Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 429-416

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 416-429

تولید محصول آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

جواد حمزه‌ئی[1*] و محسن سیدی[2]

تاریخ دریافت: 1394/12/09
تاریخ پذیرش: 1395/11/25

حمزه‌ئی، ج. و سیدی، م. 1397. تولید محصول آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی، 10(2): 429-416.

چکیده

به‌منظور ارزیابی عملکرد کمی و کیفی دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا در دو سال زراعی 1392 و 1393 انجام گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. خاک‌ورزی (خاک‌ورزی کامل، نیمه خاک‌ورزی با چیزل و نیمه خاک‌ورزی با دیسک) و الگوی کاشت (کشت خالص آفتابگردان و لوبیا و کشت مخلوط افزایشی 30 و 60 درصد لوبیا با آفتابگردان) به‌ترتیب به عنوان فاکتور اصلی و فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان داد که بیشتر صفات تحت تأثیر خاک‌ورزی قرار نگرفتند، ولی اثر الگوی کشت بر آن‌ها معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین آفتابگردان (به‌ترتیب 356/22، 160/90 و 77/27 گرم در مترمربع) در تیمار کشت خالص به‌دست آمد، ولی با اجرای کشت مخلوط از میزان این ویژگی‌ها به‌طور معنی‌داری کاسته شد. در کشت مخلوط، عملکرد دانه لوبیا نیز نسبت به کشت خالص آن کاهش نشان داد. در میان الگوهای مختلف کشت، بیشترین عملکرد دانه کل (437/28 گرم در مترمربع) به تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان تعلق گرفت. در کل، تیمار 60 درصد لوبیا + آفتابگردان بیشترین عملکرد کل را تولید کرد و کارایی استفاده از زمین را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، روغن دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، کارایی استفاده از زمین

مقدمه

روند تخریب و بهم خوردن تعادل اکولوژیک سامانه‌های زراعی درحالی ادامه دارد که جمعیت جهان رو به افزایش است و اگر چاره‌ای برای افزایش تولیدات کشاورزی و حفظ محیط‌زیست نشود، بروز قحطی دور از واقعیت نیست. بشر تاکنون تدابیر گوناگونی اتخاذ کرده و با به کاربردن تکنولوژی، استفاده از ژنتیک، دادن کودهای شیمیایی فراوان، مصرف سموم گیاهی مختلف و غیره توانسته است بخشی از نیاز به مواد غذایی را به‌صورت منطقه‌ای برآورده کند. شیوه‌های رایج، تولید آینده را به قیمت افزایش تولید فعلی به خطر انداخته است. بنابراین، علائم زوال و نابودی در گذر زمان، شرایط مورد نیاز برای تولید پایدار را بیش از بیش آشکار کرده است (Mazaheri, 1998). با توجه به مشکلات زیست‌محیطی ناشی از افزایش تولید، امروزه گرایش به سمت نظام‌های پایدار در کشاورزی اهمیت پیدا کرده است. مهم‌ترین اصل در کشاورزی پایدار، وجود تنوع در آن است. چنانچه فعالیت های کشاورزی بر اساس اصول اکولوژیک صورت گیرد، ضمن جلوگیری از تخریب اکوسیستم‌های طبیعی موضوع ثبات و پایداری نیز تحقق می‌یابد.

در راستای نیل به کشاورزی پایدار، استفاده از کم خاک‌ورزی یا بی‌خاک‌ورزی به عنوان یک راهکار عملی قابل طرح می‌باشد. امروزه، روش‌های بدون خاک‌ورزی یا خاک‌ورزی حداقل که معمولاً همراه با

1 و 2- به‌ترتیب دانشیار و دانش آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

برجای ماندن مقداری بقایای گیاهی بر سطح خاک است، به‌منظور کاهش فرسایش خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک، بهبود راندمان مصرف و افزایش نفوذ آب، کاهش نیروی کار، سوخت و استهلاک ماشین‌آلات و افزایش عملکرد، کاربرد دارد (De Vita et al., 2007). خاک‌ورزی حفاظتی شامل روش‌ها و تکنیک‌هایی برای کاشت محصول روی بقایا و کلش به جا مانده از محصول قبلی می‌باشد. در خاک‌ورزی حفاظتی، کشت محصول با انجام کمترین عملیات خاک‌ورزی صورت خواهد گرفت. در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، در این روش با کاهش عملیات خاک‌ورزی، کلش یا بقایای گیاهی به‌طور کامل با خاک مخلوط نمی‌شود و بخش عمده یا همه آن روی سطح خاک باقی می‌ماند. حاصلخیزی خاک و مواد آلی، درنتیجه خاک‌ورزی مرسوم و عملیات کشاورزی زیاد، به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. عملیات خاک‌ورزی شدید، حاصلخیزی خاک را تا بیش از 50 درصد و میزان هوموس آن را از 13 به 5 درصد کاهش می‌دهد (Mrabet, 2002). در خاک‌ورزی حفاظتی مهم‌ترین نکته این است که باید حداقل 30 درصد بقایا روی سطح خاک باقی بماند تا از فرسایش خاک و اتلاف رطوبت، خصوصاً در مناطقی که وزش شدید باد وجود دارد جلوگیری کند. خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، تخریب کمتری در سطح خاک ایجاد می‌کند، بنابراین، آسیب به خاک و مصرف انرژی را با ثابت نگه داشتن بازده و کیفیت محصول، کاهش می‌دهد. نکته قابل توجه آن است که سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توانند جانشین مناسبی برای سیستم‌های خاک‌ورزی مرسوم باشند. در کل، در این روش تأکید بر حفاظت خاک است، ولی حفظ رطوبت خاک، انرژی، کارگر و حتی تجهیزات از جمله مزایای بعدی آن است (Melero et al., 2009).

