نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۲۴۳-۲۲۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 2, Summer. 2016, p. 226-243

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

علیرضا کوچکی[۱] - هادی زرقانی[۲*] - علی نوروزیان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی و مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان (*Helianthus annus* L.)، لوبیاقرمز (*Phaseolus calcaratus* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای‌عملکرد، 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 شش‌تیمار و چهارتکرار انجام شد. ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط 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 نشان‌داد که اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر خصوصیات رویشی، اجزای‌عملکرد، عملکردبیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص‌برداشت آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) بود، ولی اثر سال بر عملکرد و اجزای‌عملکرد سه گونه زراعی غیرمعنی‌دار بود. با تغییر ترکیب کاشت از کشت‌ردیفی به‌سمت کشت‌خالص مقدار آن‌ها برای لوبیا و کنجد افزایش و برای آفتابگردان کاهش‌یافت. بیش‌ترین مقدار عملکردبیولوژیک و عملکرد دانه کنجد، میانگین دو سال (به‌ترتیب با ۴۷۵۱ و ۲۲۰۷کیلوگرم در هکتار) و لوبیا (به‌ترتیب با ۶۵۸۸ و ۲۷۱۹کیلوگرم در هکتار) برای کشت‌خالص و بیش‌ترین مقدار عملکردبیولوژیک و عملکرد دانه برای آفتابگردان برای کشت‌مخلوط ردیفی (۱۲۴۲۹، ۵۵۴۵کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. ارزیابی نسبت برابری‌زمین (LER) نشان‌داد که بیش‌ترین LER با ۱/۳۴ برای ترکیب ردیفی و کم‌ترین LER با ۱/۰۱ برای ترکیب نواری چهارردیفه مشاهده‌شد. بدین‌ترتیب، به‌تدریج با تغییر روش کشت ردیفی به‌سمت مخلوط‌نواری، LER کاهش پیداکرد.

واژه‌های کلیدی: کشت‌مخلوط ردیفی، کشت‌مخلوط نواری، نسبت برابری‌زمین

مقدمه

امروزه روند کشت‌وکار محصولات‌زراعی به‌تدریج از اصول اکولوژیک خارج‌شده و به‌سمت دیدگاه‌های صرفاً اقتصادی پیش‌رفته است که این امر نه‌تنها سبب تخریب منابع‌طبیعی و محیط‌زیست شده‌است بلکه با کاهش کارایی‌مصرف نهاده نیز همراه است. علاوه‌براین، سیستم‌های کشاورزی رایج به‌گونه‌ای سازمان‌دهی شده‌اند که تنوع‌زیستی را به‌حداقل ممکن کاهش‌داده‌اند که این‌امر باعث بی‌ثباتی عملکرد اقتصادی، افزایش خسارت آفات و بیماری‌ها و کاهش کیفیت محصولات‌زراعی شده است (Kocheki and Soltani, 1998 ; Geno and Geno, 2001). کشت‌مخلوط یکی از روش‌های زراعی با قدمتی‌دیرینه است که کشاورزان در جهت بهبود شرایط‌زراعی و افزایش سازگاری با طبیعت درپیش گرفته‌اند (Zhang *et al*, 2008 ;Taghizadeh, and Kochaki, 1995).

کشت‌مخلوط کاشت هم‌زمان دو یا چندگونه‌ی گیاهی در یک قطعه‌زمین بوده که می‌تواند میزان عملکرد و پایداری‌تولید را در مقایسه با تک‌کشتی به‌ویژه در شرایط کم‌نهاده بهبود بخشد (Jahan, 2004; Sastava *et al.*, 2004). سیستم‌های کشت‌مخلوط علاوه‌بر حفظ تعادل‌اکولوژیک و ثبات آن، اهدافی نظیر بهره‌برداری حداکثر از منابع‌محیطی نظیر آب و موادغذایی، بهبود کمّی و کیفی عملکرد، کاهش خسارت ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز و بالاخره بهبود شرایط اجتماعی مانند ثبات بیش‌تر اقتصادی و تغذیه مناسب انسان را نیز به‌دنبال دارند (Mazaheri *et al*, 1994 ; Bromer, 1998 ; Biabania *et al*, 2008). بدین‌ترتیب، کشت‌مخلوط با افزایش تعدادگونه در واحدسطح به‌عنوان راه‌کاری اکولوژیک برای بهبود تولید پیشنهاد شده‌است، و روشی برای افزایش تنوع‌زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی می‌باشد (Mahdavi *et al*, 2006 ;Mazaheri, 1998) در مورد کشت‌مخلوط دو یا چندگیاه نتایج متفاوتی گزارش‌شده و دلایل‌مختلفی برای موفقیت کشت‌مخلوط گونه‌های مختلف ارائه شده‌است. مبنای افزایش عملکرد در انتخاب یک‌گونه در کشت‌مخلوط می‌تواند ناشی از اختلافات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته و حجم

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)

گیاه، وضعیت آرایش برگ‌ها و اختلافات فیزیولوژیکی هم‌چون عادت رشد (از قبیل رشدمحدود یا رشدنامحدود) و طول دوره‌ی‌رشد باشد (Karimi and Azizi, 1994). کشت‌مخلوط گیاهان خانواد بقولات با سایر گیاهان علاوه‌بر بهبود حاصل‌خیزی خاک، موجب استفاده بهینه از زمین نیز می‌شود. در این سیستم کاشت، نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله بقولات به گیاهان همراه آن‌ها منتقل‌شده که این‌امر می‌تواند به پایداری عملکرد در کشاورزی کم‌نهاده کمک کند (Banik *et al*, 2006).

