Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 504-490

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 490-504

# مطالعه عملکرد کمی و کیفی و نسبت برابری زمین آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در سری‌های کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

جواد حمزه‌ئی[1*] و مجید بابائی[2]

تاریخ دریافت: 1393/04/24
تاریخ پذیرش: 1393/06/16

حمزه‌ئی، ج.، و بابایی، م. 1395. مطالعه عملکرد کمی و کیفی و نسبت برابری زمین آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در سری‌های کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 504-490.

## چکیده

این آزمایش با هدف بررسی عملکرد، کیفیت دانه و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و نه تیمار در دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال زراعی 90-1389 اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت‌های مخلوط افزایشی 25، 50، 75 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان و کشت‌های مخلوط جایگزینی 75:25، 50:50 و 25:75 (لوبیا:آفتابگردان) و کشت خالص دو گونه بودند. نتایج نشان داد که با تغییر الگوی کشت از خالص به مخلوط، وزن دانه، وزن مغز، نسبت مغز به دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن و عملکرد پروتئین آفتابگردان به طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی درصد پروتئین و قرائت کلروفیل‌متر افزایش نشان داد. بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان (353 گرم در مترمربع) از کشت خالص بدون اختلاف معنی-دار با کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان به دست آمد. اثر تیمارها به استثنای تعداد دانه در غلاف و درصد پروتئین بر تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت، عملکرد پروتئین و قرائت کلروفیل‌متر لوبیا معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه لوبیا (305 گرم در مترمربع) نیز از تیمار کشت خالص حاصل شد. در کلیه تیمارهای مخلوط، نسبت برابری زمین بیشتر و شاخص رقابت کمتر از یک بود. تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، کمترین مقدار شاخص رقابت (0/03) و بیشترین مقدار نسبت برابری زمین (1/66) را داشت. بنابراین، به نظر می‌رسد تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، برای تولید حداکثر محصول در اجتماع گیاهی آفتابگردان و لوبیا مناسب‌تر است.

**واژه‌های کلیدی:** دانه روغنی، حبوبات، شاخص رقابت، کیفیت دانه

## مقدمه

در طی چند دهه گذشته افزایش سرعت رشد جمعیت و صنعتی شدن کشاورزی سبب افزایش گرایش به سمت سیستم‌های تک‌کشتی شده است. استفاده از سیستم‌های کشاورزی صنعتی علی‌رغم دستیابی به تولید بیشتر، باعث وارد آمدن خسارت جبران‌ناپذیری به اکوسیستم-های طبیعی شده و پایداری این بوم‌نظام را در معرض خطر قرار داده است (Noor Mohammadi et al., 2005). از این‌رو، در سال‌های اخیر یکی از اهداف مهمی که در زمینه تحقیقات در بیشتر کشورها از جمله ایران دنبال می‌شود، دستیابی به راهکارهایی جهت افزایش پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی می‌باشد.

کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که در جهت منافع انسان بوده و بدون آن که نیازهای نسل آتی را به مخاطره اندازد، نیاز غذایی حال حاضر را برآورده می‌کند (Mohler & Liebman, 1998). همچنین، کشاورزی پایدار کارآیی استفاده از منابع را افزایش می‌دهد و

1 و 2- به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
(*- نویسنده مسئول: (Email: j.hamzei@basu.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v8i4.31250

www.SID.ir

Archive of SID



با محیط در توازن است. به عبارتی، کشاورزی پایدار نظامی است که از نظر اکولوژیک مناسب، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر و از نظر اجتماعی مطلوب است (Koocheki et al., 2005). برخی روش‌های مدیریتی از جمله کشت گیاهان پوششی، شخم حفاظتی، تناوب زراعی، مدیریت تلفیقی آفات و کشت مخلوط گیاهان زراعی، به عنوان مؤلفه‌های کشاورزی پایدار معرفی شده‌اند (Ghanbari Bonjar, 2000).

تولید دو یا چند محصول به طور همزمان در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی کشت مخلوط نام دارد (Rahimi et al., 2005). این نوع کشت از کارآیی بالایی در استفاده از عوامل محیطی و حفاظت بیشتر محصولات برخوردار است (Eshgizadeh et al., 2007; Mazaheri, 1998; Njoku et al., 2007). از جمله مهم‌ترین فواید کشت مخلوط، افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی، به دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود است (Asgharipour & Rafiei, 2010). در واقع در کشت مخلوط، استفاده بهتر از عوامل محیطی به اختلاف ارتفاع، نحوه قرار گرفتن اندام‌های زیرزمینی و نیاز غذایی متفاوت گیاهان نسبت داده می‌شود (Ghanbari Bonjar, 2000). در این رابطه می‌توان به کشت مخلوط لگوم‌ها با غیرلگوم‌ها اشاره کرد که استفاده از لگوم‌ها در کشت مخلوط می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد، موجب تثبیت بیولوژیکی نیتروژن شود که این امر مصرف کود شیمیایی نیتروژنه را کاهش داده و از آلودگی محیط زیست نیز جلوگیری می کند. این عقیده وجود دارد که متفاوت بودن نیاز گیاهان به عنصر نیتروژن، علت افزایش عملکرد در کشت مخلوط بقولات و غیربقولات است. بدین ترتیب که بقولات از نیتروژن جوی و غیربقولات از نیتروژن موجود در خاک تغذیه می‌کنند و در نتیجه رقابت دو گونه از لحاظ نیتروژن کاهش می‌یابد (Aliyu, & Emechebe, 2006; Eshgizadeh et al., 2007; Haugaard-Nielsen & Jeanson, 2001). محفوظ و ایماگر (Mahfouz & Imager, 2004) گزارش کردند که کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد هر دو گونه داشت و برای هر دو گونه عملکرد کشت مخلوط بیشتر از تک‌کشتی بود. در تحقیقی نشان داده شده است که کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) باعث افزایش تولید شد (Ullah et al., 2007). همچنین، ونزی و همکاران (Wenxue et al., 2005) افزایش عملکرد دانه ذرت در کشت مخلوط با باقلا (*Vicia faba* L.) را گزارش کرده‌اند. نتایج تحقیقات گرن و همکاران (Geren et al., 2008) نشان داد که کشت مخلوط ذرت با لوبیا معمولی و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) صفات زیادی نظیر ارتفاع بوته، وزن تر، وزن خشک، عملکرد و پروتئین خام را تحت تأثیر قرار داد. همچنین، میزان عملکرد ذرت در مخلوط با این لگوم‌ها در مقایسه با کشت خالص آن بیشتر بود. همان‌طور که ذکر شد، یکی از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح است که نسبت برابری زمین (LER)[1] جهت تصدیق این ادعا که کشت مخلوط عملکرد بیشتری از کشت خالص در واحد سطح تولید می‌کند مورد استفاده قرار می‌گیرد (Park et al., 2002). طی آزمایشی مشخص شد که با کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و لوبیا از منابع محیطی با کارایی بیشتری استفاده گردید و مقدار LER به 1/80 رسید (Morales et al., 2009). سینگ (Singh, 2007) نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا اظهار کرد که در حالت کشت مخلوط میزان سودمندی نسبت به کشت خالص آن‌ها بیشتر شد و مقدار LER به 1/25 رسید. سعدی و المتوالی (Saudy & Elmetwally, 2009) گزارش کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا (*Glycine max* L.) مقدار LER به 1/37 رسید.

