نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۶ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۸۶-۷۳، نیمهٔ دوم ۱۳۹۴

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 2, 2015, p. 73-86

بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های مختلف ارزیابی در کشت مخلوط درهم و ردیفی کنجد (*Sesamum indicum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

فرانک نوربخش[1]، علیرضا کوچکی[2*] و مهدی نصیری محلاتی[2]

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۶

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و ارزیابی شاخص‌های کشت مخلوط کنجد و لوبیا تحت شرایط آب و هوایی مشهد، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. دو روش کاشت ردیفی و درهم و پنج نسبت کاشت شامل ۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪ لوبیا، ۲۵٪ کنجد+ ۷۵٪ لوبیا و ۵۰٪ لوبیا+۵۰٪ کنجد، کشت خالص کنجد و کشت خالص لوبیا به‌ترتیب به‌عنوان فاکتورهای اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی قرار گرفتند. بیشترین میزان عملکرد کنجد (۳۱۲۸/۹۳ کیلوگرم در هکتار) در نسبت ۵۰٪ کنجد+۵۰�٪ لوبیا و در مورد لوبیا با ۱۰۸۷/۷۶کیلوگرم در هکتار در کشت خالص مشاهده شد. کاشت ردیفی لوبیا و کنجد به‌ترتیب باعث بهبود ۲۳/۹ و ۴۸/۸۸ درصدی عملکرد دانه نسبت به کشت درهم شد. میزان نسبت برابری زمین (LER) در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود و بالاترین میزان برای تیمارهای کشت ردیفی و نسبت ۵۰٪ لوبیا+۵۰٪ کنجد به‌دست آمد. ضریب ازدحام نسبی (RCC) در نسبت۵۰٪ کنجد+۵۰٪ لوبیا با ۲/۱۹ بالاترین میزان را داشت. در نهایت، با توجه به شاخص تهاجم، لوبیا به‌عنوان گونه غالب تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: شاخص تهاجم، ضریب ازدحام نسبی، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشت مخلوط یکی از روش‌های رایج مورد استفاده در نظام‌های کشاورزی پایدار است که نقش مهمی در افزایش تولید و ثبات عملکرد به جهت بهبود استفاده از منابع و عوامل محیطی دارد (Alizadeh *et al.,* 2010). نتایج تحقیقات در کشورهای مختلف جهان نشان می‌دهد که کشت مخلوط ضمن افزایش تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی باعث افزایش تولید یا سودمندی عملکرد، استفاده کارآمدتر از منابع آب، زمین، نیروی‌کار و عناصر غذایی، کاهش مشکلات ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز (Awal *et al.,* 2006) و بهبود شرایط محیطی برای رشد گیاه می‌شود (Alizadeh *et al.,* 2010). ازجمله مهم‌ترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک کشتی است (Banik *et al.,* 2006). علت افزایش محصول در زراعت مخلوط، استفاده بهتر گیاهان از عوامل محیطی مانند آب، موادغذایی و نور است (Alizadeh *et al.,* 2010). با این وجود، مزیت کشت مخلوط زمانی حاصل می‌شود که گونه‌های تشکیل‌دهنده آن از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر تفاوت داشته باشند. این‌گونه گیاهان با خصوصیات مرفولوژی و فیزیولوژی متفاوت در صورت کشت در کنار یکدیگر قادر خواهند بود تا از عوامل محیطی استفاده بهینه به عمل آورند. توحیدی نژاد و همکاران (Tohidi Nejad *et al.,* 2004) در کشت مخلوط ذرت (*Zea mayz*) و آفتابگردان (*Helianthus annuus*)، گزارش کردند کشت مخلوط به دلیل استفاده بیشتر از نور، بهبود عملکرد هر دو گیاه را به‌دنبال داشت. Pouramir *et al,* (2010) نیز در بررسی کشت مخلوط کنجد و نخود (*Cicer arietinum*) به این نتیجه رسیدند که عملکرد کنجد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کشت مخلوط قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد نخود در تک‌کشتی مشاهده شد و عملکرد آن در اثر سایه‌اندازی کنجد، از کشت مخلوط تأثیر منفی پذیرفت.

معیارهای متعددی جهت ارزیابی مزیت کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله این معیارها می‌توان به

*نویسنده مسئول: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه زراعت، akooch@um.ac.ir

شاخص‌هایی همچون نسبت برابری زمین (LER)[1]، ضریب ازدحام نسبی (RCC)[2] و شاخص غالبیت (AG)[3] اشاره کرد. Beheshti *et al.* (2010) طی بررسی خود بر روی کشت مخلوط سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*) و سویا (*Glaycin max*) بیان داشتند که کشت مخلوط در تمامی تیمارها، سبب افزایش نسبت برابری زمین شد. در آزمایشی که Jahani *et al.* (2008) بر روی آرایش‌های مختلف کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و عدس (*Lensculinaris medic*) انجام دادند، LER کل، نشان از برتری عملکرد در تمامی تیمارهای کشت مخلوط داشت. در ضمن عملکرد زیره سبز در کشت مخلوط ردیفی زیره سبز و عدس در مقایسه با تیمارهای دیگر کشت مخلوط و کشت خالص بیشتر بود. Rahimy *et al.* (2003) با بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا بالاتر بودن میزان LER در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را گزارش کردند. آنها همچنین گیاه ذرت را در اکثر تیمارها به‌عنوان گیاه غالب معرفی کردند. در آزمایش Sarlak *et al.* (2009) نیز بیشترین ضریب ازدحام نسبی (RCC) برای نسبت ۲۵٪ ذرت+ ۷۵٪ ماش (*Vigna radiata*) درکشت مخلوط این دوگونه مشاهده شد و در نتیجه آن‌ها این تیمار را به‌عنوان بهترین نسبت برای کشت مخلوط این دو گونه معرفی نمودند. Jamshidi *et al.* (2008) با بررسی شاخص غالبیت (AG) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی چنین نتیجه گرفتند که زمانی‌که سهم هریک از دو گیاه نسبت به دیگری در ترکیب مخلوط افزایش یابد، آن گیاه غالب خواهد شد و برعکس.