نتایج آزمایش‌های مختلف حاکی از سودمندی کشت‌مخلوط نسبت به تک‌کشتی است. Rodrigues-Gomez *et al*, 2003 گزارش‌کردند که در کشت‌مخلوط جعفری (*Petroselinum sativum*) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* Mill.) بیماری بلایت‌زودرس گوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج مطالعه انجام‌شده روی کشت‌مخلوط نعناع (*Mentha Piperita* L.) و شمعدانی‌معطر (*Pelargonium species*) نشان‌داد که زیست‌توده علف‌های‌هرز در مقایسه با کشت‌خالص در حدود ۴۰درصد کاهش‌یافت (Rajeswara, 2002) در کشت‌مخلوط شنبلیله با باقلا (*Vicia faba* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) مشاهده‌شد که تراکم گل‌جالیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محققان دلیل این‌امر را به ترشح موادآللوپاتیک از ریشه گیاه شنبلیله و تأثیر آن را بر گل‌جالیز ذکرکردند (Fernandez *et al*, 2008). مطالعه آرایش‌های مختلف کشت‌مخلوط زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris L.*) نشان‌داد که عملکرد زیره‌سبز در مخلوط‌ردیفی در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت (جهانی، ۱۳۸۵). در کشت‌مخلوط زیره‌سبز و نخود (*Cicer arietinum* L.) مشاهده‌شد که کشت‌مخلوط موجب افزایش عملکرد زیره‌سبز شد، ولی با کاهش نسبت تراکم عملکرد نخود به‌صورت خطی کاهش‌یافت (Abasi, 2004). Maffei and Mucciarelli, 2003 گزارش‌کردند که در کشت‌مخلوط سویا و نعناع، عملکرد و کیفیت نعناع در مقایسه با کشت‌خالص افزایش‌یافت. نتایج مطالعه دوساله روی کشت‌مخلوط نخود با سبزیجات‌زمستانی 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.) نشان‌داد که در سال اول بیش‌ترین عملکرد نخود برای کشت‌مخلوط با گشنیز و در سال دوم برای مخلوط با سیب‌زمینی به‌دست آمد (Hossein *et al*, 2005). Prasad *et al*, 2001 گزارش‌کردند که کشت‌مخلوط سیب‌زمینی با شنبلیله سبب افزایش سود حاصل از زمین شد. در کشت‌مخلوط فلفل (*Capsicum annuum* L.) و سیر (*Allium sativum* L.) نیز بیش‌ترین نسبت برگشت سرمایه و بالاترین سودخالص از کشت‌مخلوط این دو گیاه و کم‌ترین برگشت سرمایه و کم‌ترین سودخالص از کشت‌خالص فلفل به‌دست آمد (Suresha *et al*, 2007).

در این تحقیق سه‌گیاه آفتابگردان، لوبیا و کنجد جهت بررسی سودمندی‌مخلوط نسبت به تک‌کشتی از نظر عملکرد دانه انتخاب شدند. بدین‌ترتیب، 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 شرایط‌محیطی و منابع‌غذایی انتخاب‌شدند، علاوه‌براین، سیستم ریشه‌ای متفاوت این سه‌گونه طوری‌است که برای جذب موادغذایی 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 کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر عملکرد، اجزای‌عملکرد و تعیین بهترین ترکیب‌مخلوط برای این گونه‌ها در شرایط آب‌وهوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان زراعی رقم رکورد (تک‌طبق)، کنجد (توده کلات)، چندشاخه و لوبیاقرمز (توده مشهد) بر خصوصیات رویشی، عملکرد و اجزای‌عملکرد 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 شش‌تیمار و چهارتکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مخلوط‌ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (A)، مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه) (B)، مخلوط‌نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) (C)، کشت‌خالص آفتابگردان (D)،کشت‌خالص کنجد (E) و کشت‌خالص لوبیاقرمز (F) (۱۲ ردیف از هر گونه) بود. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش در سال اول و دوم، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰سانتی‌متر خاک انجام‌شد و باتوجه به‌این‌که آزمایش در یک‌مزرعه ولی در دو مکان متفاوت انجام‌شد، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو سال اندازه‌گیری گردید (جدول ۱).

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

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in experiment

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

اولین‌آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به‌فاصله هر هفت‌روز یک‌بار تا پایان فصل‌رشد به‌شیوه نشتی انجام‌شد. گیاهان در مرحله چهار-شش برگی برای دست‌یابی به‌تراکم‌های موردنظر شامل ۸، ۱۳ و ۲۰بوته در مترمربع به‌ترتیب برای آفتابگردان، لوبیا و کنجد تنک‌شدند و در کشت‌خالص و مخلوط تراکم یکسانی داشتند. وجین‌دستی علف‌های‌هرز در سه‌مرحله پس از کاشت انجام‌گرفت. قابل‌ذکر است که در دوره آزمایش هیچ ماده‌شیمیایی اعم از کود، علف‌کش و یا آفت‌کش استفاده نشد.

به‌منظور برداشت نهایی در مرحله رسیدگی‌فیزیولوژیک از نیمه‌بالایی هر کرت تعداد ۱۰بوته برداشت‌کرده و بعد از انتقال به‌آزمایشگاه، خصوصیات‌رویشی و اجزای‌عملکرد هر سه‌گونه آفتابگردان (شامل ارتفاع و قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن ۱۰۰۰دانه) لوبیاقرمز (شامل تعداد شاخه‌فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰دانه) و کنجد (شامل ارتفاع ساقه، مجموع طول شاخه‌های فرعی، تعداد شاخه‌فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰دانه) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین به‌منظور سنجش میزان عملکردنهایی در نیمه‌ی‌دیگر هر کرت، حاشیه‌ها ۰/۵متر از بالا و پایین کرت‌ها حذف‌شد و از نیمه‌ی‌پایین کرت در ۲تیمار کشت‌ردیفی، شش‌ردیف وسطی که برای هر محصول در کشت‌مخلوط یک‌متر و برای کشت‌خالص سه‌متر شد و از کرت‌های با کشت‌نواری از ۲ردیف وسط هر نوار یک‌متر برداشت شد. در کرت‌های کشت‌مخلوط از هرکدام از محصولات یک‌متر‌مربع و در کرت‌های کشت‌خالص سه‌متر‌مربع برداشت‌شده و پس از خشک‌شدن، عملکرد دانه، عملکردبیولوژیک و در نهایت شاخص‌برداشت محاسبه‌شد و عملکرد دانه و بیولوژیک هر محصول بر مبنای یک‌هکتار محاسبه گردید. به‌منظور ارزیابی ترکیب‌های مختلف کاشت نسبت برابری‌زمین با استفاده از معادله (۱) تعیین شد:

در کشت‌خالص / میانگین عملکرد A در کشت‌مخلوط= LER_A

میانگین عملکرد گونه A گونه

در کشت‌خالص / میانگین عملکرد B در کشت‌مخلوط= LER_B

میانگین عملکرد گونه B گونه

در کشت‌خالص /میانگین عملکرد C در کشت‌مخلوط= LER_C

میانگین عملکرد گونه C گونه

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

اگر LER>1 کشت‌مخلوط سودمند است، اگر LER=1 کشت‌مخلوط با تک‌کشتی تفاوتی ندارد و اگر LER<1 باشد کشت‌خالص نسبت به مخلوط برتری دارد (Sullivan, 2003; Connolly *et al*, 2001).