بدین ترتیب، با توجه به اهمیت گرایش به سمت سیستم‌های کشاورزی پایدار و همچنین اهمیت بالای لوبیا و آفتابگردان در تأمین نیاز غذایی بشر، این آزمایش با هدف تعیین بهترین الگوی کشت مخلوط این دو گیاه بر اساس اجزای عملکرد، عملکرد کمی و کیفی، نسبت برابری زمین و شاخص رقابت در شرایط آب و هوایی همدان اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا در سال زراعی 90-1389 اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت

1- Land equivalent ratio

www.SID.ir

Archive of SID



مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط افزایشی 75 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 50 درصد لوبیا با 50 درصد آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان و کشت خالص لوبیا و آفتابگردان بودند. ابتدا از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک محل آزمایش، نمونه‌برداری به عمل آمد و بر اساس تجزیه خاک (جدول 1) کود شیمیایی مصرف شد.

**جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش**

**Table 1- Soil physical and chemical characteristics of the experimental site**

| بافت Texture | اسیدیته pH | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$) | ماده آلی (درصد) Organic matter (%) | نیتروژن (درصد) Nitrogen (%) | فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available phosphorous ($mg.kg^{-1}$) | پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available potassium ($mg.kg^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| لوم- شنی Loam-sandy | 7.32 | 0.342 | 0.87 | 0.12 | 7.87 | 246 |

در این آزمایش از هر یک از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب 160 کیلوگرم نیتروژن (نصف آن در زمان کاشت و بقیه کود اوره به صورت سرک در زمان 8-6 برگی آفتابگردان)، 120 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و 100 کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار مصرف شد. تمامی کود فسفر و پتاسیم قبل از کاشت و در فرآیند آماده‌سازی زمین، به خاک مزرعه اضافه شد. تراکم بوته در کشت خالص آفتابگردان و لوبیا به ترتیب هشت و 40 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف برای آفتابگردان 60 سانتی‌متر و برای لوبیا 30 سانتی‌متر و فاصله روی ردیف برای آفتابگردان و لوبیا به ترتیب 20/8 و 8/3 سانتی‌متر بود. ابعاد کرت‌های آزمایش 6×3 متر و فاصله دو کرت از همدیگر در هر بلوک 60 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در کشت مخلوط افزایشی، بوته‌های لوبیا به صورت ردیفی و در وسط هر دو ردیف آفتابگردان کشت شدند. بنابراین، در کشت مخلوط افزایشی، فاصله ردیف کاشت لوبیا 45 سانتی‌متر بود. عملیات کاشت آفتابگردان (رقم آلستار) و لوبیا (رقم ناز) در نیمه دوم اردیبهشت ماه و به صورت همزمان انجام گرفت. در تمام تیمارها، کشت آفتابگردان و لوبیا به صورت متراکم انجام و پس از استقرار کامل بوته‌ها، برای دستیابی به تراکم مورد نظر تنک شدند. آبیاری مزرعه به صورت نشتی انجام گرفت. عملیات برداشت هر دو گونه گیاهی در مهرماه 1390 انجام گرفت. به طوری‌که، پس از رسیدگی فیزیولوژیک هر گونه گیاهی و با حذف اثر حاشیه‌ای، بوته‌های موجود در دو مترمربع از هر کرت برداشت شد و بر اساس آن صفات آفتابگردان مانند وزن صد دانه، وزن مغز دانه، نسبت مغز به کل دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین اندازه‌گیری شد. برای لوبیا نیز صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد پروتئین اندازه‌گیری و ارزیابی شدند. برای تعیین پروتیین دانه، از روش کجلدال استفاده شد (Jensen et al., 1996). میزان کلروفیل برگ نیز در مرحله گل‌دهی با استفاده از دستگاه SPAD502 اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که چهار برگ از قسمت میانی بوته انتخاب و میانگین قرائت کلروفیل‌متر آن‌ها به عنوان شاخص کلروفیل تیمار مربوطه ثبت شد.

برای ارزیابی کشت مخلوط از شاخص رقابت و نسبت برابری زمین استفاده شد. شاخص رقابت (CI)[1] با استفاده از معادله (1) محاسبه گردید (Mazaheri, 1998). در این معادله، $N'_A$ و $N_A$ به ترتیب عملکرد گونه A در کشت خالص و مخلوط و $N'_B$ و $N_B$ به ترتیب عملکرد گونه B در کشت خالص و مخلوط است. اگر $CI<1$ باشد، کشت مخلوط سودمندتر از کشت خالص می‌باشد.

$$CI=(N'_A-N_A)(N'_B-N_B)/N_AN_B \quad \text{معادله (1)}$$

نسبت برابری زمین بر اساس سطح زمین زیر کشت محاسبه می‌شود و بیانگر این است که برای به دست آوردن مقدار محصولی که از یک هکتار کشت مخلوط عاید می‌شود چه مقدار از زمین به صورت زراعت تک‌کشتی مورد نیاز است تا همان مقدار محصول برداشت

1- Competition index

www.SID.ir

Archive of SID



شود. در محاسبه این شاخص از معادله (2) استفاده شد (Mazaheri, 1998). در این معادله، $Y_i$ مقدار محصول یک گونه (در واحد سطح) در کشت مخلوط و $Y_{ii}$ محصول همان گونه (در واحد سطح) در زراعت تک‌کشتی است. نسبت برابری زمین بیشتر از یک، نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از دو گونه است.

معادله (2) $$LER= \sum(Y_i/Y_{ii})$$

تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS 6.12 و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### صفات مورد بررسی در آفتابگردان