بدین ترتیب، با توجه به این مطلب که کشت مخلوط یکی از راهکارهای زراعی برای افزایش بهره‌وری از سیستم‌های زراعی است، بنابراین، انجام مطالعه در زمینه کشت مخلوط در شرایط آب و هوایی استان‌های مختلف کشور به‌ویژه خراسان به‌دلیل شرایط اقلیمی خاص ضروری به نظر می‌رسد. مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر نسبت‌های مختلف کشت‌های مخلوط کنجد-لوبیا تحت الگوی کاشت جایگزینی بر عملکرد، اجزای عملکرد و بررسی شاخص‌های مختلف ارزیابی کشت مخلوط در شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد. لوبیا گونه‌ای تثبیت‌کننده نیتروژن، حاوی پروتئین بالا، دارای برگ‌های پهن، فرم رشدی رونده و ریشه افشان است، در مقابل کنجد گونه‌ای دارویی، روغنی، دارای برگ‌های عمودی و ریشه راست می‌باشد که هرکدام یک گروه کارکردی مجزا را تشکیل داده و حضور این دو گونه در کشت مخلوط باعث افزایش تنوع خواهد شد و انتظار می‌رود در صورت دستیابی به بهترین نسبت مخلوط و برقراری تعادل میان رقابت بین گونه‌ای و رقابت درون گونه‌ای بتوان به عملکرد مطلوب دست یافت و به مرور با بهبود جنبه‌های اکولوژیک مزرعه از طریق سیستم کشت مخلوط و افزایش تنوع، بتوان در مسیر کشاورزی پایدار و کاهش مصرف نهاده‌های بیرونی گام برداشت. در این تحقیق از کشت مخلوط ردیفی (به دلیل سهولت مدیریت تراکم و آرایش کاشت) و درهم (به دلیل تشابه بیشتر به شرایط اکولوژیک و طبیعی) دو گونه مذکور برای ارزیابی این هدف استفاده شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. عامل اصلی شامل روش کاشت به‌صورت ردیفی و درهم و عامل فرعی، نسبت‌های مختلف کشت مخلوط دو گونه براساس الگوی کاشت جایگزینی شامل ۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪ لوبیا، ۲۵٪ کنجد+ ۷۵٪ لوبیا و۵۰٪ لوبیا +۵۰٪ کنجد، کشت خالص کنجد و کشت خالص لوبیا بود. ابعاد هر کرت فرعی ۲×۳ متر، فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و فاصله بین تکرارها نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت هر دو گونه با استفاده از ارقام رایج در منطقه (ارقام اسفراین و درخشان به‌ترتیب برای کنجد و لوبیا) در اواخر اردیبهشت ماه (۱۳۹۱/۲/۲۳) انجام شد. فاصله بین و روی ردیف‌ها برای کنجد به‌ترتیب ۵۰ و ۵ سانتی‌متر و برای لوبیا به‌ترتیب ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم مورد نظر برای کنجد ۴۰ و برای لوبیا ۲۰ بوته در متر مربع بود. در کشت‌های مخلوط ردیفی ترتیب ردیف‌های کشت با توجه نسبت مخلوط مورد نظر به شرح ذیل بود:

۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪ لوبیا: کاشت سه ردیف کنجد و یک ردیف لوبیا

۲۵٪ کنجد+ ۷۵٪ لوبیا: کاشت سه ردیف لوبیا و یک ردیف کنجد

۵۰٪ لوبیا +۵۰٪ کنجد: کاشت دو ردیف لوبیا و دو ردیف کنجد

در مورد کشت‌های درهم نیز با توجه به نسبت مخلوط مورد نظر و محاسبه نسبت وزنی، میزان بذر لازم از هرگونه

[1] Land Equivalent Ratio
[2] Relative Crowding Coefficient
[3] Aggressivity index

برآورد و با دست در سطح کرت پخش و با لایه‌ای از خاک نرم پوشانده شدند.

در مرحله ۶-۴ برگی بوته‌ها برای دستیابی به تراکم مورد نظر تنک شدند. اولین آبیاری به منظور تسهیل در سبزشدن بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هشت روز یک بار به‌صورت نشتی انجام شد. در طول فصل رشد از هیچ‌گونه کود و یا سموم شیمیایی استفاده نگردید.

عملیات برداشت در زمان زرد شدن کپسول‌های کنجد و غلاف‌های لوبیا، با دست انجام شد سپس اجزای عملکرد هر دو گونه شامل تعداد غلاف در بوته (برای لوبیا) و تعداد کپسول در بوته (برای کنجد)، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. پس از محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت هر دو گونه نیز محاسبه شد. برای ارزیابی کشت مخلوط نیز از شاخص‌هایی همچون نسبت برابری زمین (LER) (معادله ۱)، ضریب ازدحام نسبی (RCC) (معادله ۲) و شاخص تهاجم یا غالبیت (AG) (معادله ۳) استفاده شد (Vandermeer, 1989).

$$LER = \sum_{c}^{n} \frac{Yci}{Ycm} \qquad (۱)$$

که در این معادله، Yci: عملکرد هر جزء در مخلوط و Ycm: حداکثر عملکرد تک کشتی آن جزء می‌باشد.

یکی از روش‌های ارزیابی کشت مخلوط نسبت برابری زمین است. این معیار تعیین می‌کند که زارع در حالت تک‌کشتی چه میزان زمین لازم دارد تا محصولی معادل محصول تولید شده از کشت مخلوط تولید شود (Mazaheri, 1998). این نسبت به‌عنوان شاخصی از برتری کشت مخلوط و درآمد خالص اقتصادی برای ارزیابی راندمان سیستم‌های متفاوت کشت به‌کار برده می‌شود. این شاخص عبارت است از سطح زمین مورد نیاز در کشت خالص جهت حصول عملکرد به‌دست آمده از یک هکتار کشت مخلوط، که در مخلوط‌ها این مقدار معمولاً بیش از یک می‌شود و نشان‌دهنده این است که برای به‌دست آوردن عملکرد برابر با محصول یک هکتار زراعت مخلوط باید بیشتر از یک هکتار زمین به‌صورت خالص مورد کشت قرار گیرد. هنگامی که نسبت برابری زمین بیش از یک باشد نشان‌دهنده وجود روابط متقابل مثبت بین اجزای گیاهی مخلوط نسبت به کشت خالص بوده و بیان‌کننده‌ی برتری کشت مخلوط نسبت به خالص (Salivan, 2003) و کارایی مصرف نور بالاتر در مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌باشد (Jahani *et al.*,2008).

$$K_a = (Y_{ab} \times Z_{ba}) \div (Y_{aa_}Y_{ab})\,(Z_{ab}) \qquad (۲)$$

$K_a \times K_b = K$

K_a: ضریب نسبی تراکم گونه a، Y_{aa}: محصول گونه a در زراعت تک‌کشتی، Y_{ab}: محصول گونه a در زراعت مخلوط، Z_{ab}: نسبت مخلوط گونه a، Z_{ba}: نسبت مخلوط گونه b.