کشت مخلوط، نمونه بارز دیگری از نظام‌های پایدار در کشاورزی به‌شمار می‌رود. کشت مخلوط و پرورش کشت‌های چند محصولی پاسخی به بسیاری از مسائل و مشکلات کشاورزی است که عمده‌ترین آن‌ها افزایش کارایی استفاده از منابع موجود و افزایش عملکرد در واحد سطح زمین و نیز افزایش تنوع و ایجاد ثبات زیستی و کاهش نهاده‌هایی مانند علف‌کش‌ها می‌باشد (Valizadegan, 2015). کشت مخلوط، به‌دلیل استفاده بهینه و حداکثر از منابع تولید، کاهش میزان آلودگی محیط زیست، حفاظت خاک، موازنه در امر تغذیه گیاهی و به‌دست آوردن حداکثر سود، اهداف مشترک اگرونومیست و اکولوژیست را که همانا توسعه پایدار است در بر می‌گیرد (Hamzei & Seyedi, 2014a; Hamzei & Seyedi, 2014b). در این نوع کشت از عامل سومی به نام زمان در تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. این روش علاوه بر تولید، بهبود مدیریت صحیح منابع، حفظ کیفیت منابع و محیط را نیز مد نظر قرار می‌دهد. به‌علت استفاده مؤثر از منابع موجود میزان کمیت وکیفیت در کشت مخلوط افزایش یافته و در نتیجه سود بیشتری عاید زارع می شود. هدف اصلی از کشت مخلوط، تولید عملکرد بالا و استفاده بیشتر از زمین به وسیله حداکثر استفاده از منابع است (Gronle et al., 2015). نتایج تحقیقی نشان داد که کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) با لوبیا معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) صفات زیادی نظیر ارتفاع بوته، وزن تر، وزن خشک، عملکرد و پروتئین خام را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین، میزان عملکرد ذرت در مخلوط با این لگوم‌ها در مقایسه با کشت خالص آن بیشتر بود (Geren et al., 2008). در مطالعه‌ای، کشت مخلوط ذرت و کدو (*Cucurbita* sp.) اثر معنی‌داری روی عملکرد کدو داشت. میزان شاخص کارایی استفاده از زمین در اکثر تیمارها بزرگ‌تر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است (Ghanbari et al., 2010).

در کشت مخلوط گیاهان همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) صفات کمی و کیفی همیشه بهار نسبت به تک‌کشتی بهبود یافتند که احتمالاً مربوط به مزایای کشت مخلوط گیاهان مختلف با یکی از اعضای خانواده لگوم می‌باشد (Valizadegan, 2015). در تحقیقی کشت مخلوط افزایشی جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخود بسیار موثرتر و بهتر از تک‌کشتی جو از نظر صفاتی مانند شاخص کارایی استفاده از زمین و افزایش عملکرد کل بیولوژیک و دانه بود (Hamzei & Seyedi, 2012). در مطالعه‌ای روی کشت برخی گیاهان لگوم و جو اظهار شد که حضور اعضای خانواده لگوم در کشت مخلوط باعث افزایش مزایای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی گیاهان می‌گردد (Scalise et al., 2015). در واقع، یکی از مهم‌ترین مزایای حضور گیاهان لگوم در کشت مخلوط تثبیت نیتروژن است که سبب بهبود سودمندی کشت مخلوط می‌شوند (Franco et al., 2015; Gronle et al., 2015; Hamzei & Seyedi, 2014 a; Scalise et al., 2015). با توجه به مجموع نکات ذکر شده در مورد ویژگی‌های مثبت کشاورزی حفاظتی

www.SID.ir

Archive of SID

از جمله خاک‌ورزی حفاظتی و کشت مخلوط گیاهان مختلف با یکدیگر، هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تولید محصول آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال‌های زراعی 1392 و 1393 انجام گرفت. محل اجرای آزمایش در 48 درجه و 31 دقیقه طول شرقی، 35 درجه و 1 دقیقه عرض شمالی و 1690 متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. نتایج آزمون خاک، بافت خاک را لوم‌رسی و pH آن را 7/49 نشان داد. همچنین، میزان کربن آلی و هدایت الکتریکی خاک به‌ترتیب 1/18 درصد و 0/428 دسی‌زیمنس بر متر بود. میزان بارندگی طی فصل رشد گیاهان در هر دو سال زراعی 1392 و 1393 حدود دو میلی‌متر گزارش شد. همچنین، متوسط دما طی ماه‌های اجرای آزمایش در سال 1392 و 93 به‌ترتیب 22/5 و 23/0 درجه سانتی‌گراد بود.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. خاک‌ورزی در سه سطح خاک‌ورزی کامل، نیمه خاک‌ورزی با چیزل و نیمه خاک‌ورزی با دیسک به عنوان فاکتور اصلی و الگوهای مختلف کاشت شامل کشت خالص آفتابگردان، کشت خالص لوبیا، کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان و کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان، سطوح فاکتور فرعی بودند.