تجزیه‌مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS ver. 9.1 و MSTAT-C انجام شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج‌درصد انجام‌گرفت. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزارMS-Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر خصوصیات رویشی و عملکرد آفتابگردان

نتایج تجزیه‌واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر خصوصیات رویشی، اجزای‌عملکرد، عملکردبیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص‌برداشت آفتابگردان در جدول ۲ نشان‌داده شده‌است.

اثر ترکیب‌های مختلف کاشت بر ارتفاع و قطر ساقه، قطر طبق، اجزای‌عملکرد، عملکردبیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص‌برداشت آفتابگردان معنی‌دار (p<۰/۰۱) بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع و قطر ساقه و اجزای‌عملکرد آفتابگردان در جدول ۳ ارائه شده‌است.

بیش‌ترین ارتفاع ساقه آفتابگردان برای کشت‌خالص (۱۸۲سانتی‌متر) و کم‌ترین میزان آن برای کشت‌ردیفی (۱۶۶سانتی‌متر) مشاهده‌شد (جدول ۳). باتوجه به غالب‌بودن کانوپی آفتابگردان در مقایسه با لوبیا و کنجد، چنین به‌نظر می‌رسد که کشت‌خالص آفتابگردان به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای برای جذب نور باعث افزایش ارتفاع شده است.

جدول ۲- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع، اجزای‌عملکرد 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	عملکردبیولوژیک Biological Yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest Index
سال (A) Year(A)	1	8	0.006 ^{ns}	0.56 ^{ns}	1262 ^{ns}	16.5 ^{ns}	45662 ^{ns}	48959^{ns}	0.45 ^{ns}
سال (تکرار) Year(Rep)	6	15.4	0.011	2.89	762	2.07	490045	28159	19.6
کشت‌مخلوط intercropping	3	373.3**	1.72**	143.2**	484045**	549.7**	753038805**	19351294**	168.4**
کشت‌مخلوط * سال Intercropping * year	3	۰/001^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.2 ^{ns}	312 ^{ns}	3.8 ^{ns}	399895 ^{ns}	1980^{ns}	10.5 ^{ns}
خطای b Error b	18	2.75	0.02	0.65	2996	6.3	171647	75333	13.3
کل Total	31	-	-	-	-	-	-	-	-

ns ، * و **: بترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج‌درصد و یک‌درصد

^{ns}, * and ** non-significant and, significant at 1% and 5% probability level, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا (میانگین دو سال) بر خصوصیات رویشی و اجزای‌عملکرد 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 ۱۰۰۰ seed weight(g)
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 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: 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

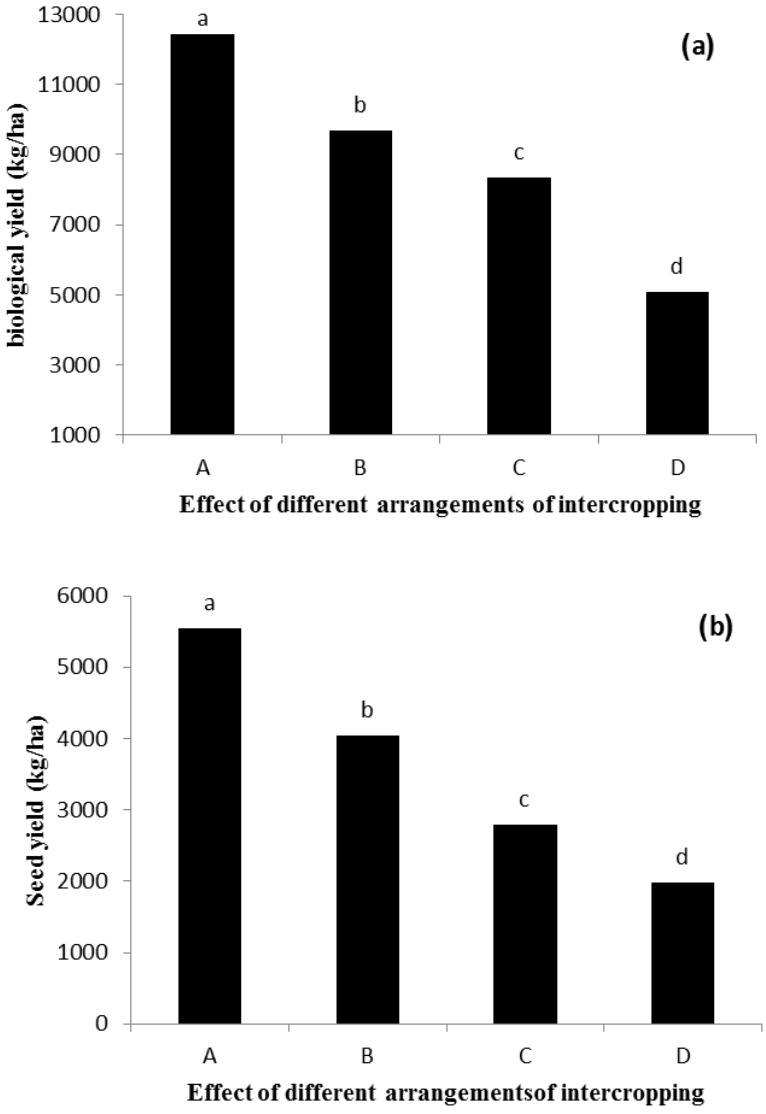
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

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

بیش‌ترین و کم‌ترین قطر طبق و ساقه نیز به‌ترتیب برای کشت‌ردیفی (به‌ترتیب با ۲۴/۵ و ۲/۴۶سانتی‌متر) و کشت‌خالص (به‌ترتیب با ۱۴/۷ و ۱/۴۹سانتی‌متر) حاصل‌شد (جدول ۳). نتایج بررسی (Mosavian *et al*, 2000) روی نسبت‌های مختلف کشت‌مخلوط دو گونه ذرت و آفتابگردان نشان‌داد که بیش‌ترین قطر طبق (۲۴سانتی‌متر) برای نسبت ۵۰:۵۰ به‌دست آمد.

بیش‌ترین تعداد دانه در طبق آفتابگردان برای مخلوط‌ردیفی (۱۱۰۲دانه در طبق) و کم‌ترین تعداد آن برای کشت‌خالص (۵۵۳دانه در طبق) حاصل‌شد (جدول ۳). نتایج بررسی کشت‌مخلوط ذرت و سویا نشان‌داد که بیش‌ترین تعداد دانه در گیاه برای الگوی کشت

سه‌ردیف سویا، ۲ردیف ذرت و سه‌ردیف سویا به‌دست آمد (Mansouri, 2010).