عبارت است از ضریب افزایش یا کاهش عملکرد هر دو گونه در کشت مخلوط نسبت به عملکرد مورد انتظار آنها در کشت خالص. هر گونه دارای ضریبی است که مشخص می‌کند آیا گونه فوق عملکرد بیشتر، مساوی یا کمتر از عملکرد مورد انتظار تولید کرده است. محصولی که ضریب بالاتری دارد محصول غالب است. برای تعیین RCC تمام ضرایب جمع می‌شود و ضریب K حاصل می‌شود که اگر بزرگتر از ۱ باشد، برتری عملکرد را نشان می‌دهد.

$$AG = [Y_{ab} \div (Y_{aa} \times Z_{ab})] - [Y_{ba} \div (Y_{bb} \times Z_{ba})] \qquad (۳)$$

Y_{aa}= محصول گونه a در زراعت تک‌کشتی، Y_{bb}= محصول گونه b در تک‌کشتی، Y_{ab}= محصول گونه a در زراعت مخلوط، Y_{ab}= محصول گونه b در زراعت مخلوط، Z_{ab}= نسبت مخلوط گونه a، Z_{ba}= نسب مخلوط گونه b.

به‌صورت تعریف عبارت است از افزایش عملکرد گونه A نسبت به گونه B. اگر تفاضل مقادیر حاصله صفر باشد نشان‌دهنده قدرت رقابت مساوی دو گونه، اگر مثبت باشد بیانگر غالب بودن یکی بر دیگری و اگر منفی باشد نشان‌دهنده مغلوب بودن یک گونه نسبت به دیگری است.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS ver.9.1 استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها نیز براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. همچنین جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد، شاخص برداشت و اجزای عملکرد کنجد

اثر روش کاشت بر عملکرد اقتصادی کنجد معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$، جدول ۱)، به‌طوری‌که درصد بهبود عملکرد در کشت مخلوط ردیفی ۴۸/۸۸ درصد نسبت به کشت مخلوط درهم بود (جدول ۲).

محققان دیگر نیز پایین بودن عملکرد اقتصادی کشت درهم در مقایسه با کشت ردیفی را در نتایج آزمایشات خود گزارش کردند (Pouramir *et al.,* 2010; Ghaderi *et al.,* 2008; Awal *et al.,* 2006). آن‌ها دلیل این مسئله را به آرایش بهتر گیاهان در الگوی کشت ردیفی و در نتیجه استفاده بهتر از منابع محیطی به‌ویژه آب و نور نسبت دادند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر روش و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا و کنجد بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

Table 1. Analysis of variance for planting pattern and different planting ratios of sesame and bean intercropping on yield and yield components of sesame

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		عملکرد اقتصادی Economic yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت HI	وزن هزار دانه 1000 seed weight	تعدادکپسول در بوته Number of capsule per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant
تکرار Rep.	2	395914.48 ns	4339222.1 ns	0.037 ns	0.64 ns	15.87 ns	13454.16 ns
نحوه کاشت Planting pattern	1	1568942763.63*	534348608.7**	4.60 ns	3.49 ns	2440.16**	2001037.5**
خطای a A error	2	256016.18	2198873.13	0.33	1.88	9.29	16587.5
نسبت‌های مختلف کاشت Different planting ratios	4	3196199.36**	43949352.31*	1.54**	2.57 ns	339.38 ns	293515.27 ns
نحوه‌کاشت×نسبت‌های کاشت Planting pattern× Different planting ratios	4	1517260.39*	19757898.95 ns	0.61 ns	1.58 ns	225.61 ns	253693.05 ns
خطای b B error	16	278537.04	7881187.04	0.23	1.21	180.25	130270.83
ضریب تغییرات CV%		21.11	27.46	17.77	20.41	34.64	30.53

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, * and ** are non -significant and significant at α=0.05 and α=0.01, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد کنجد در کشت مخلوط کنجد و لوبیا

Table 2. Mean comparison of yield and yield components of sesame in intercropped sesame and bean

	عملکرد اقتصادی ($kg.ha^{-1}$) Economic yield	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$) Biologic yield	شاخص برداشت (%) HI	وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight	تعدادکپسول در بوته Number of capsule per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant
روش کاشت Planting pattern						
کشت ردیفی Row intercropping	3308.23a*	14938.39a	22.14a	5.87a	48.83a	1470.83a
کشت درهم Mixed intercropping	1691.16b	5501.33b	22.89a	5.01a	28.66b	893.33a
نسبت‌های کاشت مخلوط Different planting ratio						
Sa	1712.26b	9345.46bc	18.32b	4.42a	32.83a	995a
Sb	2045.13b	6966.45c	29.35a	5.66a	31.83a	988.33a
Sc	3128.93a	11257.6ab	27.79a	5.84a	43.66a	1343.33a
Ss	3112.46a	13309.93a	23.38ab	5.65a	46.66a	1401.66a

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون مربوط به هر تیمار براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

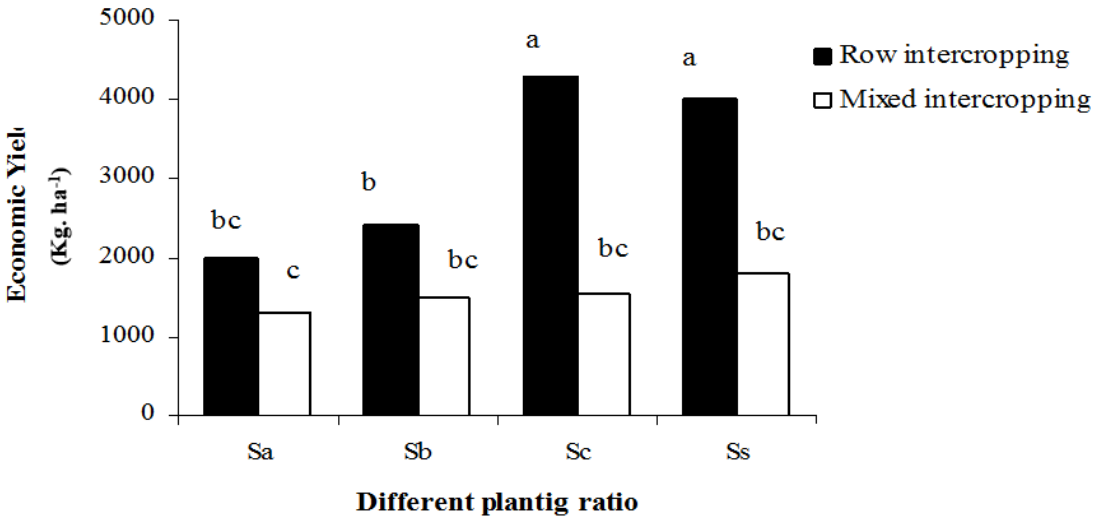
Sa: ۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪ لوبیا، Sb: ۷۵٪ لوبیا+ ۲۵٪ کنجد، Sc: ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ لوبیا و Ss: خالص کنجد