### اجزای عملکرد و عملکرد دانه

اثر الگوی کاشت بر وزن دانه، وزن مغز، نسبت مغز به کل دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول 2). به طوری‌که، بیشترین وزن دانه (59/53 میلی‌گرم) از تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان حاصل شد، ولی این تیمار با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت خالص آفتابگردان تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین میزان وزن دانه (51/55 میلی‌گرم) نیز بدون اختلاف معنی‌دار با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 75 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان تعلق گرفت (جدول 3). با توجه به نتایج جدول 3 مشخص شد که بیشترین میزان وزن مغز و نسبت مغز به کل دانه که به ترتیب معادل 43/65 میلی‌گرم و 73/29 درصد بود از تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان حاصل شد. به نظر می‌رسد که کاهش رقابت برون‌گونه‌ای و افزایش کارایی استفاده از منابع محیطی و همچنین تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لوبیا در تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان باعث شده که رقابت بر سر منابع و عناصر غذایی کاهش یافته و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی آفتابگردان، مواد غذایی بیشتری به دانه‌ها برسد که این امر به افزایش وزن دانه و نسبت مغز به کل دانه منجر می‌شود. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009) نیز در پژوهش خود، از افزایش وزن دانه در کشت مخلوط زنیان (*Carum copticum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L.) نسبت به تک‌کشتی آن‌ها، گزارش دادند. مقایسه تیمارها از نظر عملکرد دانه حاکی از این بود که کمترین میزان این ویژگی (122 گرم در مترمربع) در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان مشاهده شد که در مقایسه با کشت خالص آفتابگردان حدود 65 درصد کاهش نشان داد. علت این امر از کاهش سهم آفتابگردان در کشت مخلوط در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان ناشی می‌شود. بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان (353 گرم در مترمربع) به تیمار کشت خالص آفتابگردان تعلق گرفت. با این وجود، تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 25 و 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، تفاوت معنی‌دار نداشتند. ولی، با افزایش سهم لوبیا به بیش از 50 درصد، عملکرد دانه آفتابگردان کاهش یافت (جدول 3). مورالس و همکاران (Morales et al., 2009) نیز گزارش کردند که با افزایش تراکم لوبیا در کشت مخلوط با آفتابگردان، رقابت برای منابع افزایش یافت که این افزایش رقابت منجر به کاهش 13 درصدی عملکرد دانه آفتابگردان شد. همچنین، با مقایسه الگوهای مختلف کاشت مشخص گردید که با افزایش تراکم لوبیا در مخلوط، عملکرد بیولوژیک آفتابگردان کاهش یافت. میزان کاهش در کشت مخلوط جایگزینی بیشتر از کشت مخلوط افزایشی بود. دلیل این امر کاهش تراکم بوته آفتابگردان در واحد سطح در کشت مخلوط جایگزینی به ویژه در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان می‌باشد. بیشترین عملکرد بیولوژیک (984 گرم در مترمربع) از تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان به دست آمد. کمترین عملکرد بیولوژیک نیز که معادل 509 گرم در مترمربع بود از تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان به دست آمد که در مقایسه با تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان از کاهش 48/18 درصدی برخوردار بود (جدول 5). همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان به علت کاهش سهم آفتابگردان در مخلوط، عملکرد بیولوژیک آن کاهش یافت. به نظر می‌رسد که افزایش رقابت در تیمار کشت مخلوط 100 درصد لوبیا با آفتابگردان و کاهش منابع محیطی در دسترس، عملکرد بیولوژیک آفتابگردان را کاهش داد. در واقع، در تراکم‌های بالا فضا برای رشد و گسترش گیاه کمتر شده که در نتیجه این امر عملکرد بیولوژیک کاهش یافته است. بیشترین میزان شاخص

www.SID.ir

Archive of SID



برداشت آفتابگردان (35/41 درصد) در کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان مشاهده شد (جدول 4). قنبری بونجار (Ghanbari Bonjar, 2000) در مطالعه خود روی کشت مخلوط باقلا و گندم (*Triticum aestivum* L.) اظهار داشت که شاخص برداشت در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش می‌یابد، به طوری‌که نامبرده دلیل این افزایش را تخصیص بیشتر مواد به بخش قابل برداشت در کشت مخلوط نسبت داد.

**عملکرد کیفی و قرائت کلروفیل‌متر آفتابگردان**

درصد و عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین و قرائت کلروفیل‌متر آفتابگردان به طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفتند (جدول 4). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاهش تراکم لوبیا در مخلوط، درصد روغن آفتابگردان افزایش یافت. به طوری‌که، بیشترین درصد روغن مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت خالص لوبیا نداشت. همچنین، کمترین میزان این ویژگی که معادل 41/10 درصد بود به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان تعلق گرفت (جدول 5). به نظر می‌رسد همبستگی منفی بین درصد روغن و میزان نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا دلیل این امر باشد. به طوری‌که، کاسم و ال مسیلی (Kasem & El-Mesillhy, 1992) بیان داشتند که با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس، درصد روغن کاهش یافت. آن‌ها دلیل این کاهش را افزایش میزان پروتئین دانستند. افزایش درصد روغن در کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت توسط موسویان و همکاران (Mousavian et al., 2010) نیز گزارش شده است. همچنین، گزارش شده است که درصد روغن دانه همبستگی منفی با پوست دانه دارد (Leon et al., 1995). به طوری‌که، در این آزمایش تیمارهایی که دارای بیشترین درصد پوست دانه بودند کمترین میزان روغن را به خود اختصاص دادند. اگرچه بالاترین عملکرد روغن (157/8 کیلوگرم در هکتار) به تک‌کشتی آفتابگردان اختصاص داشت، ولی با تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت‌های مخلوط افزایشی 25 و 50 درصد لوبیا با آفتابگردان تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول 5).

**جدول 2- تجزیه واریانس اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه آفتابگردان**

**Table 2- Analysis of variance for the effect of different intercropping patterns with bean on yield components and seed yield of sunflower**

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی df | وزن دانه Seed weight | وزن مغز دانه Kernel weight | نسبت مغز به کل دانه Kernel to seed ratio | عملکرد دانه Seed yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield | شاخص برداشت Harvest index |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication | 2 | $5.28^{ns}$ | $7.61^{ns}$ | $33.94^{ns}$ | $1922^{ns}$ | $6087^{ns}$ | $15.36^{ns}$ |
| الگوی کاشت Planting pattern | 7 | $31.31^{**}$ | $47.08^{**}$ | $37.93^{*}$ | $16848^{**}$ | $74945^{**}$ | $39.18^{*}$ |
| خطا Error | 14 | 1.80 | 4.82 | 9.29 | 997 | 8957 | 9.96 |
| ضریب تغییرات (درصد) CV (%) | - | 2.40 | 5.82 | 4.53 | 12.08 | 11.38 | 10.31 |

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID



جدول 3- مقایسه میانگین اجزای عملکرد و عملکرد دانه آفتابگردان در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا

**Table 3- Means comparison of yield components and yield of sunflower in different intercropping patterns with bean**

| الگوی کاشت Planting pattern | وزن دانه (میلی‌گرم) Seed weight (mg) | وزن مغز (میلی‌گرم) Kernel weight (mg) | نسبت مغز به کل دانه (درصد) Kernel to seed ratio (%) | عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$) | عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$) | شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower | $58.40^{ab*}$ | $40.57^{ab}$ | $69.49^{ab}$ | $353^{a}$ | $975^{ab}$ | $33.95^{ab}$ |
| 25% لوبیا با 75% آفتابگردان 25% Bean with 75% sunflower | $58.16^{ab}$ | $39.34^{b}$ | $67.66^{bc}$ | $292^{bc}$ | $920^{ab}$ | $31.75^{abc}$ |
| 50% لوبیا با 50% آفتابگردان 50% Bean with 50% sunflower | $56.67^{b}$ | $39.85^{ab}$ | $70.42^{ab}$ | $201^{d}$ | $711^{c}$ | $28.21^{cd}$ |
| 75% لوبیا با 25% آفتابگردان 75% Bean with 25% sunflower | $51.55^{c}$ | $32.55^{d}$ | $63.38^{c}$ | $122^{e}$ | $509^{d}$ | $23.91^{d}$ |
| 25% لوبیا با 100% آفتابگردان 25% Bean with 100% sunflower | $58.53^{abc}$ | $37.97^{bc}$ | $65.44^{bc}$ | $319^{ab}$ | $984^{a}$ | $32.38^{abc}$ |
| 50% لوبیا با 100% آفتابگردان 50% Bean with 100% sunflower | $59.53^{a}$ | $43.65^{a}$ | $73.29^{a}$ | $316^{ab}$ | $893^{ab}$ | $35.41^{a}$ |
| 75% لوبیا با 100% آفتابگردان 75% Bean with 100% sunflower | $53.35^{c}$ | $35.14^{cd}$ | $65.72^{bc}$ | $251^{cd}$ | $847^{abc}$ | $29.59^{bc}$ |
| 100% لوبیا با 100% آفتابگردان 100% Bean with 100% sunflower | $51.66^{c}$ | $32.63^{d}$ | $63.18^{c}$ | $241^{cd}$ | $814^{bc}$ | $29.56^{bc}$ |

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

از آن‌جایی که عملکرد روغن از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست می‌آید، لذا به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و درصد روغن در تیمار کشت خالص آفتابگردان، برتری آن از نظر عملکرد روغن نیز دور از انتظار نیست. احتمالاً به علت افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس از طریق تثبیت بیولوژیکی در تیمارهایی که بیش از 25 درصد تراکم لوبیا را داشتند، درصد روغن کاهش ولی درصد پروتئین افزایش یافت (جدول 5). سزومیگالسکی و آکر (Szumigalski & Acker, 2006) و کاروترس و همکاران (Carruthers et al., 2000) نیز به ترتیب در بررسی کشت مخلوط گندم-نخود و ذرت-سویا، علت بالا بودن درصد پروتئین دانه گندم و ذرت در کشت مخلوط را به تثبیت نیتروژن توسط گونه‌های نخود و سویا نسبت دادند.

با توجه به نتایج جدول 5 کمترین عملکرد پروتئین (44/58 گرم در مترمربع) به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان تعلق گرفت که در مقایسه با کشت خالص آفتابگردان که دارای 71/69 گرم پروتئین در مترمربع بود، 62 درصد کاهش نشان داد. علت این امر پایین بودن عملکرد دانه آفتابگردان در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان است. نتایج این آزمایش با یافته‌های مشهدی (Mashhadi et al., 2016) هماهنگ است. مقایسه میانگین تیمارها از نظر قرائت کلروفیل‌متر نیز حاکی از این است که با افزایش تراکم لوبیا در کشت مخلوط، کلروفیل برگ آفتابگردان افزایش یافت. بیشترین و کمترین قرائت کلروفیل‌متر (به ترتیب 48/30 و 43/47) به تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان و کشت خالص آفتابگردان تعلق گرفت. به طوری‌که، تیمار کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان در مقایسه با تیمار کشت خالص آفتابگردان از افزایش 10 درصدی از نظر کلروفیل برگ برخوردار بود (جدول 5). به نظر می‌رسد که دلیل افزایش کلروفیل در تیمار کشت

www.SID.ir

Archive of SID



مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان، تثبیت نیتروژن توسط لوبیا باشد. قوش و همکاران (Ghosh et al., 2006) در ارزیابی کشت مخلوط سویا و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) اعلام داشته‌اند که میزان کلروفیل برگ سورگوم در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بیشتر بود و علت این امر را به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط سویا نسبت دادند.

**جدول 4- تجزیه واریانس اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا بر خصوصیات کیفی آفتابگردان**

**Table 4- Analysis of variance for the effect of different intercropping patterns with bean on quality characteristics of sunflower**

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی df | درصد روغن Oil (%) | عملکرد روغن Oil yield | درصد پروتئین Protein (%) | عملکرد پروتئین Protein yield | قرائت کلروفیل‌متر SPAD reading |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication | 2 | $0.26^{ns}$ | $497^{ns}$ | $1.21^{ns}$ | $132^{ns}$ | $1.02^{ns}$ |
| الگوی کاشت Planting pattern | 7 | $3.66^{**}$ | $3655^{**}$ | $2.01^{*}$ | $641^{**}$ | $10.01^{**}$ |
| خطا Error | 14 | 0.36 | 313 | 0.48 | 62 | 2.09 |
| ضریب تغییرات (درصد) CV (%) | - | 1.39 | 15.66 | 3.24 | 14.04 | 3.14 |

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

**جدول 5- مقایسه میانگین خصوصیات کیفی آفتابگردان در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا**

**Table 5- Mean comparison of quality characteristics of sunflower in different intercropping patterns with bean**

| الگوی کاشت Planting pattern | درصد روغن Oil (%) | عملکرد روغن (گرم در مترمربع) Oil yield ($g.m^{-2}$) | درصد پروتئین Protein (%) | عملکرد پروتئین (گرم در مترمربع) Protein yield ($g.m^{-2}$) | قرائت کلروفیل‌متر SPAD reading |
|---|---|---|---|---|---|
| کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower | $44.16^{a*}$ | $157.82^{a}$ | $20.31^{b}$ | $71.69^{a}$ | $43.47^{c}$ |
| 25% لوبیا با 75% آفتابگردان 25% Bean with 75% sunflower | $43.32^{bc}$ | $129.02^{ab}$ | $20.85^{b}$ | $60.88^{b}$ | $44.37^{bc}$ |
| 50% لوبیا با 50% آفتابگردان 50% Bean with 50% sunflower | $42.00^{de}$ | $84.53^{c}$ | $22.18^{a}$ | $44.58^{c}$ | $4736^{a}$ |
| 75% لوبیا با 25% آفتابگردان 75% Bean with 25% sunflower | $41.10^{e}$ | $50.55^{d}$ | $22.30^{a}$ | $27.20^{d}$ | $47.16^{a}$ |
| 25% لوبیا با 100% آفتابگردان 25% Bean with 100% sunflower | $44.37^{a}$ | $139.41^{a}$ | $20.61^{b}$ | $65.64^{ab}$ | $44.39^{bc}$ |
| 50% لوبیا با 100% آفتابگردان 50% Bean with 100% sunflower | $43.59^{ab}$ | $137.97^{a}$ | $21.18^{ab}$ | $66.93^{a}$ | $46.13^{ab}$ |
| 75% لوبیا با 100% آفتابگردان 75% Bean with 100% sunflower | $42.86^{cd}$ | $105.42^{bc}$ | $22.17^{a}$ | $55.53^{b}$ | $47.82^{a}$ |
| 100% لوبیا با 100% آفتابگردان 100% Bean with 100% sunflower | $42.50^{cd}$ | $99.78^{bc}$ | $22.14^{a}$ | $53.24^{b}$ | $48.30^{a}$ |