شکل ۱- اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد(میانگین دو سال) بر (a) عملکردبیولوژیک 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 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: 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

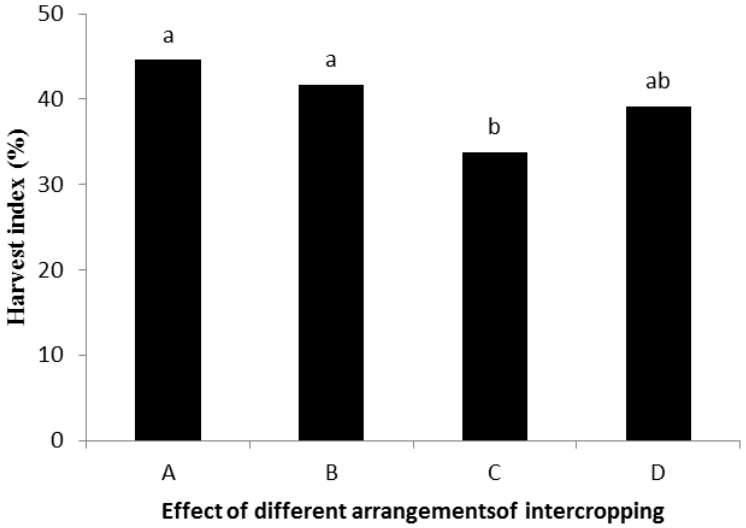
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

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

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر وزن ۱۰۰۰دانه آفتابگردان نشان‌داد که بیش‌ترین وزن ۱۰۰۰دانه برای تیمار کشت‌ردیفی (۶۴/۷گرم) و کم‌ترین وزن ۱۰۰۰دانه برای تیمار کشت‌خالص (۴۴/۷گرم) مشاهده‌شد (جدول ۳). در آزمایشی که (Jahani *et al*, 2008) روی کشت‌مخلوط زیره‌سبز و عدس انجام‌دادند، بیان‌داشتند که بالاترین وزن ۱۰۰۰دانه عدس (۳۵/۵گرم) برای مخلوط‌ردیفی دو گونه به‌دست آمد. اگرچه نتایج برخی تحقیقات تأییدکننده تأثیر مثبت مدیریت‌زراعی از جمله به‌کارگیری الگوهای مختلف کشت‌مخلوط بر وزن دانه می‌باشد ، ولی نتایج برخی تحقیقات (Kocheki *et al*, 2009) نیز نشان داده‌است که ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه ندارد.

به‌طورکلی، به‌نظر می‌رسد که در شرایط به‌کارگیری مخلوط‌ردیفی، آفتابگردان به‌دلیل ارتفاع بلندتر، کانوپی بزرگ‌تر و سیستم‌ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تر در مقایسه با سایر گونه‌ها در رقابت پیروز بود. درنتیجه کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های آفتابگردان سبب بهبود رشدرویشی در شرایط حضور این گونه‌های همراه شده‌است. بدین‌ترتیب، خصوصیات‌رویشی و درنتیجه تولید و تجمع ماده‌فتوسنتزی آفتابگردان در شرایط مخلوط‌ردیفی به‌مراتب بالاتر بود، که این‌امر منجربه بهبود وزن ۱۰۰۰دانه آن شد.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر عملکرد (میانگین دو سال) بیولوژیک و دانه آفتابگردان در شکل ۱ نشان‌داده شده است.



شکل ۲- اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر شاخص‌برداشت (درصد) آفتابگردان

Figure 2- Effect of different arrangementsof intercropping of sunflower, beans and sesame (Average of two years) on harvest index (percent) of sunflower

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: 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

بیش‌ترین و کم‌ترین عملکردبیولوژیک آفتابگردان به‌ترتیب برای کشت‌ردیفی و کشت‌خالص به‌ترتیب با ۱۲۴۲۹ و ۵۰۷۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده‌شد (شکل ۱-a) Rezvan Beidoghti, 2004. نیز بیان‌داشت اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط ذرت با لوبیا بر عملکردبیولوژیک ذرت معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با تغییر از ترکیب‌ردیفی به‌سمت کشت‌خالص از میزان ماده‌خشک کاسته‌شد. به نظر می‌رسد که بیش‌ترین نور جذب شده تحت‌تأثیر بهره‌برداری حداکثر از نیتروژن تثبیت‌شده و احتمالاً بهبود شرایط بیولوژیکی در ترکیب‌ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا حاصل‌شده است. باتوجه 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 کشت‌مخلوط ردیفی

با ۵۵۴۵کیلوگرم در هکتار مشاهده‌شد، و کم‌ترین عملکرد دانه در کشت‌خالص با ۱۹۸۲کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. اجزای‌عملکرد آفتابگردان در شرایط مخلوط با سایر گونه‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر از کشت‌خالص بود (جدول ۳). نتایج بررسی انجام‌شده روی کشت‌مخلوط ذرت و لوبیا نشان‌داد که با جابه‌جایی از کشت‌خالص به‌سمت الگوی‌ردیفی در کشت‌مخلوط، عملکرد ذرت افزایش پیداکرد (Rezvan Beidokhti, 2004). افزایش عملکرد ذرت در ترکیب‌ردیفی در مقایسه با کشت‌خالص به‌علت توان رقابتی بالاتر ذرت در جذب منابع‌غذایی در مقایسه با لوبیا و سطح‌برگ بیش‌تر این گیاه در مخلوط تحت‌تأثیر بهره‌گیری از گونه همراه تثبیت‌کننده نیتروژن بوده است.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر شاخص‌برداشت آفتابگردان در شکل ۲ ارائه شده‌است.

بیش‌ترین شاخص‌برداشت آفتابگردان برای ترکیب مخلوط‌ردیفی (۴۴درصد) مشاهده‌شد که از این‌جهت با ترکیب ردیفی 2ردیفه (۴۲/۴درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت، کم‌ترین شاخص‌برداشت نیز برای کشت‌مخلوط نواری با ۳۳/۸درصد حاصل‌شد (شکل ۲).

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر خصوصیات رویشی و عملکرد کنجد

نتایج تجزیه‌واریانس خصوصیات‌رویشی، اجزای‌عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص‌برداشت کنجد در جدول ۴ ارائه شده‌است.