در خاک‌ورزی مرسوم زمین محل آزمایش در اوایل خرداد 1392 و 1393 تا عمق 30 سانتی‌متری توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و در خاک‌ورزی‌های کاهش یافته نیز از ادوات چیزل و دیسک برای خاک‌ورزی استفاده گردید. عملیات کاشت هر دو گونه گیاهی (آفتابگردان و لوبیا) در تاریخ 10 خرداد 1392 و 8 خرداد 1393 به‌طور همزمان با دست انجام گرفت. برای لوبیا در هر کرت شش ردیف کاشت به‌طول 4/5 متر و با فاصله بین ردیف و بین بوته در روی ردیف به‌ترتیب 50 و پنج سانتی‌متر و با تراکم نهایی 40 بوته در متر مربع و برای آفتابگردان در هر کرت پنج ردیف کاشت به‌طول 4/5 متر و با فاصله بین ردیف و بین بوته در روی ردیف به‌ترتیب 60 و 18 سانتی‌متر و با تراکم نهایی نه بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کشت مخلوط به‌صورت افزایشی انجام شد، بدین صورت‌که بذور لوبیا در تراکم‌های مشخص شده بین ردیف‌های آفتابگردان کشت شدند. بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کودی، کود اوره به‌میزان 50 کیلوگرم در هکتار به‌عنوان استارتر در زمان کشت به خاک اضافه گردید. در مجموع 75 کیلوگرم اوره در کشت خالص لوبیا و 250 کیلو گرم اوره در بقیه الگوهای کشت استفاده شد. آبیاری به‌صورت بارانی و اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. در کرت‌های آزمایشی چندین مرتبه علف‌های هرز در طول فصل رشد و به‌صورت دستی وجین شدند. عملیات برداشت هر دو گونه گیاهی در مهر ماه سال‌های 92 و 93 انجام گرفت. بدین صورت که بعد از حذف دو ردیف از هرطرف و نیم‌متر از ابتدا و انتهای تمام ردیف‌ها برای تعیین عملکرد بیولوژیک و دانه هر دو گونه گیاهی، دو مترمربع از هر کرت برداشت شد.

روغن موجود در دانه‌های آفتابگردان از طریق روش سوکسله اندازه‌گیری شد (Pritchard et al., 2000). این روش یکی از متداول‌ترین روش‌ها جهت عصاره‌گیری و استخراج روغن از اجزاء گیاهی می‌باشد. پروتئین دانه آفتابگردان و لوبیا نیز بر اساس روش کجلدال (Magomya et al., 2014) با دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک، مدل D-40599 ساخت شرکت Behr کشور آلمان اندازه‌گیری شد.

کارایی استفاده از زمین بر اساس سطح زمین زیر کشت محاسبه گردید. این شاخص بر اساس فرمول $LUE= (I_1/P_1) + (I_2/P_2)$ محاسبه شد (Mazaheri, 1998). در این فرمول؛ I: مقدار محصول یک گونه (در واحد سطح) در کشت مخلوط و P: عبارت از محصول همان گونه (در واحد سطح) در زراعت تک‌کشتی است.

پس از وارد کردن داده‌ها به کامپیوتر و تست فرضیات تجزیه واریانس و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها، تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار آماری SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان

نتایج میانگین مربعات داده‌ها نشان داد که عملکرد بیولوژیک و دانه آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر الگوی کشت

www.SID.ir

Archive of SID

قرار گرفت، ولی اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی در الگوی کشت بر این ویژگی معنی‌دار نبود (جدول 1). در پژوهشی بر روی بررسی روش‌های تلفیقی مبارزه با علف‌های هرز برگ مخملی و *آماراتوس* در شرایط متفاوت خاک‌ورزی بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد لوبیا اظهار شد که عملکرد لوبیا تحت تأثیر تیمار خاک‌ورزی که شامل سطوح خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی کاهش یافته بود، قرار نگرفت (Abbasdokht et al., 2015). در میان الگوهای مختلف کشت، بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمار کشت خالص آفتابگردان و تیمار کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان به‌دست آمد. قابل ذکر است که تیمار کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان با تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان از نظر صفات مورد بررسی در آفتابگردان از جمله عملکردهای دانه و بیولوژیک تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول 2). دلیل کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در کشت مخلوط افزایشی لوبیا با این گیاه را می‌توان به موضوع رقابت احتمالی بین دو گونه بر سر منابع مورد نیاز در رشد بیان کرد. گزارش شده است که با افزودن گیاه همراه به مزرعه گیاه اصلی تا سطح مطلوب تراکم گیاه همراه که معمولاً 50 الی 60 درصد تراکم خالص آن گزارش شده است، هر چند عملکرد گیاه اصلی کاهش می‌یابد، ولی به‌دلیل کاهش تبخیر آب از سطح خاک و استفاده آن توسط گیاه همراه، نه تنها جبران کاهش عملکرد گیاه اصلی را خواهد داشت بلکه در مجموع عملکرد کل سیستم زراعی نیز افزایش خواهد یافت (Hamzei & Seyedi, 2014b). در تحقیقی روی کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی اظهار شد که تک‌کشتی سورگوم عملکرد بیشتری نسبت به مخلوط افزایشی این دو گیاه داشت (Sanjani et al., 2009). در پژوهشی دیگر کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط افزایشی گندم و نخود نسبت به تک‌کشتی گیاهان زراعی گزارش شد (Banik et al., 2006). همچنین، در مطالعه‌ای روی تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد و برخی صفات کمی و کیفی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) اعلام شد که عملکرد کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری از کشت خالص دو گونه زراعی کمتر بود (Mardani & Balouchi., 2015). با این‌که اثر خاک‌ورزی بر صفات درصد روغن و عملکرد روغن آفتابگردان معنی‌دار نبود، ولی اثر الگوی کاشت بر این ویژگی‌ها به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار شد (جدول 1). بیشترین مقدار درصد و عملکرد روغن (به‌ترتیب 44/87 درصد و 160/90 گرم در مترمربع) در تیمار کشت خالص آفتابگردان مشاهده شد. از آن‌جایی که عملکرد روغن حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه است، لذا به‌دلیل بالا بودن عملکرد دانه و درصد روغن در تیمار کشت خالص آفتابگردان، برتری آن از نظر عملکرد روغن نیز دور از انتظار نبود. به نظر می‌رسد همبستگی منفی بین درصد روغن و میزان نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا در تیمارهای کشت مخلوط دلیل این امر باشد، به‌طوری‌که با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس، درصد روغن کاهش و میزان پروتئین افزایش می‌یابد. از طرفی، افزایش عملکرد دانه باعث افزایش معنی‌دار عملکرد روغن در تک‌کشتی آفتابگردان شد که آن هم می‌تواند به سبب عدم وجود رقابت برون گونه‌ای باشد. در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری از میزان عملکرد روغن کاسته شد. از دلایل مهم کاهش عملکرد روغن آفتابگردان در تیمارهای کشت مخلوط که ناشی از کاهش عملکرد دانه می‌باشد، رقابت با لوبیا بر سر منابع محیطی مختلف مانند مواد غذایی است. در واقع، رقابت با گونه‌های دیگر باعث کاهش جذب مواد غذایی و عملکرد دانه می‌گردد (Fuente et al., 2014; Yan et al., 2014; Amossé et al., 2014).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که هیچ یک از تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌دار بر درصد پروتئین نداشتند و تنها اثر تیمار الگوی کشت بر ویژگی عملکرد پروتئین آفتابگردان معنی‌دار بود و اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی × الگوی کشت بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول 1). با این‌که اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد پروتئین آفتابگردان معتی‌دار نبود، ولی کمترین میزان این ویژگی به کشت خالص آفتابگردان و بیشترین درصد پروتئین به تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان تعلق داشت. در واقع، به نظر می‌رسد تثبیت احتمالی نیتروژن توسط لگوم (لوبیا) و استفاده آفتابگردان از این نیتروژن، به افزایش درصد پروتئین دانه در کشت مخلوط منجر شده است. بیشترین (77/27 گرم در مترمربع) و کمترین (53/12 گرم در مترمربع) میزان عملکرد پروتئین آفتابگردان نیز به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص آفتابگردان و کشت مخلوط افزایشی 30% لوبیا + آفتابگردان به‌دست آمد، ولی تیمار کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان با تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان از نظر عملکرد پروتئین آفتابگردان تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول 2).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- تجزیه واریانس مرکب اثرات خاک‌ورزی و کشت مخلوط با لوبیا بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان در سال‌های زراعی 1392 و 1393.