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID



**اجزای عملکرد و عملکرد لوبیا**

تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت لوبیا در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر سری‌های مخلوط افزایشی و جایگزین با آفتابگردان قرار گرفتند (جدول 6). ولی اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نشد (جدول 6). بیشترین تعداد غلاف در بوته (12/93 غلاف در بوته) به تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان تعلق گرفت که با تیمار کشت مخلوط جایگزینی 50 درصد لوبیا با 50 درصد آفتابگردان اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول 7). به نظر می‌رسد که کاهش رقابت برون‌گونه‌ای و افزایش کارایی استفاده از منابع در تیمار فوق باعث شده که گیاه سرمایه‌گذاری بیشتری برای تعداد غلاف در بوته کند. همچنین، از آن‌جایی که رقم ناز دارای فرم رشدی رونده است از آفتابگردان به عنوان قیم استفاده کرده و در نتیجه توزیع بهتر نور در بین برگ‌های لوبیا، تعداد غلاف در بوته افزایش یافت. یوجینایج و همکاران (Ujjinaiah et al., 1991) نیز با بررسی کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیای رونده گزارش کردند که عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته لوبیا به طور معنی‌داری نسبت به تک‌کشتی افزایش یافت. سلیم و همکاران (Saleem et al., 2003) نیز در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا، نتایج مشابهی را گزارش کردند.

با کاهش تراکم لوبیا در مخلوط، وزن صد دانه آن افزایش یافت، به طوری‌که بیشترین و کمترین میزان این ویژگی که به ترتیب معادل 31/50 و 25/26 گرم بود از تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان به دست آمد (جدول 7). شایان ذکر است که بین تیمارهای کشت خالص لوبیا و کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان و همچنین بین دو تیمار کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان از نظر وزن صد دانه تفاوتی وجود نداشت. پورامیر و همکاران (Poor Amir et al., 2010) در ارزیابی کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و نخود، گزارش کردند که وزن هزار دانه نخود، از تک‌کشتی به سمت مخلوط، دارای شیب افزایشی بود. در تحقیق اصغری پور و رافعی (Asgharipour & Rafiei, 2010) نیز که روی کشت مخلوط اسفرزه (*Plantago ovata* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) انجام شد، اظهار داشتند که وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و در کشت مخلوط بیشتر از تک‌کشتی بود.

در میان الگوهای مختلف کاشت، بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (به ترتیب 305 و 993 گرم در مترمربع) متعلق به تیمار کشت خالص لوبیا بود که با تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان اختلاف معنی‌دار نداشت. با کاهش تراکم لوبیا در کشت‌های مخلوط جایگزینی و نیز با افزایش رقابت بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط افزایشی، هر دو ویژگی کاهش یافتند، به طوری‌که کمترین عملکرد دانه و بیولوژیک (به ترتیب 82 و 383 گرم در مترمربع) از تیمار کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان به دست آمد که با تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول 7). این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران هماهنگ است (Ghosh et al., 2006; Mahfouz & Imager, 2004; Mazaheri, 1998). بیشترین میزان شاخص برداشت لوبیا (34/49 درصد) نیز به تیمار کشت مخلوط افزایشی 75 درصد لوبیا با آفتابگردان تعلق گرفت که با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 50 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول 7). اگرچه کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک در تیمارهای کشت مخلوط مشاهده گردید، ولی میزان کاهش در عملکرد بیولوژیک به خصوص در کشت مخلوط افزایشی بیشتر از عملکرد دانه بود که در نتیجه آن شاخص برداشت در این تیمارها افزایش یافت. به طوری‌که میزان کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک در تیمار کشت مخلوط افزایشی 75 درصد لوبیا با آفتابگردان نسبت به تیمار کشت خالص لوبیا به ترتیب 18/69 و 23/96 درصد بود (جدول 7). تسبو و همکاران (Tsubo et al., 2001) و مائفی و ماکسیارلی (Maffei & Mucciarelli, 2003) به ترتیب با ارزیابی کشت مخلوط ذرت-لوبیا و نعناع (*Mentha piperita* L.)-سویا به نتایج مشابهی دست یافتند.

**عملکرد پروتئین و قرائت کلروفیل‌متر لوبیا**

عملکرد پروتئین در سطح احتمال یک درصد و قرائت کلروفیل‌متر در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند، ولی درصد پروتئین تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول 6). مقایسه میانگین‌ها از نظر صفت عملکرد پروتئین نشان از

www.SID.ir

Archive of SID



برتری کشت خالص داشت. کمترین میزان این ویژگی به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان تعلق داشت که با تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل 1).

**جدول 6 - تجزیه واریانس اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان بر اجزای عملکرد، عملکرد و خصوصیات کیفی لوبیا**

**Table 6 - Analysis of variance for the effect of different intercropping patterns with sunflower on yield components, yield and quality characteristics of bean**

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی df | تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant$^{-1}$ | وزن صد دانه 100-Seed weight | تعداد دانه در غلاف No. of seed per pod$^{-1}$ | عملکرد دانه Seed yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield | شاخص برداشت Harvest index | درصد پروتئین Protein percentage | عملکرد پروتئین Protein yield | قرائت کلروفیل-متر SPAD reading |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication | 2 | 34$^{ns}$ | 0.89$^{*}$ | 0.16$^{ns}$ | 1786$^{ns}$ | 2775$^{ns}$ | 15.88$^{*}$ | 3.97$^{ns}$ | 105$^{ns}$ | 2.58$^{ns}$ |
| الگوی کاشت Planting pattern | 7 | 6.46$^{**}$ | 17.42$^{**}$ | 0.05$^{ns}$ | 18394$^{**}$ | 117135$^{**}$ | 122.98$^{**}$ | 1.17$^{ns}$ | 584$^{**}$ | 4.35$^{*}$ |
| خطای آزمایش Error | 14 | 0.16 | 0.12 | 0.11 | 654 | 6470 | 2.47 | 2.01 | 35 | 1.23 |
| ضریب تغییرات (درصد) | - | 3.60 | 1.24 | 12.03 | 12.02 | 11.46 | 5.38 | 7.51 | 14.71 | 2.22 |

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

با توجه به این‌که درصد پروتئین لوبیا تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت و نیز عملکرد آن با کاهش تراکم لوبیا در کشت‌های مخلوط جایگزینی کاهش یافت، لذا عملکرد پروتئین لوبیا در تیمار تراکم 25 درصد لوبیا کمترین میزان بود. کاهش عملکرد پروتئین ماشک (*Vicia villosa* L.) در کشت مخلوط با یولاف (*Avena sativa* L.) نیز گزارش شده است (Leon et al., 1995). مقایسه میانگین‌ها (جدول 7) نشان داد که بیشترین میزان قرائت کلروفیل‌متر که معادل 52 اسپاد بود، از تیمار کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان حاصل شد. کمترین میزان شاخص کلروفیل نیز به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان تعلق گرفت. با افزایش تراکم آفتابگردان در کشت مخلوط جایگزینی و افزایش تراکم در واحد سطح در کشت مخلوط افزایشی، شاخص کلروفیل افزایش یافت. به نظر می‌رسد دلیل افزایش کلروفیل در تراکم‌های بالا، افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر باشد. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که گیاهان در شرایط سایه برای به دام انداختن هر چه بیشتر نور برای تولید آسیمیلات، میزان کلروفیل را افزایش می‌دهند. افزایش میزان کلروفیل در کشت مخلوط به دلیل سایه‌اندازی، توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Ghosh et al., 2006; Hamzei, 2012).

### شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

با بررسی شاخصی به نام شاخص رقابت اگر چه میزان اضافه محصول نشان داده نمی‌شود ولی با اشاره به شدت رقابت بین دو گونه در تیمارهای مختلف مخلوط می‌توان نسبت به سودمندی آن‌ها قضاوت کرد (Daryaei et al., 2008). در آزمایش حاضر کلیه الگوهای کشت مخلوط دارای شاخص رقابت کمتر از یک بودند (جدول 8) که این امر نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط است. پوگیو (Poggio, 2005) نیز در مطالعه خود بر روی کشت مخلوط نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) اظهار داشت که تداخل بین اجزای مخلوط به مراتب ضعیف‌تر از رقابت درون‌گونه‌ای است.

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول 7- مقایسه میانگین اجزای عملکرد، عملکرد و قرائت کلروفیل‌متر لوبیا در الگوهای مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان**

**Table 7- Means comparison of yield components, yield and SPAD reading of bean in different intercropping patterns with sunflower**

| الگوی کاشت Planting pattern | تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant$^{-1}$ | وزن صد دانه (گرم) 100- Seed weight (g) | عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g.m$^{-2}$) | عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m$^{-2}$) | شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%) | قرائت کلروفیل-متر SPAD reading |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 25% لوبیا با 75% آفتابگردان 25% Bean with 75% sunflower | 9.15$^{e*}$ | 31.50$^{a}$ | 82$^{d}$ | 469$^{d}$ | 14.28$^{e}$ | 50.25$^{abc}$ |
| 50% لوبیا با 50% آفتابگردان 50% Bean with 50% sunflower | 12.55$^{ab}$ | 29.10$^{c}$ | 217$^{c}$ | 739$^{bc}$ | 29.43$^{cd}$ | 49.97$^{bc}$ |
| 75% لوبیا با 25% آفتابگردان 75% Bean with 25% sunflower | 12.00$^{bc}$ | 27.50$^{d}$ | 269$^{ab}$ | 870$^{ab}$ | 31.08$^{bc}$ | 48.74$^{c}$ |
| کشت خالص لوبیا Sole crop of bean | 11.50$^{cd}$ | 26.50$^{e}$ | 305$^{a}$ | 993$^{a}$ | 30.74$^{bc}$ | 48.96$^{c}$ |
| 25% لوبیا با 100% آفتابگردان 25% Bean with 100% sunflower | 11.72$^{cd}$ | 31.00$^{a}$ | 106$^{d}$ | 383$^{d}$ | 27.75$^{d}$ | 48.88$^{c}$ |
| 50% لوبیا با 100% آفتابگردان 50% Bean with 100% sunflower | 12.93$^{a}$ | 30.00$^{b}$ | 230$^{bc}$ | 689$^{c}$ | 33.44$^{ab}$ | 50.19$^{abc}$ |
| 75% لوبیا با 100% آفتابگردان 75% Bean with 100% sunflower | 11.12$^{d}$ | 26.92$^{d}$ | 248$^{bc}$ | 719$^{c}$ | 34.49$^{a}$ | 51.47$^{ab}$ |
| 100% لوبیا با 100% آفتابگردان 100% Bean with 100% sunflower | 8.95$^{e}$ | 25.26$^{e}$ | 245$^{bc}$ | 755$^{c}$ | 32.43$^{ab}$ | 52.00$^{ab}$ |

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

**جدول 8- اثر کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان بر شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط**

**Table 8- Effect of bean and sunflower intercropping on evaluation indices of intercropping**

| تیمار Treatment | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نسبت برابری زمین Land equivalent ratio | 1.09 | 1.28 | 1.22 | 1.25 | 1.66 | 1.52 | 1.48 |
| شاخص رقابت Competition index | 0.56 | 0.3 | 0.25 | 0.2 | 0.03 | 0.09 | 0.11 |

$T_1$ تا $T_3$: به ترتیب کشت مخلوط جایگزینی 25:75، 50:50 و 75:25 لوبیا: آفتابگردان و $T_4$ تا $T_7$ به ترتیب مخلوط افزایشی 25، 50، 75 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان

$T_1$ to $T_3$: Replacement intercropping of 25:75, 50:50, and 75:25 for bean:sunflower and $T_4$ to $T_7$: additive intercropping of 25, 50, 75 and 100% bean with sunflower, respectively.

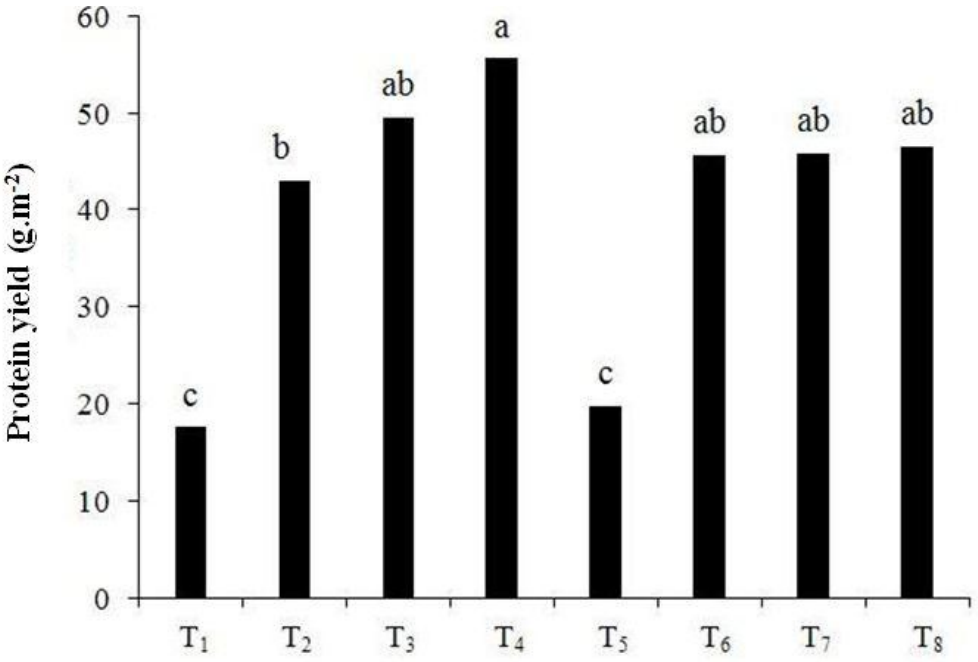
توحیدی نژاد و همکاران (Tohidy Nejad et al., 2004) در بررسی کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان به چنین نتایجی دست یافتند. همان‌طور که در جدول 8 مشخص شده است، در تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک است که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط این دو گونه نسبت به تک‌کشتی می‌باشد. به طوری‌که بررسی الگوهای مختلف کاشت نشان داد که نسبت برابری زمین بین 1/09 و 1/66 می‌باشد. به عبارت دیگر، بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش برای به دست آوردن محصولی که از یک هکتار کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان تولید می‌شود، باید حداقل 0/09 و حداکثر 0/66 هکتار زمین اضافی در تک‌کشتی، زیر کشت رود تا عملکردی