جدول٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع، اجزای‌عملکرد 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 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 ۱۰۰۰دانه ۱۰۰۰ seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکردبیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index
سال (A) Year(A)	1	5 ns	0.07 ns	108.7 ns	3.4 ns	1.16 ns	18312 ns	0.001 ns	10970.5 ns	45105.5 ns	40.5 ns
سال (تکرار) Year(Rep)	6	1.7	0.1	256.4	6.03	5.05	53890	0.07	34572.1	4808	10.2
کشت‌مخلوط intercropping	3	85.9**	2.3**	25446**	517**	33.7**	1453520**	0.1 ns	963936.7**	3012266.2**	42.5*
کشت‌مخلوط * سال Intercropping * year	3	0.58 ns	0.006 ns	3.03 ns	۰/24 ns	۰/64 ns	3149 ns	0.04 ns	1729.2 ns	67533 ns	7.1 ns
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 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

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر خصوصیات رویشی و زایشی کنجد شامل ارتفاع ساقه، مجموع طول شاخه‌های فرعی، اجزای عملکرد، عملکردبیولوژیک، عملکرد دانه، عملکردبیولوژیک در سطح (p<۰/۰۱) و شاخص‌برداشت در سطح (p<۰/۰۵) معنی‌دار

مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر خصوصیات‌رویشی و اجزای‌عملکرد کنجد در جدول ۵ نشان‌داده شده‌است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع و اجزای‌عملکرد 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 فرعی در بوته No. of lateral branch per plant	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 ۱۰۰۰دانه seed۱۰۰۰ weight (g)
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: کشت‌خالص 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

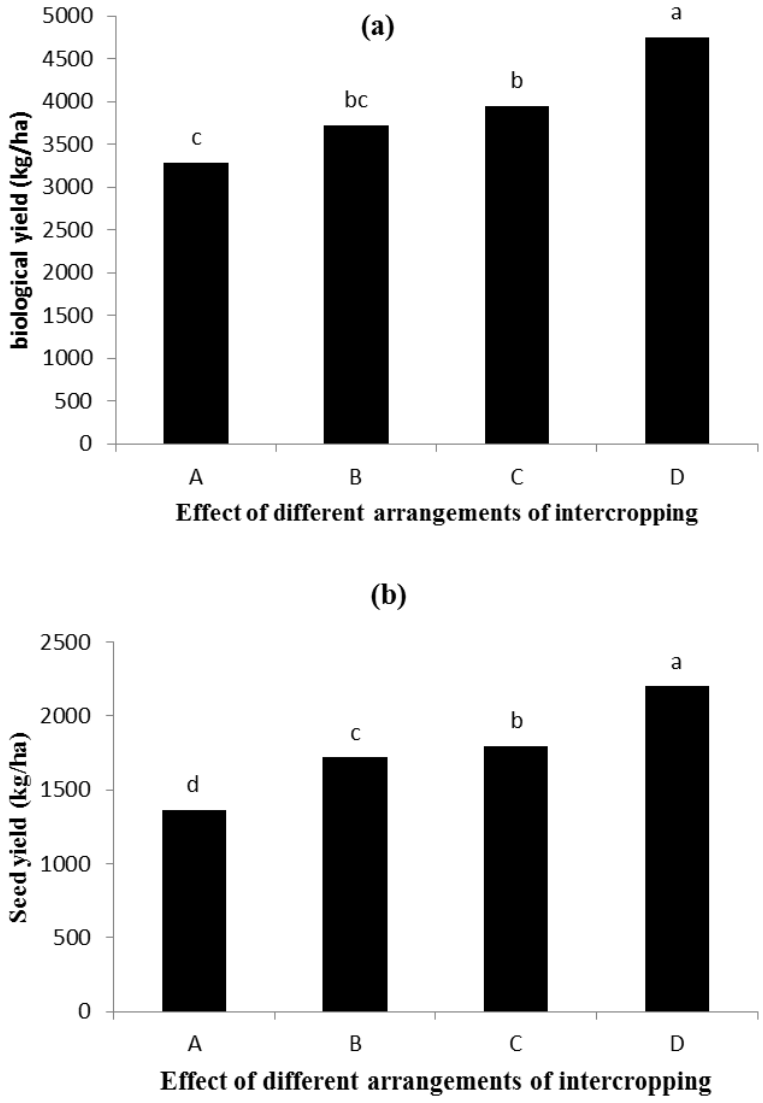
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

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

بیش‌ترین ارتفاع بوته کنجد برای کشت‌خالص (۱۰۷/۵سانتی‌متر) و کم‌ترین آن مربوط به مخلوط‌ردیفی (۹۹/۸سانتی‌متر) بود. بیش‌ترین تعداد و مجموع شاخه‌فرعی در بوته برای کشت‌خالص (به‌ترتیب با ۳/۹۳شاخه‌فرعی در بوته و ۲۲۴/۶سانتی‌متر) و کم‌ترین مقدار برای ترکیب ردیفی (به‌ترتیب با ۲/۶۷ شاخه‌فرعی در بوته و ۹۶/۸سانتی‌متر) مشاهده‌شد. تعداد کپسول در بوته کنجد برای ترکیب مخلوط‌ردیفی نسبت به کشت‌خالص به‌ترتیب ۲۷درصد کاهش‌یافت. اگرچه ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط تأثیر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰۰دانه کنجد نداشت، ولی بیش‌ترین وزن ۱۰۰۰دانه در شرایط خالص با ۳/۵۲گرم مشاهده‌شد (جدول ۶). نتایج مطالعه مخلوط کنجد با لوبیاچشم‌بلبلی، ماش و سویا نیز کاهش تعداد کپسول در بوته کنجد را تأیید کرد، به‌طوریکه بیش‌ترین تعداد کپسول برای کشت‌خالص با ۴۷/۸ کپسول در بوته به‌دست آمد (Bahati *et al*, 2005). نتایج برخی مطالعات نیز نشان‌داده است که اثر ترکیب‌های مختلف مخلوط گندم (Bajwa *et al*, 1992) و کنجد (Bahati *et al*, 2005) تأثیر معنی‌داری به‌ترتیب بر تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در کپسول نداشت، از طرف دیگر، Zav *et al*, (1992) گزارش‌نمودند که در کشت‌مخلوط کنجد با گندم تعداد دانه در کپسول به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار گرفت. Zav *et al*, 1992 و Bahati, 2005 نیز گزارش‌نمودند که بیش‌ترین وزن ۱۰۰۰دانه کنجد در شرایط مخلوط با بقولات و گندم، در شرایط‌خالص حاصل شد. به‌طورکلی، با مقایسه نتایج در ترکیب‌های مختلف مخلوط مشخص‌شد که با افزایش تعداد ردیف در کشت‌مخلوط از ترکیب‌های ردیفی به‌سمت نواری و در نهایت کشت‌خالص، به‌دلیل کاهش رقابت درون‌گونه‌ای با گیاه غالب آفتابگردان، خصوصیات‌رشدی و به‌تبع آن فتوسنتز گیاه کنجد افزایش‌یافت.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر عملکردبیولوژیک و دانه کنجد در شکل ۳ نشان‌داده شده‌است.