Table 1- Combined analysis of variance for the effects of tillage and intercropping with bean on quantity and quality yield of sunflower during 2013 and 2014 growing seasons.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزدی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	% روغن % oil	عملکرد روغن Oil yield	% پروتئین % protein	عملکرد پروتئین Protein yield
سال Year (Y)	1	44076 ^{ns}	56 ^{ns}	14.51 ^{ns}	32 ^{ns}	3.62 ^{ns}	13.15 ^{ns}
تکرار x سال ReplicationxY	4	80671	32739	21.90	7859	31.37	2952.77
خاک‌ورزی Tillage (T)	2	25784 ^{ns}	4034 ^{ns}	2.84 ^{ns}	868 ^{ns}	1.23 ^{ns}	284.14 ^{ns}
سال x خاک‌ورزی Y×T	2	5711 ^{ns}	1708 ^{ns}	7.01 ^{ns}	512 ^{ns}	2.15 ^{ns}	7.57 ^{ns}
خطای اصلی Error a	8	24830	2825	8.87	616	4.09	218.84
کشت مخلوط Intercropping (I)	2	233745 **	62237 **	19.30 *	14173 **	3.72 ^{ns}	2674.46 **
T×I	4	2373 ^{ns}	1710 ^{ns}	1.76 ^{ns}	214 ^{ns}	0.24 ^{ns}	102.23 ^{ns}
Y×I	2	5890 ^{ns}	1809 ^{ns}	7.80 ^{ns}	234 ^{ns}	1.51 ^{ns}	86.25 ^{ns}
Y×T×I	4	5952 ^{ns}	1666 ^{ns}	7.61 ^{ns}	253 ^{ns}	1.78 ^{ns}	78.50 ^{ns}
خطای فرعی Error b	24	22429	2745	5.36	505	4.00	166.77
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	--	16.15	17.48	6.29	17.09	9.15	19.52

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول 2- مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط افزایشی با لوبیا بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان

Table 2- Means comparisons for the effect of additive intercropping series with bean on quantity and quality yield of sunflower

کشت مخلوط Intercropping	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	% روغن % oil	عملکرد روغن (گرم در متر مربع) Oil yield ($g.m^{-2}$)	% پروتئین % protein	عملکرد پروتئین (گرم در متر مربع) Protein yield ($g.m^{-2}$)
کشت خالص آفتابگردان Monocrop sunflower	1052.94^{a*}	356.22^{a}	44.87^{a}	160.90^{a}	21.32^{a}	77.27^{a}
30% لوبیا + آفتابگردان 30% bean+ sunflower	830.80^{b}	238.83^{b}	43.42^{ab}	104.01^{b}	22.04^{a}	53.12^{b}
60% لوبیا + آفتابگردان 60% bean+ sunflower	897.73^{b}	303.67^{b}	42.87^{b}	130.11^{b}	22.17^{a}	68.04^{ab}

*در هر ستون میانگین‌های با حداقل دارای یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح 5 درصد می‌باشند.

*Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level (LSD).

از عوامل مؤثر در تولید محصول توسط گیاهان زراعی، دسترسی مطلوب به آب و عناصر غذایی است. در این پژوهش با اجرای کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری از میزان عملکرد پروتئین کاسته شد که بخشی از آن می‌تواند به‌دلیل کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط

www.SID.ir

Archive of SID

باشد. همچنین، باید اشاره کرد که بخش مهمی از کاهش عملکرد کیفی در مطالعات کشت مخلوط می‌تواند به سبب رقابت گونه‌های مختلف زراعی با یکدیگر بر سر منابع محیطی و مواد غذایی باشد (Amossé et al., 2014) که در نهایت به کاهش درصد جذب مواد غذایی و عملکرد دانه منجر می‌شود (Fuente et al., 2014; Yan et al., 2014). در مطالعه‌ای روی تأثیر منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط بر غلظت و جذب عناصر پرمصرف گیاه شنبلیله و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) اعلام شد جذب نیتروژن که منبع مهم تشکیل پروتئین است در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی کاهش معنی‌دار نشان داد (Roustaei & Fallah, 2015).