www.SID.ir

Archive of SID



معادل با عملکرد مخلوط در خالص حاصل گردد. علت برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به تک‌کشتی آن را می‌توان به اثر مکملی آن‌ها در استفاده از منابع نسبت داد. در کل، کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان کمترین میزان شاخص رقابت (0/03) و بیشترین میزان LER (1/66) را به خود اختصاص داد که منجر به افزایش 66 درصدی در کارایی استفاده از زمین زراعی می‌شود. این مزیت به دلیل وجود اختلافات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی بین اجزای کشت مخلوط می‌باشد. نتایج مشابهی در کشت مخلوط نخود و کلزا (Kumar & Singh., 2006) و گندم و نخود (Banik et al., 2006; Mashhadi et al., 2016) گزارش شده است.




**1- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان بر عملکرد پروتئین لوبیا**

**Fig. 1- Effect of different intercropping patterns with sunflower on protein yield of bean**

($T_1$ تا $T_4$: به ترتیب کشت مخلوط جایگزینی 75:25، 50:50 و 25:75 لوبیا: آفتابگردان و کشت خالص لوبیا و $T_5$ تا $T_8$ به ترتیب کشت مخلوط افزایشی 25، 50، 75 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان)

($T_1$ to $T_4$: Replacement intercropping of 25:75, 50:50, and 75:25 for bean: sunflower and bean sole crop, and $T_5$ to $T_8$: additive intercropping of 25, 50, 75 and 100% bean with sunflower, respectively.)

میانگین‌های دارای حروف مشترک در شکل، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means within a Figure followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

## نتیجه‌گیری

به طورکلی علی‌رغم این‌که عملکرد هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی کاهش یافت، ولی در نهایت عملکرد کل دو گونه در کشت‌های مخلوط بیشتر از کشت‌های خالص آن‌ها بود، به طوری‌که شاخص‌های مختلف ارزیابی سودمندی کشت مخلوط نشان از برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به تک‌کشتی هر یک از آن‌ها داشت. در تمامی تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک و شاخص رقابت کمتر از یک بود. بیشترین میزان LER در تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان مشاهده شد که در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از گونه‌ها از افزایش 66 درصدی در بهره‌وری زمین برخوردار بود. در این آزمایش دستیابی به LER بالاتر از یک نشان می‌دهد که کشت‌های مخلوط دو گونه در مقایسه با کشت خالص از منابع محیطی، شامل نور و عناصر غذایی به طور مؤثرتری استفاده کرده و در نتیجه اجزای کشت مخلوط مکمل هم بوده‌اند. در کل، با توجه به نتیجه آزمایش تیمارهای بالاتر از 50 درصد در کشت مخلوط افزایشی برای تحقیقات بعدی و

www.SID.ir

Archive of SID



تکمیلی توصیه نمی‌شود.

## منابع


Aliyu, B.S., and Emechebe, A.M. 2006. Effect of intra- and inter-row mixing of sorghum with two varieties of cowpea on host crop yield in a Striga hermonthica L. infested field. African Journal of Agricultural Research 1(2): 24-26.

Asgharipour, M., and Rafiei, Z. 2010. Intercropping of isabgol (*Plantago ovata* L.) and lentil as influenced by drought stress. American-Eurasian Journal Agriculture and Environ Sciences 9(1): 62-69.

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(4): 325-332.

Carruthers, K., Prithirviraj, B., Clouter, D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: Yield component responses. European Journal of Agronomy 12(2): 103-115.

Daryaei, F., Agha Alikhani, M., and Chaichi, M.R. 2008. Comparison advantage index of intercropping chickpea and barley in forage manufacture. Agriculture and Natural Resources System 21: 35-40.

Eshgizadeh, H.R., Chaichi, M.R., Ghalavand, A., Shabani, G., Azizi, K., Tourknejad, A., Raeisi Yazdi, H., and Papizadeh, A. 2007. Evaluation of annual medic and barley intercropping on forage yield and protein content in dry farming system. Pajouhesh and Sazandegi 75(2): 102-112. (In Persian with English Summary)

Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., and Kir, B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. Biotechnology 7(22): 4100-4104.

Ghanbari Bonjar, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as a low–input forage. PhD dissertation, Wye College, University of London.

Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay, K.K., Ajay Tripathi, A.K., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Misra, A.K., Acharya, C.L., and Subba Rao, A. 2006. Inter-specific interaction and nutrient use in soybean sorghum intercropping system. Agronomy Journal 98(4): 1097-1108.

Hamzei, J. 2012. Evaluation of yield, SPAD index, land use efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare* L.) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). Journal of Crop Production and Processing 2(4): 79-92.

Haugaard-Nielsen, H., and Jeanson, E.S. 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementarily in intercropping at different levels of N availability. Field Crop Research 72(3): 185-196.

Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Fieldsend, J.K., Milford, G.F.J., Andersen, M.N., and Thage, J.H. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Research 47: 93-105.

Kasem, M.M., and El-Mesillhy, M.A. 1992. Effect of rates and application treatments of nitrogen fertilizer on sunfflower (*Helianthus annus* L.) II. Yield and yield components. Journal of Agriculture Science 30: 665-676.

Koocheki, A.R., Gholami, A., Mahdavi Damghani, A., and Tabrizi, L. 2005. Organic Agriculture. Ferdowsi Press 385 pp. (In Persian)

Kumar, A., and Singh, B.P. 2006. Effect of row ratio and phosphorus level on performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) –Indian mustard (*Brassica juncea* L.) intercropping. Indian Journal of Agronomy 51(2): 100-102.

Leon, A.J., Lee, M., Rufener, G.K., Berry, S.T., and Mowers, R.P. 1995. Use of RFLP markers for genetic linkage analysis of oil percentage in sunflower seed. Crop Science 35(1): 558-564.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crop Research 99(3): 106-113.

Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crop Research 84(3): 229-240.

Mahfouz, H., and Imager, E.A. 2004. Effect of intercropping, weed control treatment and their interaction on yield and its attributes of chickpea and canola. Egyptian Journal Applied Science 19(4): 84-101.

Mashhadi, T., Nakhzari Moghaddam, A., and Sabouri, H. 2016. Investigation of competition indices in intercropping of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) under nitrogen consumption. Journal of Agroecology 3(1): 344-355. (In Persian with English Summary)

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)


www.SID.ir

Archive of SID



Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation benefit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 259-269. (In Persian with English Summary)

Mohler, C.L., and Liebman, M. 1987. Weed productivity and composition in sole crop and intercrops of barley and field pea. Journal of Applied Ecology 24(1): 685-699.

