadeh SH., Ebrahimpour F and Chaab, A. 2010. Nitrogen and mixing ratio on grain yield and some morphological characteristics of corn and sunflower intercropping north of Khuzestan. *Journal - Iran's*

- research farm research, 8(4): 708-716. (In Persian with English Abstract).
- 35- Paolini, F., Caporali R., Campiglia F. 1991. Suitability of intercropping sunflower & chickpea in Mediteranean environment. *Agricultural Mediteranean*. 121(4).119-129.
  - 36- Papendick, R.I., Sanchez D.A. and Triplet G. B. 1983. Multiple cropping. American Society of Agronomy .ASA.press.
  - 37- Parves. A.Q., Gardner F.Q. and Boote K.J. 1989. Determinate and interminate- Type soybean cultivar responses to pattern, density and planting date. *Crop Sci*. 29: 150:157.
  - 38- Prasad, R., Singh R., Sing S. and Pal, M.. 2001. Studies on intercropping potato with fenugreek. *Acta Agronomica Hungarica* 49(2): 189-191.
  - 39- 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 inter cropping with commint (*Mentha arvensis* L.f. piperascens Malinv.EX Holmes). *Industrial Crops and Products* 16: 133-144.
  - 40- Rezends, G.D.S.P., and M.A. Ramalho. 1994. Competitive ability of maize and common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars intercropped in different environments. *Journal of Agricultural Science* 123: 185-190.
  - 41- Rezvan Beidokhti, SH. 2004. Comparison of different combinations in mixed cropping of maize and beans. Thesis Master of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
  - 42- Rodrigues-Gomez O., Zavalet-Mejia E, Gonzales-Hernandez, V.A, Livera-Munoz M, and Cardenas-Soriano E. 2003. Allelopathy and microclimatic modification of intercropping with marigold on tomato early blight disease development. *Field Crops Research* 83:27-34.
  - 43- Sarmdnia, Gh. And Kochehi A. 1993. *Crop Physiology*. (Translated) Publications Jihad Mashhad University. 468 p.
  - 44- Sastava B.M., Lavan M., and Maina Y.T. 2004. Management of insect pests of soybean: effects of sowing date and intercropping on damage and grain yield in the Nigerian Sudan savanna. *Crop Protection* 23:155-161.
  - 45- Singh, R.V. and Gupta P.C. 1993. Aggressively, competitive ratio and relative crowding coefficient of wheat and Indian mustard in mixed and intercropping systems. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 63(1): 1-3.
  - 46- Sullivan, p. 2003. Intercropping principles and production practices (Agronomy system guide), ATTRA, Available at: [http:// www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org).
  - 47- Suresha B. A., Allolli T.B, Patil M.G., Desaiand B.K, and Hussain S.A. 2007. Yield and economics of chili based intercropping system. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 20(4): 807-809.
  - 48- Taghizadeh, M. S. And Kochaki, A. 1995. Effects of seed and plant density on yield and yield components of soybean cultivars in intercropping. *Journal of Agricultural Science and Technology* (2): 43-33.
  - 49- Zaffaroni, E., A.F.M. Vasconcelos and E.B. Lopes. 1991. Evaluation of intercropping cassava/corn/bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in north Brazil. *Journal of agronomy and crop science* 167: 207-212.
  - 50- Zhang, L., Vanderwerf, W., Bastiaans L., Zhang S., Li B., and Spierts, J.H. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research* 107: 29-42.
  - 51- Zhao, Z.N., and Ma, H.Q. 1992. Intercropping wheat with sesame in summer. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences* 3(41) Shaanxi Special Crops Research Station. Yangling, 712100 Shaanxi, China [Field Crop Absts] 47(7): 4574.





## Comparison of Yield and Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuus* L.), Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Red Bean (*Phaseolus calcaratus*) under different Intercropping Arrangements

A. Koocheki<sup>1</sup> - H. Zarghani<sup>2\*</sup> - A. Norooziyan<sup>3</sup>

Received: 08-04-2012

Accepted: 11-11-2014

### Introduction

Intercropping is a sustainable practice used in many developed and developing countries and an essential element of agricultural sustainability. Intercropping is simultaneous growing of two or more crops during a given season on same location. Such a method enables the utilization of common limiting resources more efficiently than the species grown separately. Using two species with different growth habits and the least competitive characteristics in intercropping, increases the efficiency of resources (light, water and nutrients) and absorption in comparison with the sole cropping (Fernandez-Aparicio *et al.*, 2008). The study of intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) showed that the highest economic yield was achieved in monoculture and the lowest economic yield was obtained in four rows of borage plus four rows of bean, but the maximum land equivalent ratio was calculated in 2:2 intercropping. The aim of current study was to determine the best combination and efficiency of resource utilization in intercropping of additive series of chickpea and black cumin. The results were compared to respective monoculture and the advantages of intercropping was determined. The effects of planting different ratios of two crops on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) was also investigated. The results of intercropping of additive series showed that the highest grain and biological yield of chickpea were obtained through monoculture and the lowest grain and biological yield of chickpea achieved by planting ratio of 100% sesame and 10% chickpea.

### Materials and Methods

To evaluate the effects of different intercropping arrangements of sunflower, sesame and red bean on growth characteristics, yield components and yield, a field experiment was conducted at Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran during two growing seasons of 2009-2010 and 2010-2011. For this purpose a randomized complete block design with six treatments and four replications was used. Treatments were: (A) one row for each special intercropping, (B) row intercropping (two rows for each species), (C) strip intercropping (four rows for each species) and (D) sole crop of sunflower, (E) sole crop of red bean and (F) sole crop of sesame (twelve rows for each species).

#### Land equivalent ratio (LER)

Land equivalent ratio of sunflower, sesame and red bean was calculated (Sullivan, 2003) as:

$$LER = Y_1/L_1 + Y_2/L_2$$

Where  $Y_1$  and  $Y_2$  represent sunflower, sesame and red bean yield in intercropping and  $L_1$  and  $L_2$  represent sunflower, sesame and red bean yield in mono-culture, respectively.

Statistical analyses: SAS ver. 9.1 and MSTAT-C softwares were used for statistical analysis. To compare the means, Duncan's multiple range test at 5% probability level was used.

### Results and Discussion

Results showed that the growth characteristics, yield and yield components of sunflower, sesame and red bean were significantly ( $p \leq 0.01$ ) affected by different intercropping arrangements. There was a decreasing trend in these parameters from intercropped towards the sole crop for sesame and red bean and an increasing trend for sunflower. The highest biological and economic yield of sesame (4751 and 2207 kg ha<sup>-1</sup>, respectively) and red bean (5701 and 2719 kg ha<sup>-1</sup>, respectively) were observed in monoculture. There was a decreasing trend in land equivalent ratio (LER) from row intercropped toward, strip cropping. Maximum and minimum LER were

1, 2 & 3- Professor, PH.D Student in Crop Ecology and PH.D Student in Agroecology; Respectively, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(\* - Corresponding Author Email: h.zarghani2004@yahoo.com)

observed in A and C with 1.38 and 1.02, respectively.

### Conclusions

According to the results, intercropping of sunflower, sesame and red bean can be beneficial in terms of ecological management. In general the arrangements of sunflower, sesame and red bean could be recommended for achieving high yield in sunflower in this region.

**Keywords:** LER, Row intercropping, Strip intercropping