عملکرد کمی و کیفی لوبیا

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از این بود که عملکرد بیولوژیک لوبیا در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار الگوی کشت قرار گرفت، اما اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی x الگوی کشت معنی‌دار نشد (جدول 3). در تحقیقی روی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر پویایی جمعیت علف‌های هرز در مزرعه پنبه (*Gossypium* sp.) گزارش شد که عملکرد وش پنبه در تیمارهای خاک‌ورزی کاهش یافته و مرسوم در یک دسته آماری بوده و اختلاف معنی‌داری نداشتند (Latifi et al., 2009). در میان الگوهای کشت بیشترین عملکرد بیولوژیک متعلق به کشت خالص لوبیا بود (769/45 گرم در مترمربع)، ولی با اعمال کشت مخلوط، کاهش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک لوبیا حاصل شد (جدول 4). در کشت مخلوط افزایشی ممکن است به سبب افزایش تراکم بوته در واحد سطح، رقابت درون و برون گونه‌ای گیاهان زراعی بر سر منابع محیطی از جمله نور، آب و مواد غذایی افزایش یافته و به کاهش عملکرد دانه منجر شود. از طرفی، در این آزمایش از آن‌جایی که تراکم لوبیا در واحد سطح در تیمارهای کشت مخلوط کمتر از کشت خالص لوبیا بود، بنابراین، پایین بودن عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن دور از انتظار نبود. بسیاری از پژوهشگران نیز در مطالعات خود این یافته‌ها را تأیید کرده‌اند (Banik et al., 2006; Ghanbari et al., 2010). در الگوی کشتی که تراکم لوبیا از حد معمول پایین‌تر آمده بود کاهش عملکرد بیولوژیک آن طبیعی بود. به‌طوری‌که در این مطالعه کمترین میزان عملکرد بیولوژیک لوبیا متعلق به تیمار 30 درصد لوبیا + آفتابگردان بود (جدول 4). اثر خاک‌ورزی بر عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار نبود، ولی اثر الگوی کشت و اثر متقابل خاک‌ورزی در الگوی کشت بر این صفت معنی‌دار شد (جدول 3). در پژوهشی اظهار شد که عملکرد دانه ذرت در خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی معنی‌دار نبود (Salem et al ., 2015). بیشترین و کمترین عملکرد دانه لوبیا (به‌ترتیب 329/17 و 31/83 گرم در مترمربع) به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص لوبیا x دیسک و کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان x دیسک به‌دست آمد (جدول 5). به‌طور کلی، با اجرای کشت مخلوط و همچنین کاهش تراکم لوبیا از عملکرد دانه لوبیا کاسته شد.

در مطالعه‌ای روی ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.) و نخود در کشت مخلوط اظهار شد که کشت مخلوط کنجد نسبت به کشت خالص آن عملکرد دانه کمتری داشت (Pooramir et al., 2010). همچنین، با کاهش تراکم کنجد در کشت مخلوط از عملکرد دانه به میزان بیشتری کاسته شد. یافته‌های تحقیق حاضر مطابق با مطالعات برخی دیگر از پژوهشگران است (Hamzei & Seyedi, 2012; Valizadegan, 2015).

نتایج میانگین مربعات داده‌ها نشان داد که درصد پروتئین لوبیا در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار الگوی کشت قرار گرفت، اما اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی x الگوی کشت معنی‌دار نشد (جدول 3). در میان تیمارهای آزمایشی اثر الگوی کشت و اثر متقابل خاک‌ورزی x الگوی کشت بر صفت عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول 3). در میان الگوهای مختلف کاشت بیشترین درصد پروتئین متعلق به کشت خالص لوبیا بود (جدول 4). بیشترین عملکرد پروتئین (86/46 گرم در مترمربع) در تیمار خاک‌ورزی مرسوم x کشت خالص لوبیا به‌دست آمد. به‌طور کلی، با توجه به بالا بودن عملکرد دانه لوبیا در تیمار کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط که از تراکم پایین لوبیا در واحد سطح برخوردار بود، افزایش عملکرد پروتئین نیز طبیعی به‌نظر می‌رسد، ضمن این‌که یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دسترسی گیاهان به عناصر غذایی بحث رقابت با گونه‌های دیگر است که سبب کاهش درصد جذب این عناصر می‌گردد. در واقع، به‌دلیل کاهش تراکم لوبیا در واحد سطح و نیز احتمالاً رقابت برون‌گونه‌ای در کشت مخلوط، منجر به کاهش عملکرد پروتئین لوبیا در واحد سطح شده است. در مطالعه‌ای جذب نیتروژن و میزان پروتئین دانه در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی کاهش معنی‌دار نشان داد (Roustaei & Fallah, 2015). در پژوهشی دیگر که روی کشت مخلوط یولاف

www.SID.ir

Archive of SID

(*Avena sativa* L.) و ماشک (*Vicia sativa* L.) انجام گرفت، گزارش شد که بیشترین مقدار پروتئین خام در کشت خالص ماشک گل خوشه‌ای به‌دست آمد و کشت مخلوط میزان این ویژگی را کاهش داد(Jahangiri et al., 2015).