Morales, R.E.J., Escalante, E.J.A., Sosa, C.L., and Volke, H.V.H. 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annus* L. in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high valleys of Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10(3): 431-439.

Mousavian, S.N., Lorzadeh, S., Abrahim Poor, F., and Seyed Mohammad, S.A.R. 2010. Effect of nitrogen levels and planting ratios on intercropping maize and sunflower in Khuzestan. Research in Crop Science 8(4): 708-716. (In Persian with English Summary)

Njoku, S.C., Muoneke, C.O., Okpara, D.A., and Agbo, F.M.O. 2007. Effect of intercropping varieties of sweet potato and okra in an ultisol of southeastern Nigeria. African Journal of Biotechnology 6(14): 1650-1654.

Park, S.E., Benjamin, L.R., and Watkinson, A.R. 2002. Comparing biological productivity in cropping systems: A competition approach. Journal of Applied Ecology 39(3): 416-426.

Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture Ecosystem and Environment 109(2): 48-58.

Poor Amir, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 747-757. (In Persian with English Summary)

Rahimi, M.M., Mazaheri, D., Khodabandeh, N., and Heydari Sharif Abadi, N. 2005. Study of yield and yield components of maize and soybean the intercropping. Pajouhesh and Sazandegi 55(5): 41-51. (In Persian with English Summary)

Saleem, R., Umar, F.M., and Ahmed, R. 2003. Bioeconomic assessment of different sunflower based intercropping systems at different geometric configurations. Pakistan Journal of Biological Sciences 6(13): 1187-119.

Saudy, H.S., and Elmetwally, I.M. 2009. Weed management under different patterns of sunflower– soybean intercropping. Journal of Central European Agriculture 10(1): 41-52.

Singh, J.K. 2007. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rainfed conditions of temperate Kashmir. Indian Journal of Agronomy 52(1): 36-39.

Szumigalski, A.R., and Acker, R.C.V. 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. Agronomy Journal 98(4): 1030-1040.

Tohidy Nejad, E., Mazaheri, D., and Koocheki, A.R. 2004. Study of maize and sunflower intercropping. Pajouhesh and Sazandegi 64(3): 39-45. (In Persian with English Summary)

Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparison of radiation use efficiency of mono intercropping systems with different row orientations. Field Crop Research 71(1): 17-29.

Ujjinaiah, U.S., Rajashekar, B.G., Venugopal, N., and Seenappa, K. 1991. Sunflower pigeon pea intercropping. Journal of Oilseed Research 8(3): 72-80.

Ullah, A., Bhatti, M.A., Gurman, Z.A., and Imran, M. 2007. Studies on planting patterns of maize (*Zea mays* L.) facilitating legumes intercropping. Journal of Agricultural Research 45(2): 113-118.

Wenxue, L., Long, L., Jianhao, S., Tianwen, G., Fusuo, Z., Xingguo, B., Peng, A., and Tang, C. 2005. Effects of inter cropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an orthic anthrosol in northwest China. Agriculture Ecosystems and Environment 105(3): 483-491.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 490-504

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 504-490

# Study of Quality and Quantity of Yield and Land Equivalent Ratio of Sunflower in Intercropping Series with Bean

**J. Hamzei[1*] and M. Babaei[2]**
Submitted: 15-07-2014
Accepted: 07-09-2014

Hamzei, J., and Babaei, M. 2017. Study of quality and quantity of yield and land equivalent ratio of sunflower in intercropping series with bean. Journal of Agroecology 8(4): 490-504.

## Introduction

Intercropping is an old and widespread practice used in low input cropping systems in many areas of the world. In fact, intercropping is claimed to be one of the most significant cropping techniques in sustainable agriculture, and many researches and reviews attribute its utilization to the number of environmental benefits from promoting land biodiversity to diversifying agricultural outcome. Furthermore, it is thought to be a useful mean for minimizing the risks of agricultural production in many environments, including those typical of under-developed or marginal areas. Intercropping systems, especially those employing non legumes with legumes, have several major advantages such as higher total yield and better land use efficiency (Dhima et al., 2007), yield stability of the cropping system (Lithourgidis et al., 2007), better utilization of light, water, and nutrients (Javanmard et al., 2009), improved soil conservation and better control of pests and weeds. Intercrops including of legume are common in agriculture ecosystems, but now are rarely used in developed countries, except for certain intercropping systems used for animal feed. Intercrops can use the available environmental resources more efficiently and thus result in higher yields than mono crops. The reasons for the higher yield in such systems is that the intercropped species do not compete for exactly the same growth resource niche and thereby tend to use the available resources in a complementary way. In particular, non legumes seem to be more competitive for soil inorganic nitrogen (N) than legumes due to faster and deeper root growth and higher demand in N. Consequently, the legumes usually increase their reliance on symbiotic N2 fixation. In the present study, it was aimed to assess the production of biomass, yield, grain quality and land equivalent ratio (LER) in plant society of sunflower/bean.

## Materials and methods

This experiment was carried out with aim of evaluation of the yield, seed quality and LER in sunflower and bean intercropping based on a randomized complete block design with three replications and nine treatments at Bu-Ali Sina University during growing season 2010-2011. Additive intercropping of 25, 50, 75 and 100% bean with sunflower, replacement intercropping of 25:75, 50:50 and 75:25 (bean:sunflower) and monoculture of sunflower and bean were the experimental treatments. SAS procedures and programs were used for analysis of variance (ANOVA) calculations. The significance of the treatment impact was determined using F-test by measuring significant differences between the means of the treatments, and least significant differences (LSD) were estimated at the probability level of 5%.

## Results and discussion

Results indicated that with shifting from sole cropping toward intercropping, seed weight, kernel weight, kernel to seed ratio, seed yield, biological yield, harvest index (HI), oil percentage and yield and protein yield decreased significantly, but protein percentage and SPAD reading increased. The highest sunflower seed yield (353 g.m-2) without significant difference with additive intercropping of 50% bean with sunflower observed at sole cropping of sunflower. Except seed number per pod and protein percentage, the effect of treatments was significant on pod number per plant, 100- seeds weight, seed yield, biological yield, harvest index, yield of protein and SPAD reading of bean. Maximum yield of bean recorded in bean sole cropping treatment. In all intercropping treatments, the value of LER was more than one and the value of competition index (CI) was less

1 and 2- Associate Professor and Former MSc Student, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.31250

www.SID.ir

Archive of SID



than one. Treatment of additive intercropping of 50% bean with sunflower had the lowest CI (0.03) and the highest LER (1.66).

## Conclusion

Therefore, it seems that additive intercropping of 50% bean with sunflower treatment is suitable treatment for maximum production in society of sunflower and bean.

**Keywords:** Competition index, Land equivalent ratio (LER), Seed quality, Sole cropping, Oil yield

## References

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249-256.

Javanmard, A., Nasab, A.D.M., Javanshir, A., Moghaddam, M., and Janmohammadi, H. 2009. Forage yield and quality in intercropping of maize with different legumes as double-cropped. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 163-166.

Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agronomy for Sustainable Development 27: 95-99.

www.SID.ir