بیش‌ترین عملکردبیولوژیک و دانه کنجد به‌ترتیب برای کشت‌خالص (به‌ترتیب با ۴۷۵۱ و ۲۲۰۷کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین مقدار برای ترکیب کشت‌ردیفی (به‌ترتیب با ۳۲۸۷ و ۱۳۶۱کیلوگرم در هکتار) مشاهده‌شد (شکل ۳). نتایج آزمایش Bahati *et al,* 2005 روی کشت‌مخلوط کنجد با لوبیاچشم‌بلبلی، ماش و سویا تأییدنمود که عملکرد دانه در تمام ترکیب‌های مخلوط نسبت به کشت‌خالص کنجد کاهش‌یافت. نتایج برخی مطالعات نیز نشان‌داده است که اختلاط تعدادی از ارقام گندم و ذرت به‌دلیل افزایش رقابت باعث کاهش عملکرد شد (Chapman *et al*., 1989). بدین‌ترتیب، با مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت کنجد مشخص‌است که بهره‌گیری از کشت‌مخلوط به‌دلیل کاهش خصوصیات‌رشدی و اجزای‌عملکرد کنجد (جدول ۵) تحت‌تأثیر افزایش رقابت بین‌گونه‌ای با بوته‌های غالب آفتابگردان، در نهایت منجربه کاهش عملکرد شد.



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

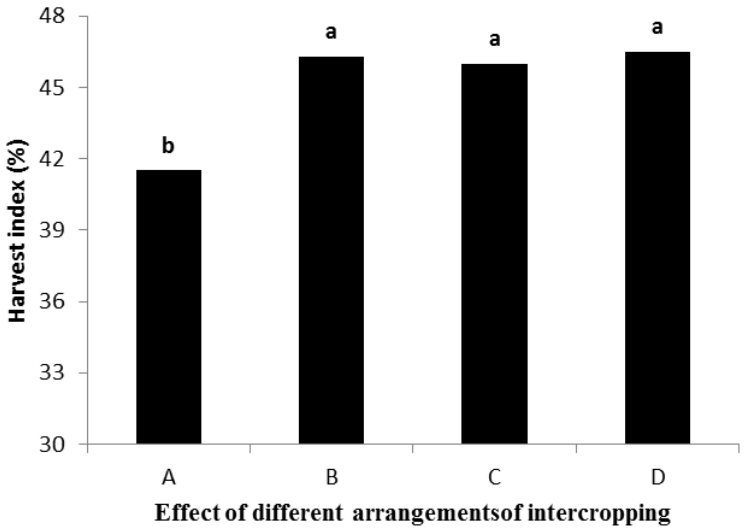
Figure 3- Effect of different arrangements of intercropping sunflower, beans and sesame (Average of two years) on (a) biological yield and (b) seed yield (kg per hectare)of sesame

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: کشت‌خالص 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 پنج‌درصد 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 ٤- اثر ترکیب‌های مختلف کشت در مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر شاخص‌برداشت کنجد

Figure 4- Effect of different arrangementsof 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: کشت‌خالص 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 پنج‌درصد 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

بیش‌ترین شاخص‌برداشت کنجد در شرایط خالص (۴۶/۵درصد) مشاهده‌شد که با ترکیب‌های نواری 2ردیفه و چهارردیفه از این‌نظر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴). کم‌ترین شاخص‌برداشت (۴۱/۵درصد) برای ترکیب‌ردیفی به‌دست آمد. Sing and Gopta, 1993 و Ahmad, 1997 نیز کاهش معنی‌دار شاخص‌برداشت گندم را در شرایط مخلوط گزارش‌نمودند.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر خصوصیات رویشی و عملکرد لوبیا

نتایج تجزیه‌واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص‌برداشت لوبیا در جدول ۱ نشان‌داده شده است.

بیش‌ترین تعداد شاخه‌فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته لوبیاقرمز مربوط به کشت‌خالص (به‌ترتیب با ۷/۱شاخه‌فرعی در بوته، ۲۹/۱غلاف در بوته، ۳/۴دانه در غلاف و ۱۰۱/۶دانه در بوته) و کم‌ترین آن‌ها برای ترکیب‌ردیفی (به‌ترتیب با ۴/۷شاخه‌فرعی در بوته، ۱۵/۲غلاف در بوته، ۲/۹دانه در غلاف و ۴۵/۱دانه در بوته) بود (جدول ۷). مقایسه تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر اجزای‌عملکرد لوبیا به‌عنوان گیاهی رونده که در زیر کانوپی گیاه غالب آفتابگردان رشد می‌کند، نشان‌داد که خصوصیات‌رشدی لوبیا نیز همانند کنجد با افزایش ردیف در کشت‌مخلوط از ترکیب ردیفی به نواری و سپس کشت‌خالص، افزایش‌یافت که این‌امر در نتیجه منجربه بهبود اجزای‌عملکرد آن شد. نتایج آزمایش Koocheki *et al*, 2009 نیز نشان‌داد که با کاهش نسبت لوبیا در کشت‌مخلوط با ذرت، تعداد غلاف در بوته از ۲۲غلاف به 9غلاف و تعداد دانه در غلاف از چهاردانه به کم‌تر از یک‌دانه در غلاف کاهش‌یافت، آن‌ها دلیل این‌امر را به افزایش رقابت بین‌گونه‌ای با ذرت نسبت‌دادند که در نتیجه به‌دلیل کاهش خصوصیات‌رشدی، کاهش اجزای‌عملکرد را به‌دنبال داشت.

بالاتربودن تعداد غلاف در کشت‌خالص در مقایسه با ترکیب‌های مختلف در مخلوط ذرت–سویا و ذرت–لوبیا توسط محققان دیگر نیز گزارش شده‌است (Chandel *et*; Rezends, and Ramalho, 1994 *al*, 1987).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر اجزای‌عملکرد 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	تعدادشاخه فرعی No. of lateral branch	تعداد غلاف 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 ns	8 ns	0.05 ns	107.6 ns	1190 ns	7759 ns	2649.9 ns	3.7 ns
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**	338**	0.371**	5296**	15467**	19894248**	1490449**	14.1*
اثر متقابل (AB) Interaction (AB)	3	0.002 ns	0.002 ns	0.03 ns	0.46 ns	67 ns	79424 ns	51.3ns	2.2ns
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، **: معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد

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

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر اجزای‌عملکرد لوبیا (اعداد میانگین دو سال)

Tabel 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 ۱۰۰۰دانه (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 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: کشت‌خالص 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