عملکرد بیولوژیک و دانه کل

تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این بود که عملکرد بیولوژیک و دانه کل در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار الگوی کشت قرار گرفت. ولی، اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی در الگوی کشت این ویژگی‌ها را تحت تأثیر قرار نداد (جدول 6). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک و دانه کل (به‌ترتیب 1189/4 و 437/28 گرم در متر مربع) به تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان تعلق گرفت.

جدول 3- تجزیه واریانس مرکب اثرات خاک‌ورزی و کشت مخلوط با آفتابگردان بر عملکرد کمی و کیفی لوبیا در سال‌های زراعی 1392 و 1393.

Table 3- Combined analysis of variance for the effects of tillage and intercropping with sunflower on quantity and quality yield of bean during 2013 and 2014 growing seasons.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	عملکرد دانه Seed yield	درصد پروتئین % protein	عملکرد پروتئین Protein yield
سال Year (Y)	1	6466 ^{ns}	81 ^{ns}	1.92 ^{ns}	2.78 ^{ns}
تکرار × سال Replication×Y	4	6511	2777	53.41	40.86
خاک‌ورزی Tillage (T)	2	2006 ^{ns}	673 ^{ns}	21.68 ^{ns}	187.73 **
سال × خاک‌ورزی Y*T	2	69 ^{ns}	124 ^{ns}	1.81 ^{ns}	26.45 ^{ns}
خطای اصلی Error a	8	3181	574	15.25	29.84
کشت مخلوط Intercropping (I)	2	2052286 **	364851 **	41.78 **	24951.07 **
T×I	4	975 ^{ns}	10992 *	1.12 ^{ns}	56.29 *
Y×I	2	511 ^{ns}	593 ^{ns}	10.91 ^{ns}	17.02 ^{ns}
Y×T×I	4	72 ^{ns}	1109 ^{ns}	11.81 ^{ns}	19.96 ^{ns}
خطای فرعی Error b	24	3025	394	12.75	20.11
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	--	12.17	14.00	14.99	11.09

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد کمی و کیفی لوبیا در الگوهای مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان

Table 4- Mean comparisons of quantity and quality yield of bean in different intercropping patterns with sunflower

کشت مخلوط Intercropping	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biologic yield ($g.m^{-2}$)	درصد پروتئین % protein
کشت خالص لوبیا Monocrop bean	769.45^{a*}	25.57^{a}
30% لوبیا + آفتابگردان 30% bean+ sunflower	117.21^{c}	22.86^{b}
60% لوبیا + آفتابگردان 60% bean+ sunflower	291.72^{b}	23.00^{b}

*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح 5 درصد می‌باشند.

*Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level (LSD).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی در الگوی کشت مخلوط با آفتابگردان بر عملکرد دانه و پروتئین لوبیا

Table 5- Mean comparisons for the interaction effect of tillage×intercropping patterns with sunflower on seed and protein yield of bean

کشت مخلوط × خاک‌ورزی Tillage × Intercropping	عملکرد (گرم در مترمربع) Yield ($g.m^{-2}$)	
	دانه Seed	پروتئین Protein
کشت خالص لوبیا × چیزل Monocrop bean × chisel	302.50[b*]	76.81[b]
"۳۰% لوبیا + آفتابگردان"× چیزل "30% bean+ sunflower" × chisel	35.33[e]	8.13[e]
"۶۰% لوبیا + آفتابگردان" × چیزل "60% bean+ sunflower" × chisel	142.00[c]	32.83[c]
کشت خالص لوبیا × دیسک Monocrop bean × disc	391.17[a]	80.98[b]
"30% لوبیا + آفتابگردان" × دیسک 30% bean+sunflower × disc	31.83[e]	7.06[e]
"60% لوبیا + آفتابگردان" دیسک "60% bean+sunflower" × disc	115.83[d]	25.78[d]
کشت خالص لوبیا × خاک‌ورزی مرسوم Monocrop bean × conventional tillage	321.50[ab]	86.46[a]
"30% لوبیا + آفتابگردان" × خاک‌ورزی مرسوم "30% bean+sunflower" × conventional tillage	45.50[e]	10.88[e]
"60% لوبیا + آفتابگردان" × خاک‌ورزی مرسوم "60% bean+sunflower" × conventional tillage	143.00[c]	34.91[c]

*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.

*Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level (LSD).

تیمار تک‌کشتی آفتابگردان در ویژگی‌های عملکرد بیولوژیک و دانه کل نسبت به تیمار برتر (کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان) به‌ترتیب افت حدود 10 و 20 درصدی نشان داد. افزایش عملکرد کل یکی از مزایای عمده انجام کشت مخلوط است که پژوهشگران بسیاری به آن اشاره نموده اند (Banik et al., 2006; Mazaheri, 1998). از بهترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی، به‌دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک است (Banik et al., 2006). در آزمایشی مشاهده شد که کشت ذرت با باقلا (*Vicia faba* L.) موجب افزایش عملکرد کل می‌شود (Yan et al., 2014). در کشت مخلوط گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش عملکرد در این نظام کشتی وجود دارد (Fuente et al., 2014; Gronle et al., 2015; Yan et al., 2014; Zhang et al., 2011). نتایج تحقیقی روی کشت مخلوط ذرت با لوبیا معمولی و لوبیا چشم بلبلی نشان داد که کشت مخلوط عملکرد بیولوژیک و دانه را تحت تأثیر قرار داده و افزایش می‌دهد (Yan et al., 2008).

کارایی استفاده از زمین

بررسی شاخص کارایی استفاده از زمین در این مطالعه نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط 60% لوبیا + آفتابگردان دارای LUE بالاتر از یک بودند (شکل 1) که نشان از برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به تک‌کشتی هر یک از دو گونه دارد. در میان الگوهای مختلف کشت، کمترین مقادیر کارایی استفاده از زمین مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان بود که در هر سه حالت خاک‌ورزی دارای LUE کمتر از یک بودند (شکل 1).