Similar letters in each column show non-significant differences according to Duncan's Multiple Range Test at 5% level of probability

Sa: 75% Sesame and 25% Bean, Sb: 75% Bean and 25% Sesame, Sc: 50% Sesame and 75% Bean, Ss: Pure Sesame

از میان نسبت‌های مختلف کاشت نسبت ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ لوبیا بیشترین میزان عملکرد را نشان داد که البته تفاوت معنی‌داری با کشت خالص کنجد نداشت (جدول ۲). Elmor (1986) نیز طی بررسی روی کشت مخلوط کنجد و آفتابگردان (*Helianthus annuus*) اظهار داشت که عملکرد کنجد در تیمار کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود.

در مورد اثرات متقابل نیز بیشترین عملکرد اقتصادی در کشت ردیفی در نسبت‌های ۵۰ درصد کنجد+۵۰ درصد لوبیا و کشت خالص کنجد مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱- اثرات متقابل نحوه کاشت و نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد اقتصادی کنجد در کشت مخلوط کنجد - لوبیا

Sa: ۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪ لوبیا، Sb: ۷۵٪ لوبیا+ ۲۵٪ کنجد، Sc: ۲:۲ ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ لوبیا و Ss: خالص کنجد

میانگین های با حروف متفاوت، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

Fig. 1. Iinteraction of planting pattern and different planting ratios on economic yield of sesame in sesame and bean intercropping

Sa: 75% Sesame and 25% Bean, Sb: 75% Bean and 25% Sesame, Sc: 50% Sesame and 75% Bean, Ss: Pure Sesame

Means with different letters are significantly different based on Duncan's tests at p≤0.05.

عملکرد بالا در تیمارهای ۵۰ درصد کنجد+۵۰ درصد لوبیا در کشت ردیفی می‌تواند ناشی از اثر مثبت گیاه لوبیا همچون تثبیت بیولوژیکی نیتروژن (Bhatti *et al.*, 2006) و فراهمی عناصرغذایی دیگری مثل فسفر (Tsubo *et al.*, 2001) برای کنجد و همچنین کاهش رقابت‌گونه‌ای تحت تأثیر جذب منابع رشدی باشد (Pouramir *et al.*, 2010).

روش کاشت به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) عملکرد بیولوژیک کنجد را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). کاشت ردیفی موجب بهبود ۶۳/۱۷ درصدی عملکرد بیولوژیک کنجد در مقایسه با کاشت درهم شد (جدول ۲). چنین به نظر می‌رسد که با توجه به فضای بیشتر برای رشد و توسعه بوته‌ها در شرایط کاشت ردیفی، استفاده از این روش باعث استفاده بهتر از منابع شده که در نهایت به‌دلیل افزایش رشد، بهبود عملکرد بیولوژیک را به دنبال داشته است.

از میان دو شیوه مختلف کاشت، کشت ردیفی در مورد عملکرد بیولوژیک نیز برتری خود را نشان داد (جدول ۲). Pouramir *et al.* (2010) با بررسی کشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum*) و کنجد بیان کردند که نامنظم بودن الگوی کاشت به‌صورت کشت درهم، به‌دلیل پایین آمدن سطح برگ در مقایسه با الگوی ردیفی کاهش کارایی مصرف نور را به دنبال دارد که این امر در نهایت، کاهش عملکرد را به دنبال داشت. در میان نسبت‌های مختلف کاشت بیشترین عملکرد بیولوژیک برای کشت خالص کنجد با ۱۳۳۰۹/۹۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در نسبت ۷۵٪ لوبیا+ ۲۵٪کنجد با ۶۹۶۶/۴۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۲). چنین به‌نظر می‌رسد که عدم وجود رقابت بین گونه‌ای در کشت خالص، باعث بهره‌گیری بهتر از عناصرغذایی و منابع به‌ویژه نور شده و در نتیجه میزان فتوسنتز و به تبع آن تجمع ماده خشک

در کشت خالص افزایش یافته است (Hasanzade *et al.,* 2011; Raei *et al.,* 2007; Koocheki *et al.,* 2009).

نتایج نشان داد که تنها تیمار نسبت‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشت (جدول ۱). بیشترین (۲۹/۳۵ درصد) و کمترین (۱۸/۳۲ درصد) شاخص برداشت کنجد به‌ترتیب مربوط به نسبت ۷۵٪ لوبیا +۲۵٪ کنجد و نسبت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ لوبیا بود (جدول ۲).

نتایج آزمایش (جدول ۱) نشان داد که از میان اجزاء عملکرد کنجد، تنها تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در بوته تحت تأثیر تیمار نحوه کاشت قرار گرفت؛ علاوه بر این وزن هزار دانه تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارها قرار نگرفت.

نتایج به‌دست آمده حاکی از برتری کشت ردیفی بر کشت درهم است، به‌طوری‌که بیشترین تعداد کپسول (۴۸/۸) و بیشترین تعداد دانه در بوته (۱۴۷۰/۸) برای این تیمار مشاهده شد (جدول ۲). در همین راستا، Pouramir *et al,* (2010) با بررسی کشت مخلوط کنجد و نخود بیان کردند که بوته‌های کنجد در آرایش ردیفی رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای کمتری با یکدیگر و با بوته‌های نخود در مقایسه با کشت درهم داشته و در نتیجه از منابع رشدی به نحو مطلوب‌تری استفاده کرده و مواد فتوسنتزی بیشتری را به مخازن به‌ویژه کپسول اختصاص دادند. Adeniyan *et al,* (2007) در کشت مخلوط ماش (*Vigna radiata*) و ذرت به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد ماش در الگوهایی به‌دست آمد که فضای کافی در اختیار ماش قرار داشت و موجب افزایش تعداد غلاف در بوته شد.