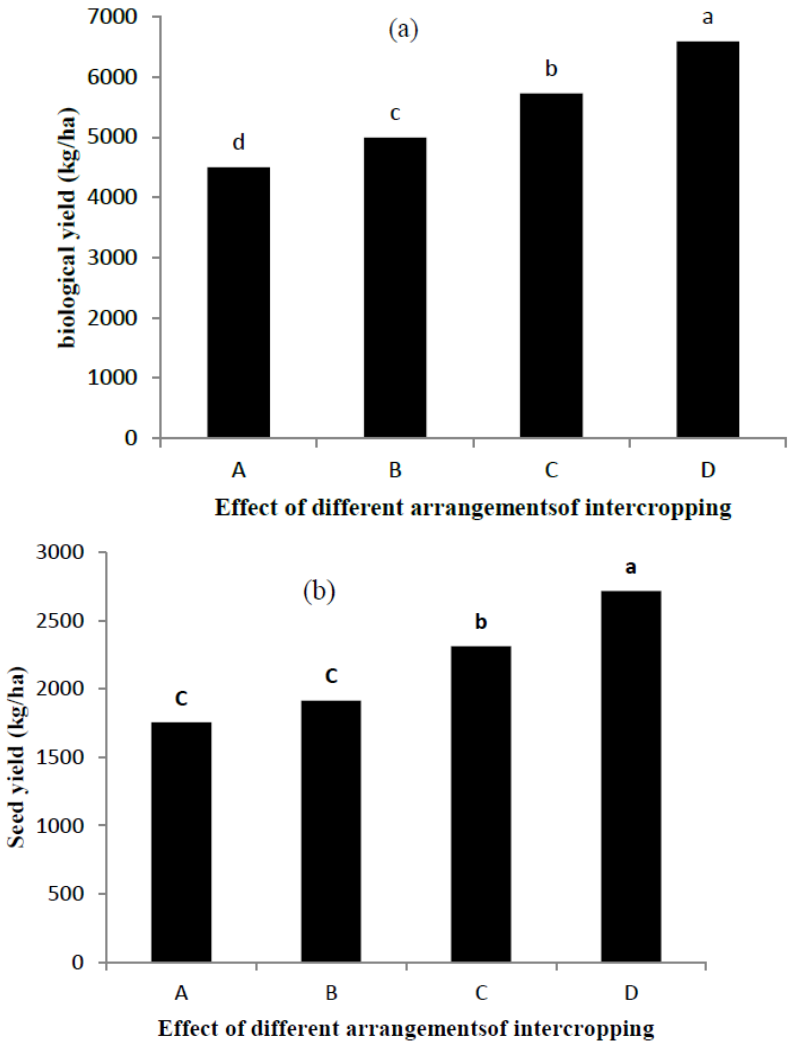
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

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

نتایج آزمایش Rezvan Beidokhti, 2004 نشان‌داد که تعداد غلاف‌پوک لوبیا، تحت‌تأثیر ترکیبات مختلف کشت‌مخلوط با ذرت قرارنگرفته است و باتوجه به نتایج ایشان به‌نظر می‌رسد که افزایش رقابت بین‌گونه‌ای در کشت‌مخلوط تاثیر چندانی بر پُرشدن دانه‌ها در غلاف برای لوبیا نداشته است. Elmore *et al*, 1984 نیز گزارش‌کردند که عملکرد سویا در شرایط مخلوط با سورگوم، به‌علت تعداد کم‌تر غلاف در گیاه و تعداد بذر کم‌تر در غلاف کاهش پیداکرد.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط با آفتابگردان و کنجد بر عملکردبیولوژیک و عملکرد دانه لوبیا (میانگین دو سال) در شکل ۵ نشان‌داده شده‌است.

بیش‌ترین عملکردبیولوژیک و دانه لوبیا برای کشت‌خالص (به‌ترتیب با ۶۵۸۸ و ۲۷۱۹کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین مقدار آن برای ترکیب ردیفی (به‌ترتیب با ۴۴۹۸ و ۱۷۵۴کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (شکل ۵).



شکل ۵- اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر (a) عملکردبیولوژیک 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 نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت‌خالص 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

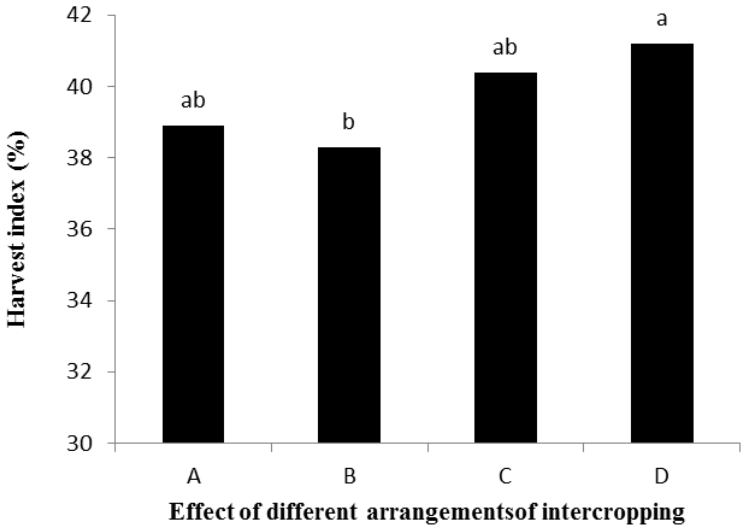
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

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

Mansori, 2010 گزارش‌نمود که بیش‌ترین عملکرد سویا در شرایط مخلوط با ذرت، برای کشت‌خالص مشاهده‌شد، وی دلیل این‌امر را به سایه‌اندازی بیش‌تر ذرت بر سویا تعداد غلاف در بوته کاهش‌یافت و سبب کاهش عملکرد گردید.