به‌نظر می‌رسد عملکرد بسیار کم لوبیا باعث کاهش کارایی استفاده از زمین در این تیمارها شده باشد. با افزایش تراکم لوبیا و به تبع آن افزایش عملکرد دانه کارایی استفاده از زمین نیز بیشتر شد، به‌طوری‌که در تمام تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان مقادیر کارایی استفاده از زمین بیشتر از یک بود. بیشترین میزان شاخص کارایی استفاده از زمین (1/42) در تیمار کشت مخلوط افزایشی 60 درصد لوبیا + آفتابگردان با خاک‌ورزی

www.SID.ir

Archive of SID

چیزل به‌دست آمد و کمترین میزان این شاخص (0/76) نیز از تیمار شد.
کشت مخلوط افزایشی 30 درصد لوبیا + آفتابگردان × دیسک حاصل

جدول 6- تجزیه واریانس مرکب اثر خاک‌ورزی در کشت مخلوط لوبیا بر عملکرد بیولوژیک و دانه آفتابگردان کل در سال‌های زراعی 1392 و 1393.

Table 6- Combined analysis of variance for the effects of tillage × intercropping with bean on total seed and biological yield of sunflower during 2013 and 2014 growing seasons.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک کل Total biological yield	عملکرد دانه کل Total seed yield
سال Year (Y)	1	17850 ns	728 ns
تکرار × سال Replication×Y	4	85520	39521
خاک‌ورزی Tillage (T)	2	31603 ns	5080 ns
سال × خاک‌ورزی Y*T	2	3541 ns	1449 ns
خطای اصلی Error a	8	19007	3126
کشت مخلوط Intercropping (I)	3	564890**	84469**
T×I	6	7326 ns	3439 ns
Y×I	6	3950 ns	1035 ns
Y×T×I	6	2290 ns	1324 ns
Error b	36	17294	2978
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	--	13.28	15.73

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول 7- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و دانه کل آفتابگردان در کشت خالص و مخلوط با لوبیا

Table 7- Mean comparison of total biological and seed yield of sunflower in sole and intercropping with been

کشت مخلوط Intercropping	عملکرد بیولوژیک کل (گرم در مترمربع) Total biologic yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه کل (گرم در مترمربع) Total seed yield ($g.m^{-2}$)
کشت خالص آفتابگردان Monocrop sunflower	1052.94^{b*}	356.22^{b}
کشت خالص لوبیا Monocrop bean	769.45^{d}	317.72^{c}
30% لوبیا + آفتابگردان 30% bean+sunflower	948.01^{c}	276.39^{d}
60% لوبیا + آفتابگردان 60% bean+sunflower	1189.40^{a}	437.28^{a}

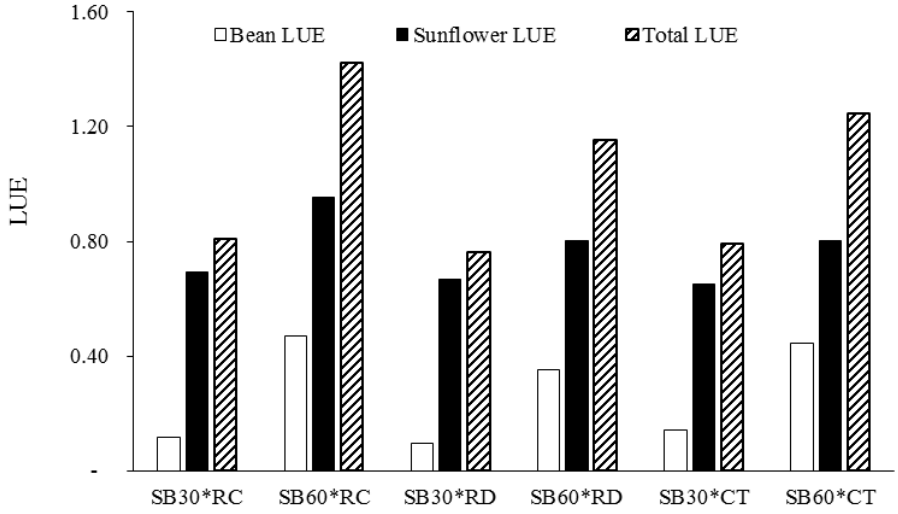
*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح 5 درصد می‌باشند.

*Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level (LSD).

www.SID.ir

Archive of SID

برخی پژوهشگران نیز در مطالعات خود اظهار داشتند که معمولاً در الگوهای کشت مخلوط کارایی استفاده از زمین بالاتر از یک بوده که نشان‌دهنده برتری سیستم کشت مخلوط گیاهان زراعی به تک-کشتی آن‌ها است (Hamzei & Seyedi, 2014a; Hamzei & Seyedi, 2012). در پژوهشی روی مطالعه عملکرد کمی و کیفی همیشه بهار و نخود و تنوع گونه‌ای و وفور نسبی حشرات در کشت مخلوط ردیفی و نواری اظهار شد که در اغلب الگوهای کشت مخلوط کارایی استفاده از زمین بیش از یک بود (Valizadegan., 2015). برخی پژوهشگران نیز برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را از نظر ویژگی کارایی استفاده از زمین در پژوهش‌های خود روی گیاهان زراعی مختلف نشان دادند (Gholi Nejad et al., 2018; Rezaei Chianeh et al., 2015; Mosapour et al., 2015).