عملکرد، شاخص برداشت و اجزای عملکرد لوبیا

دو شیوه مختلف کشت مخلوط در این آزمایش، از لحاظ عملکرد اقتصادی لوبیا تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر روش و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا و کنجد بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا

Table 3. Analysis of variance for planting pattern and different planting ratios of sesame and bean intercropping on yield and yield components of bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		عملکرد اقتصادی Economic yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت HI	وزن هزار دانه 1000 seed weight	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant
تکرار Rep	2	12583.97 ns	69016.15 ns	7.01 ns	2217.56 ns	4.96 ns	0.16 ns
نحوه کاشت Planting pattern	1	304537.38 ns	119427.04 ns	256.63*	72167.48 ns	31.47 ns	0.53 ns
خطای a A error	2	19807.04	168562.82	10.48	4561.65	9.87	0.57
نسبت‌های مختلف کاشت Different planting ratios	4	221491.85*	3387423.84**	88.92 ns	53791.58**	237.15*	36.6**
نحوه‌کاشت×نسبت‌های کاشت Planting pattern× Different planting ratios	4	238082.33*	3766898.29**	90.52 ns	39886.75**	335.86*	19.94*
خطای b B error	16	43663.39	202955.80	28.83	5664.39	57.61	4.53
ضریب تغییرات CV%		25.20	10.60	27.56	14.86	18.23	13.27

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, *and ** are non -significant and significant at α=0.05 and α=0.01 respectively.

نسبت‌های مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند (جدول ۳) به‌طوری‌که در بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بیشترین عملکرد در نسبت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ لوبیا با ۸۳۴/۱۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). با این وجود کشت خالص لوبیا با ۷۶/ ۱۰۸۷ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با کشت مخلوط از عملکرد بالاتری برخوردار بود.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا در کشت مخلوط کنجد و لوبیا

Table 4. Mean comparison of yield and yield components of bean in intercropped sesame and bean

تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight	شاخص برداشت (%) HI	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$) Biologic yield	عملکرد اقتصادی ($kg.ha^{-1}$) Economic yield	
						نحوه کاشت Planting pattern
16.19^{a}	42.76^{a}	561.18^{a}	22.75^{a}	4175.58^{a}	941.59^{a*}	کشت ردیفی Row intercropping
15.90^{a}	40.47^{a}	451.15^{a}	16.61^{b}	4316.66^{a}	716.30^{a}	کشت درهم Mixed intercropping
						نسبت‌های مختلف کاشت Different planting ratios
13.87^{b}	37.88^{b}	586.51^{a}	16.67^{a}	4889.91^{a}	834.19^{ab}	Pa
17.76^{a}	44.70^{ab}	413.82^{b}	22.84^{a}	3333.33^{b}	763.51^{b}	Pb
13.98^{b}	35.06^{b}	435.60^{b}	15.66^{a}	3930.41^{b}	630.32^{b}	Pc
18.57^{a}	48.83^{a}	589.43^{a}	22.75^{a}	4830.83^{a}	1087.76^{a}	Ps
						اثرات متقابل Interactions
						کشت ردیفی Row intercropping
673.22^{a}	16.3^{abc}	46.96^{ab}	18.61^{a}	5898.16^{a}	1096.26^{a}	Pa
546.7^{ab}	18.57^{ab}	50.66^{ab}	31.64^{a}	3270.83^{d}	1048.27^{a}	Pb
376.85^{cd}	12.50^{cd}	30.26^{c}	15.40^{a}	3062.5^{d}	498.46^{b}	Pc
648.48^{a}	17.41^{ab}	43.17^{abc}	25.34^{a}	4470.83^{bc}	1127.38^{a}	Ps
						کشت درهم Mixed intercropping
499.81^{bc}	11.45^{d}	28.79^{c}	17.73^{a}	3881.66^{cd}	572.13^{b}	Pa
281.48^{d}	19.95^{ab}	38.75^{bc}	14.03^{a}	3395.83^{d}	478.75^{b}	Pb
494.35^{bc}	15.64^{bcd}	39.86^{abc}	15.91^{a}	4798.33^{b}	766.19^{ab}	Pc
589.43^{ab}	19.73^{a}	54.5^{a}	20.16^{a}	5190.83^{b}	1048.15^{a}	Ps

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مربوط به هر تیمار، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

Pa : ۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪لوبیا ، Pb: ۷۵٪ لوبیا +۲۵٪کنجد، Pc: ۵۰٪کنجد+۵۰٪ لوبیا و Ps: خالص لوبیا

Similar letters in each column show non-significant differences according to Duncan's Multiple Range Test at 5% level of probability

Pa: 75% Sesame and 25% Bean, Pb: 75% Bean and 25% Sesame, Pc: 50% Sesame and 75% Bean, Ps: Pure Bean.

Rezvan Beydokhti (2005) طی بررسی خود بر کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش کرد که با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت کشت مخلوط از عملکرد دانه لوبیا به میزان ۳۶ درصد کاسته شد.

اثرات متقابل نحوه کاشت و نسبت‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اقتصادی لوبیا داشت (جدول ۳). بیشترین عملکرد اقتصادی در کشت خالص لوبیا به‌صورت ردیفی با۱۱۲۷/۳۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴).

از بین نسبت‌های مختلف کاشت بیشترین عملکرد بیولوژیک لوبیا در نسبت ۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪ لوبیا با ۴۸۸۹/۹۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن نیز در تیمار ۷۵٪ لوبیا+ ۲۵٪ کنجد با ۳۳۳۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد با افزایش رقابت بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط، رقابت بر سر آب و مواد غذایی بیشتر شده و عملکرد بیولوژیک در کشت مخلوط کاهش یافته است (Jahani *et al.,* 2008). Tayefe Noori (2004) نیز گزارش کرد که عملکرد بیولوژیک لوبیا در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط با ذرت بود و با افزایش تراکم ذرت از عملکرد بیولوژیک لوبیا به‌طور معنی‌داری کاسته شد.

در بین اثرات متقابل بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک لوبیا در کشت ردیفی با نسبت ۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪ لوبیا (۵۸۹۸/۱۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان در کشت ردیفی با نسبت ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ لوبیا (۳۰۶۲/۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد در آرایش ۳ردیف کنجد و ۱ ردیف لوبیا توزیع نور در کانوپی به نحو مطلوب‌تری صورت گرفته و نور بیشتری در اختیار بوته‌های

لوبیا قرار گرفته است که منجر به افزایش عملکرد این محصول شده است.