نتایج مطالعه‌ای دیگر نیز نشان‌داد که اثر ترکیب‌های کشت‌مخلوط با ذرت بر عملکرد لوبیا معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با جابه‌جایی از کشت‌خالص به‌سمت مخلوط ردیفی، عملکرد ۳۶درصد کاهش‌یافت (Rezvan Beidokhti 2004). Jindal and Gupta, 1984 نشان‌دادند که جهت بهبود عملکرد در لوبیا بایستی به تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف توجه‌داشت، زیرا این اجزاء همبستگی بالایی با عملکرد دارد. از سوی‌دیگر، گزارش شده‌است که تعداد دانه در غلاف در کشت‌مخلوط و خالص تفاوت معنی‌داری ندارند (Zaffaroni, 1991). باتوجه به همبستگی مثبت عملکرد با تعداد غلاف در بوته (Jahani, 2006) به‌نظر می‌رسد که کاهش تعداد غلاف در گیاه که ناشی از کاهش تعداد گل‌های بارور حاصل از افزایش رقابت بین‌گونه‌ای در کشت‌مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد است، سبب کاهش عملکرد لوبیا شده است، بدین‌ترتیب، از آنجاکه تعداد غلاف در بوته به‌عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد در شرایط مخلوط در مقایسه با کشت‌خالص کاهش‌یافته است، به‌نظر می‌رسد که کشت‌مخلوط ردیفی ترکیب مناسبی برای لوبیا نبوده است. تعداد غلاف در گیاه مهم‌ترین و حساس‌ترین جزء عملکرد است که تعیین‌کننده عملکرد می‌باشد (Rezends, and Ramalho, 1994) و بالاترین تعداد غلاف لوبیا نیز برای کشت‌خالص مشاهده‌شد (جدول ۷) که این‌امر منجربه 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 کشت‌خالص معرفی‌کرد. به‌طورکلی، عملکرد لوبیا در شرایط مخلوط‌ردیفی با آفتابگردان و کنجد در مقایسه با خالص کاهش‌یافت، که دلیل این‌امر مربوط به سایه‌اندازی آفتابگردان بوده است، زیرا این گونه‌ی‌غالب در شرایط مخلوط روی گونه‌های کوتاه‌تر سایه‌اندازی نموده که در نتیجه کاهش عملکرد را موجب‌شده است (Papendick *et al.*, 1983; Parves *et al.*, 1989; Graham *et al.*, 1988). علاوه‌براین، کارایی بیش‌تر آفتابگردان برای جذب منابع (از جمله نور، آب و موادغذایی) در مقایسه با لوبیا و کنجد Karimi and Azizi, 1994 نیز در نتیجه منجربه کاهش عملکرد لوبیا در شرایط مخلوط شده‌است.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط با آفتابگردان و کنجد بر شاخص‌برداشت لوبیا در شکل ۶ نشان‌داده شده‌است.



شکل ٦- اثر ترکیب‌های مختلف کشت در مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر شاخص‌برداشت 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 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: کشت‌خالص 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

با افزایش ردیف‌های کاشت در شرایط مخلوط با آفتابگردان و کنجد، شاخص‌برداشت لوبیا افزایش‌یافت (شکل ۶)، به‌طوری‌که

بالاترین شاخص‌برداشت با ۴۱/۲درصد برای کشت‌خالص مشاهده‌شد و کم‌ترین میزان نیز با ۳۸/۸درصد برای شرایط مخلوط ردیفی مشاهده‌شد.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر نسبت برابری‌زمین

اثر ترکیب‌های مختلف مخلوط بر نسبت برابری‌زمین جزئی و کل سه گونه‌زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا در جدول ۸ نشان‌داده شده است.

جدول ۸- نسبت کل برابری‌زمین 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 برابری‌زمین (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 برابری‌زمین بر اساس عملکرد دانه در رابطه با عملکرد دانه برای ترکیب مخلوط‌ردیفی برابر با ۱/۳۴ بود. هم‌چنین از آنجاکه نسبت برابری‌زمین برای کلیه ترکیب‌های مخلوط بالاتر از یک بود، مشخص می‌شود که تمامی این ترکیب‌ها در مقایسه با مخلوط سودمند بوده است. با مقایسه نسبت برابری‌زمین بین سه‌گونه آفتابگردان، کنجد و لوبیا مشخص می‌شود که بالاترین نسبت برابری‌زمین جزئی در تمامی ترکیب‌های مخلوط برای آفتابگردان مشاهده‌شد که دلیل این‌امر به غالب‌بودن کانوپی آفتابگردان و بهره‌گیری بیش‌تر و تأثیر مثبت این‌گونه در مقایسه با دیگر گونه‌ها از مخلوط می‌باشد (جدول ۸). Paolini *et al*, 1984 با بررسی مخلوط نخود و آفتابگردان گزارش‌نمودند که نسبت برابری‌زمین بر اساس عملکرد دانه ۱/۲۵ بود. نتایج برخی دیگر از تحقیقات نیز بهبود نسبت برابری‌زمین را نشان داده‌است (Chanthakhoun *et al*., 2008; Gardiner *et al*, 1979; Kumar and Sing, 2006).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی از آنجاکه جذب نور عامل اصلی برای رشد و فتوسنتز گیاهان محسوب می‌شود، برای دست‌یابی به حداکثر بازده در کشت‌مخلوط با وجود مزایای بی‌شمار این الگوی کاشت، انتخاب مناسب گیاهان از اهمیت بالایی برخوردار است. در تیمارهای مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا، کانوپی غالب آفتابگردان در مقایسه با کنجد و لوبیا، به‌دلیل سایه‌اندازی بر دیگر گونه‌ها باعث کاهش جذب نور شد، که این‌امر منجربه کاهش رشد و فتوسنتز و به‌تبع آن کاهش خصوصیات‌رویشی، اجزای‌عملکرد و عملکرد این دو گیاه در شرایط مخلوط در مقایسه با شرایط خالص گردید. هم‌چنین باتوجه به غالب‌بودن آفتابگردان و بالاتربودن نسبت برابری‌زمین برای این گیاه در مقایسه با لوبیا و کنجد، چنین به‌نظر می‌رسد که آفتابگردان از کشت‌مخلوط با لوبیا و کنجد اثر مثبت پذیرفته است.

سپاس‌گزاری

هزینه‌های موردنیاز جهت انجام این طرح، توسط معاونت پژوهش‌وفناوری 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., Kocheki, 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.

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- Brumner, E.C, 1998. Diversity, stability and susainable 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 infprmation 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 varing 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, l., 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 absorbtion 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., Kocheki 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- Kocheki, A. and Soltani A. 1998. Principles and agricultural practices in arid areas. Publication of agricultural education.
27- Kocheki, 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 arientinum*) –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 cornmint *(Mentha arrensis* 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. Allelophathy and microclimatic modification of intercropping with marigold on tomato early blight disease development. Field Crops Research 83:27-34.

43- Sarmdnia, Gh. And Kocheki 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.

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.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 2, Summer. 2016, p. 226-243

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۲۴۳-۲۲۶

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[1]- H. Zarghani[2*]- A. Norooziyan[3]

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:

$LER= Y_1/L_{1+}Y_2/I_2$

Where *Y1* and *Y2* represent sunflower, sesame and red bean yield in intercropping and *L1* and *I2* 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 ($p\leq0.01$) 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^{-1}, respectively) and red bean (5701 and 2719 kg ha^{-1}, 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