نتایج آزمایش نشان داد که فقط نحوه کاشت تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت لوبیا داشت و نسبت‌های مختلف کاشت و اثرات متقابل آن‌ها تأثیری بر این شاخص نداشت (جدول ۳). از میان دو الگوی مختلف کاشت، بیشترین شاخص برداشت در کشت ردیفی مشاهده شد و کشت ردیفی باعث بهبود ۳۶ درصدی شاخص برداشت نسبت به کشت مخلوط درهم شد (جدول ۴). بین نسبت‌های مختلف کاشت از نظر شاخص‌برداشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد با این حال به لحاظ مقدار، بیشترین شاخص برداشت از کشت خالص لوبیا با ۲۲/۷۵ به‌دست آمد (جدول ۴). Jahani *et al,* (2008) نیز بیشترین شاخص برداشت عدس را در تیمار کشت خالص این گیاه گزارش کردند. در آزمایش انجام شده توسط Tavasoli *et al,* (2010) برای بررسی کشت مخلوط ارزن (*Panecum miliaceum*) و لوبیا نیز بیشترین شاخص برداشت لوبیا از تیمار خالص لوبیا به‌دست آمد.

تعداد غلاف در بوته لوبیا تنها تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت قرار گرفت (جدول ۳). از میان نسبت‌های مختلف کاشت بیشترین تعداد غلاف در بوته در کشت خالص لوبیا (۴۸/۸۳) مشاهده شد (جدول ۴). می‌توان گفت که پایین بودن تعداد غلاف در کشت مخلوط به دلیل وجود رقابت بین‌گونه‌ای بالا در این تیمارها بود. Rezvan (Beydokhti 2005) کاهش تعداد غلاف در گیاه را عامل کاهش عملکرد لوبیا در کشت مخلوط نسبت به خالص گزارش کرد. بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به کشت خالص لوبیا به‌صورت درهم (۱۹/۷۳) بود (جدول ۴).

در این آزمایش مشاهده شد که در میان نسبت‌های مختلف کشت، کشت خالص لوبیا با ۱۸/۵۷ بیشترین تعداد دانه در بوته را داشت (جدول ۴). دلیل این امر می‌تواند ناشی از افزایش جذب نور و منابع بیشتر به دلیل کاهش رقابت لوبیا با کنجد باشد که احتمال می‌رود افزایش ظرفیت منبع به دلیل عدم وجود رقابت، موجبات افزایش تعداد دانه در بوته را فراهم کرده باشد. در بین اثرات متقابل، کشت خالص لوبیا به شیوه درهم با ۵۸۹/۴۳ و نسبت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ لوبیا به‌صورت درهم با ۲۸۱/۴۸ به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در مورد وزن هزار دانه فقط تیمار نسبت‌های مختلف کاشت و اثر متقابل آن با نحوه کاشت تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشت. از بین نسبت‌های مختلف کاشت بیشترین و کمترین وزن هزار دانه با ۵۸۹/۴۳ و ۴۱۳/۸۲ گرم به‌ترتیب در کشت خالص لوبیا و کشت با نسبت ۷۵٪ لوبیا+۲۵٪ کنجد مشاهده شد (جدول ۴). کمتربودن وزن هزار دانه لوبیا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط را می‌توان به اسیمیلاسیون کمتر ناشی از رقابت برون‌گونه‌ای و رقابت بر سر نور دانست (Tavasoli *et al.,* 2010). بیشترین مقدار وزن هزار دانه در کشت ردیفی لوبیا با نسبت ۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪ لوبیا (۵۰/۶۶ گرم) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با کشت خالص لوبیا نداشت (جدول ۴). Koocheki *et al,* (2009) طی مطالعه‌ای در مورد کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیان داشتند که وزن هزار دانه لوبیا با کاهش نسبت لوبیا در مخلوط افزایش یافت اما این اختلاف معنی‌دار نبود. کمترین میزان وزن هزار دانه نیز در کشت درهم با نسبت ۷۵٪ لوبیا + ۲۵٪ کنجد (۱۴/۰۳) دیده شد (جدول ۴).

ارزیابی شاخص‌های کشت مخلوط

نسبت برابری زمین (LER): دو روش کاشت مورد بررسی از لحاظ نسبت برابری زمین تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۵).

از میان نسبت‌های مختلف کاشت بیشترین میزان LER در تیمار ۵۰ درصد کنجد+۵۰ درصد لوبیا با ۱/۵۹ مشاهده شد (جدول ۶) ولی به‌طور کلی تمامی تیمارها در مقایسه با کشت خالص دارای LER بالاتری بود و این امر نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. شاید بتوان بیشتر بودن میزان LER از یک را به تثبیت و جذب نیتروژن در کشت مخلوط کنجد و لوبیا نسبت داد (Tavasoli *et al.,* 2010). وقتی دو گونه در مجاورت هم رشد می‌کنند، هر دو گونه برای جذب عناصر غذایی در رقابت خواهند بود. اگر یکی از گونه‌ها توانایی تثبیت نیتروژن داشته باشد، در این صورت فشار رقابتی کاهش می‌یابد، زیرا گونه لگوم در جذب نیتروژن موجود در خاک با گونه مجاور رقابت کمتری خواهد داشت (Vandermeer, 1989)، در نتیجه دو گونه به رقابت در مورد سایر منابع می‌پردازند.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط کنجد و لوبیا

Table 5. Analysis of variance for evaluation indices of intercropped sesame and bean

میانگین مربعات Mean squares			درجه آزادی	منابع تغییرات
AG	RCC	LER	df	S.O.V
0.10 ns	0.61 ns	0.040 ns	2	تکرار Rep.
0.015*	0.02 ns	0.11ns	1	نحوه کاشت Planting pattern
0.006	0.31	0.10	2	خطایa A error
0.39**	4.92**	3.18**	4	نسبت‌های مختلف کاشت Different planting ratios
0.48**	2.79*	0.04 ns	4	نحوه کاشت× نسبت‌های مختلف کاشت Planting pattern× Different planting ratios
0.060	0.63	0.09	16	خطای b B error

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, *and ** are non -significant and significant at α=0.05 and α=0.01 respectively.

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط کنجد و لوبیا

Table 6. Mean comparison for evaluation indices of intercropped sesame and bean

AG	RCC	LER	
			نحوه کاشت Planting pattern
-0.02b	1.10a	1.14a	کشت ردیفی Row intercropping
0.13a	1.04a	1.01a	کشت درهم Mixed intercropping
			نسبت‌های مختلف کاشت Different planting ratios
0.17a	0.88b	1.35b	۷۵٪ کنجد- ۲۵٪ لوبیا 75% sesame and 25% bean
0.02b	1.22ab	1.37b	۷۵٪ لوبیا – ۲۵٪ کنجد 75% bean and 25% sesame
-0.42b	2.19a	1.59a	۵۰٪ کنجد – ۵۰٪ لوبیا 50% sesame and 50% bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مربوط به هر تیمار، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

Similar letters in each column show non-significant differences according to Duncan's Multiple Range Test at 5% level of probability.

Alizadeh *et al,* (2010) در کشت مخلوط ریحان (*Ocimum basilicum*) و لوبیا نشان دادند که تقریباً تمامی تیمارهای کشت مخلوط بر کشت خالص آنها برتری دارد. Koocheki *et al,* (2009) نیز در کشت مخلوط ذرت و لوبیا به نتیجه مشابهی دست یافتند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.

ضریب ازدحام نسبی (RCC): در این آزمایش مقدار ضریب ازدحام نسبی در تمامی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط مثبت بود (جدول ۶). براساس تعاریف، مثبت بودن ضریب ازدحام نسبی نشان‌دهنده سودمند بودن کشت مخلوط نسبت به زراعت تک‌کشتی است. در این تحقیق نسبت کشت ۵۰٪ کنجد+ ۵۰٪ لوبیا بالاترین ضریب ازدحام نسبی (۲/۱۹) را به خود اختصاص داد و پس از آن نسبت‌های ۷۵٪ لوبیا+۲۵٪ کنجد و ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ لوبیا به‌ترتیب با ضریب ازدحام نسبی ۱/۲۲ و ۰/۸۸ قرار گرفتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نسبت ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ لوبیا به دلیل بالاترین میزان ضریب

ازدحام نسبی در بین نسبت‌های مختلف کشت، بهترین نسبت کشت مخلوط گیاهان کنجد و لوبیا است.

شاخص تهاجم یا غالبیت (AG): براساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۶، با توجه به مثبت بودن شاخص غالبیت در اکثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط، گیاه لوبیا نسبت به کنجد، گیاه غالب بود. در این میان میزان شاخص غالبیت در نسبت ۷۵٪ کنجد+ ۲۵٪ لوبیا منفی شد (AG= -۰/۱۷) که نشان‌دهنده مغلوبیت گیاه کنجد در مقایسه با لوبیا در نسبت مذکور است. از طرفی شاخص غالبیت در نسبت‌های ۷۵٪ لوبیا+۲۵٪ کنجد و ۵۰٪ لوبیا+۵۰٪ کنجد، مثبت و به‌ترتیب ۰/۰۲۱ و ۰/۴۲ شد که نشان‌دهنده غالبیت گیاه لوبیا در نسبت‌های مذکور می‌باشد.

Jamshidi *et al,* (2008) با بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها از آزمایشات خود چنین نتیجه گرفتند که زمانی‌که سهم یک گونه نسبت به دیگری در ترکیب مخلوط افزایش یابد، آن گیاه غالب خواهد شد و برعکس.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی قرار گرفتند. بیشترین میزان عملکرد کنجد در نسبت ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ لوبیا و در مورد لوبیا، در کشت خالص مشاهده شد. کاشت ردیفی لوبیا و کنجد باعث بهبود عملکرد دانه نسبت به کشت درهم شد. میزان نسبت برابری زمین (LER) در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود و بالاترین میزان برای نسبت ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ لوبیا به‌دست آمد. ضریب ازدحام نسبی (RCC) در نسبت۵۰٪ کنجد+۵۰٪ لوبیا بالاترین میزان را داشت. در نهایت، با توجه به قدرت تهاجم، لوبیا به‌عنوان گیاه غالب تعیین شد. لوبیا گونه‌ای تثبیت‌کننده نیتروژن، حاوی پروتئین بالا و کنجد گونه‌ای دارویی و روغنی می‌باشد که هرکدام یک گروه کارکردی مجزا را تشکیل می‌دهند. حضور این دو گونه در کشت مخلوط باعث افزایش تنوع شده و در صورت استفاده از بهترین نسبت مخلوط و برقراری تعادل میان رقابت بین گونه‌ای و رقابت درون گونه‌ای می‌توان به عملکرد مطلوب دست یافت و هم‌چنین به مرور با بهبود جنبه‌های اکولوژیک مزرعه از طریق سیستم کشت مخلوط و افزایش تنوع، می‌توان در مسیر کشاورزی پایدار و کاهش مصرف نهاده‌های بیرونی گام برداشت.

منابع

1. Adeniyan, O.N., Akande, S.R., Balogun, M.O., and Saka, J.O. 2007. Evaluation of crop yield of African yam bean, maize and kenaf under intercropping systems. America-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science 2: 99-102.
2. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 541-553. (In Persian with English Summary).
3. Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74-83.
4. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive experiment. European Journal of Agronomy 24: 325-332.
5. Bhatti, I.H., Ahmad, R., Jabbar, A., Nazir, M.S., and Mahmood. T. 2006. Competitive behavior of component crops in different sesame – legume intercropping systems. International Journal of Agriculture and Biology 165-167.
6. Beheshti, A.R., Soltanian, B., and Sadrabadi, R. 2010. Investigation of density and different crop rates on grain and biological yield in intercropping of grain sorghum and bean. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 1-11. (In Persian with English Summary).

7. Elmor, R.W., and Jockobs, H.A. 1986. Yield and nitrogen yield of sorghum intercropped with nodulating and non- nodulating soybeans. Agronomy Journal 78: 780-789.
8. Ghaderi, G.R., Gazanchian, A., and Yousefi, M. 2008. The forage production comparison of alfalfa and wheatgrass as affected by seeding rate on mixed and pure cropping. Iranian journal of Range and Desert Research 15(2): 256-268.
9. Hasan Zade Aval, F., Koochaki, A., Khazaei, H., and Nasiri Mahalati, M. 2011. Effect of density on agronomic characteristics and yield of savory and Iranian clover in intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8(6): 920-929.
10. Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* M.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary).
11. Jamshidi, K.H., Mazaheri, D., Majnoun Hosseini, N., Rahimian, H., and Peyghambari, A. 2008. Evaluation of yield in intercropping of maize (*Zea mays)* and cow pea (*Vigna unguiculata*). Pajouhsh & Sazandegi 80: 110-118.
12. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology 1: 13- 23. (In Persian with English Summary).
13. Mazaheri, D. 1998. Intercropping (Second Edition). University of Tehran, 262p. (In Persian).
14. Pouramir, F., Koocheki, A., Nassiri M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation the effect of different planting combinations on yield and yield components of intercropping sesame and chickpea in additive series. Iranian Journal of Field Crops Research. In Press. (In Persian with English Summary).
15. Raei, Y., Ghasemi, K., Javanshir, A., Alyari, H., Mohammadi, S.A., and Nasrolah zade, S. 2007. Assessment of soybean (*Glycine max*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) intercropping by using reciprocal model of yield. Iranian Journal of Crop Science 8(1): 1-13.
16. Rahimy, M.M., Mazaheri, D., Khodabandeh, N., and Heidari, H. 2003. Assessment of product in corn and soybean intercropping in Arsanjan region. Agricultural Science 9: 109-126. (In Persian with English Summary).
17. Rezvan Beydokhti, Sh. 2005. Comparison of different intercropping arrangement of corn and bean. MSc. Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
18. Sarlak, Sh., and Aghaalikhani, M. 2009. Effect of pant density and mixing ratio on crop yield in sweet corn (*Zea mays* L. var Saccharata) and mungbean (*Vigna radiata* L.) intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 11(4): 367-380. (In Persian).
19. Sullivan, P. 2003. Intercropping principles and production practices ATTRA, Available Online (October 2006): Http://www.attra.ncat.org.
20. Tavasoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M.M., and Heydari, M. 2010. Effect of manual and chemical fertilizer on Yield of intercropping (*Panicum miliaceum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*). Iranian Journal of Field Crops Research 8(2): 203-212.
21. Tayefe Noori, M. 2004. Study of intercropping of maize and cow pea. MSc. Thesis, College of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary).
22. Tohidi Nejad, A., Mazaheri, D., and Koochaki, A. 2004. Study of maize and sunflower intercropping. Pajouhesh & Sazandegi 64: 39-45. (In Persian with English Summary).

23. Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono/intercropping system with different row orientation. Field Crops Research 71: 17-29.
24. Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge. University Press. 297 pp.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 2, 2015, p. 73-86

Evaluation of yield, yield components and different intercropping indices in mixed and row intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Nurbakhsh[1], F., Koocheki[2*], A. & Nassiri Mahallati[2], M.

1- PhD. Student, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Received: 12 January 2014
Accepted: 26 January 2015

Introduction

Intercropping as a common method in sustainable agricultural systems, plays an important role in increasing productivity and yield stability to improve utilization of resources (Alizadeh *et al.,* 2010). Studies in different countries showed that intercropping causes increase in diversity, production and more efficient use of water resources, land, labor and nutrients and also reduces problems caused by pests, diseases and weeds (Awal *et al.,* 2006) and improves environmental conditions for plant growth (Alizadeh *et al.,* 2010). One the most important benefits of intercropping is increasing production per unit area compared with sole cropping (Banik *et al.,* 2006).The reason for increasing the yield in the intercropping is the better use of environmental factors such as water, nutrient and light (Alizadeh *et al.,* 2010). TohidiNejad *et al,* (2004) evaluated the intercropping of corn *(Zeamayz*) and sunflower (*Helianthus annuus*) and reported that intercropping, due to more efficient use of light, improved the yield of both plants. Pouramir *et al,* (2010) investigated the intercropping of sesame **(***Sesamum indicum* L.**)** and chickpea *(Cicer arietinum*) and concluded that yield of chickpea was significantly affected by intercropping with sesame and the highest yield of chickpea was obtained in monoculture. Beheshti (Beheshti *et al.,* 2010) evaluated the intercropping of sorghum (*Sorghum bicolor*) and soybean (*Glaycin max*) and stated that in all the intercropping treatments, land equivalent ratio was increased. The present study was designed to investigate the effects of mixed and row intercropping on yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.).

Matrials and Methods

In order to study the effects of mixed and row intercropping of sesame and bean on yield and yield components in two species of sesame and bean, a split-plot experiment based on randomized complete blocks design with three replicates was performed in research farm of Ferdowsi University of Mashhad in 2011-2012. Cropping pattern (mixed or row intercropping) was allocated to the main plots and different planting ratios (25% bean +75% sesame, 25% sesame +75% bean, 50% sesame +50% bean, sole cropping of sesame, sole cropping of bean) were assigned to the sub-plots. Density of planting for sesame and beans were 40 and 20 plants per square meters respectively.

Crop combination in row intercropping was as follows:

75% sesame + 25% bean: planting three rows of sesame and one row of bean.

25% sesame + 75% bean: planting three rows of bean and one row of sesame.

50% sesame and 50% bean: planting two rows of sesame and two rows of beans.

Indices such as Land Equivalent Ratio (LER), Aggressively index (AG) and Relative Crowding Coefficient index (RCC) were used (Vandermeer, 1989). For analyzing data, SAS ver.9.1 was used and mean comparison was performed based on Duncan test and for drawing charts Excel was used.

Results and Discussion

Results indicated that yield and yield components of sesame and bean were affected by different treatments. In all cases, row intercropping showed superior compared with mixed intercropping. The highest sesame yield (3128.93 kg/ha) was obtained with 50% sesame and 50% bean treatment and the highest bean yield (1087.76 kg/ha) was obtained with sole cropping. The highest amount of LER (land equivalent ratio) (1.59) was obtained with 50% sesame and 50% bean. LER values in all different treatments of multiple cropping were more than 1 and this shows superiority of multiple cropping compared with sole cropping of sesame and bean. This can be caused by biological nitrogen fixing by bean (Tavasoli *et al.,* 2010). The highest value of Relative Crowding Coefficient (RCC) (2.19) was obtained with the50% sesame and 50% bean treatment. Based on Aggressively index (AG), bean was the dominant species.

* **Corresponding Author:** akooch@um.ac.ir

Conclusions

Bean (as a nitrogen-fixing species) and sesame (as an oil crop) are different groups of plants with various functions. The presence of these two species in the intercropping increased diversity and optimal yield was obtained when the appropriate ratio (Balance between inter specific and intra specific competition) was used.

Key words: AG (Aggrssivity index), LER (land equivalent ratio), RCC (Relative Crowding Coefficient)