شکل 1- کارایی استفاده از زمین در ترکیبات تیماری (RC، RD و CT به‌ترتیب نیمه خاک‌ورزی با چیزل، دیسک و خاک‌ورزی مرسوم و S، B30 و B60 به‌ترتیب آفتابگردان و تراکم 30 و 60% لوبیا)

Fig. 1- Land use efficiency (LUE) in combined treatment (RC, RD and CT: Reduced tillage by chisel and disc and conventional tillage respectively, and S, B30 and B60: sunflower and 30 and 60% bean density, respectively)

نتیجه‌گیری

پایداری عملکرد اقتصادی از اهداف مهم فعالیت‌های پژوهشی و همچنین سیستم‌های توسعه یافته می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، کشاورزی حفاظتی از جمله خاک‌ورزی حفاظتی و کشت مخلوط نقش اساسی را بازی می‌کنند. با توجه به این موضوع و با نگاهی کلی به نتایج پژوهش حاضر می‌توان اظهار داشت که خاک‌ورزی حفاظتی با چیزل می‌تواند جایگزینی مناسب برای خاک‌ورزی مرسوم و شدید باشد. همچنین، کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان می‌تواند از نظر پایداری عملکرد در منطقه همدان امید بخش باشد. در این مطالعه، علی‌رغم کاهش عملکرد هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی آن‌ها، به‌طور کلی بازده عملکرد کل و کارایی استفاده از زمین در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی بالاتر بود. در کل، کشت مخلوط 60 درصد لوبیا با آفتابگردان که بیشترین عملکرد کل را تولید کرده و کارایی استفاده از زمین آفتابگردان را افزایش داد به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Abbasdokht, H., Noorolahi, M., and Amerian, M.R. 2013. Investigation of integrated velvetleaf (*Abutilon theophrasti* L.) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) control methods under different tillage condition on weed control and soybean (*Glycine max* L.) yield. Journal Weed Research 5(2): 167-182. (In Persian with English Summary)

Amossé, C., Jeuffroy, M.H., Celette, F., and David, C. 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. European Journal Agronomy 49: 158-167.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghosh, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additiveseries experiment: Advantages and weed smothering. European Journal Agronomy 24: 325-332.

De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., and Pisante, M. 2007. No tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil Tillage Research 92: 69-78.

Franco, J.G., King, S.R., Masabni, J.G., and Volder, A. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. Agriculture, Ecosystems and Environment 203: 1-10.

Fuente, E.B., Suárez, S.A., Lenardis, A.E., and Poggio, S.L. 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems: Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. NJAS-Wageningen Journal Life Science 70-71: 47-52.

Geren, H., Vcioglu, R.A., Soya, H., and Kir, B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. African Journal of Biotechnology 7: 4100-4104.

Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghafari Moghadam, M., and Safari, M. 2010. Evaluation of intercropping of maize (*Zea mays* L.) and cucurbit (*Cucurbita* sp.) and effect on weed control. Iranian Journal of Field Crop Sciences 41: 43-55. (In Persian with English Summary)

Gholi Nejad, A., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M., and Farajee, H. 2018. the effect of additive intercropping on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L.var. Saccharata) and mungbean (*Vigna radiate* L.) and weed biomass. Journal of Agroecology 10(1): 120-134. (In Persian with English Summary)

Gronle, A., Lux, G., Böhm, H., Schmidtke, K., Wild, M., Demmel, M., Brandhuber, R., Wilbois, K., Heb, J. 2015. Effect of ploughing depth and mechanical soil loading on soil physical properties, weed infestation, yield performance and grain quality in sole and intercrops of pea and oat in organic farming. Soil and Tillage Research 148: 59-73.

Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2012. Determination of the best intercropping combination of wheat and rapeseed based on agronomic indices, total yield and land use equivalent ratio. Crop Production and Processing 2(5): 109-119. (In Persian)

Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2014a. Soil physicochemical characteristics and land use efficiency in cereal-legume intercropping systems. Water and Soil 24(4): 261-271. (In Persian with English Summary)

Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2014b. Study of canopy growth indices in mono and intercropping of chickpea and barley under weed competition. Sustainable Agriculture and Production Science Special Issue: 75-90. (In Persian with English Summary)

Jahangiri, H., Tohidi Nejad, E., Torabi, M., and Golkar, P. 2015. Evaluation of yield, land equivalent Ratio (LER) and silage quality related traits in oat (*Avena sativa*) and vetch (*Vicia* sativa) intercropping. Agriculture Crop Management 17(2): 373-384. (In Persian)

Latifi, N., Siahmarguee, A., Akram-Ghaderi1, F., Yones-Abadi, M. 2009. Effects of tillage systems on weeds population dynamics in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) followed by rapeseed (*Brassica napus*). Iranian Journal of Field Crop Research 7(1): 195-203. (In Persian with English Summary)

Magomya, A.M., Kubmarawa, D., Ndahi, J.A. and Yebpella, G.G. 2014. Determination of plant proteins via the kjeldahl method and amino acid analysis: a comparative study. International Journal of Scientific and Technology Research 3(4): 68-72.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Publication of Tehran University, Iran. (In Persian)

Mardani, F., and Balouchi, H. 2015. Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of fenugreek and anise. Sustainable Agriculture and Production Science 25(2): 1-16. (In Persian with English Summary)

Melero, S., Lopez-Garrido, R., Murillo, J.M., and Moreno, F. 2009. Conservation tillage: Short and long-term effects on soil carbon fraction and enzymatic activities under Mediterranean condition. Soil and Tillage Research 104(2): 292-298.

www.SID.ir

Archive of SID

Mosapour, H., Ghanbari, A., Sirousmehr A.R., and Asgharipour, M.R. 2015. Effect of sowing time on seed yield, advantage and competitive indices in ajwain (*Carum copticum* L.) and isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 17(2): 139-152. (In Persian with English Summary)

Mrabet, R. 2002. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage system in Africa. Soil and Tillage Research 66(2): 119-128.

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

Pritchard, F.M., Eagles, H.A., Norton, R.M., Salisbury, P.A., and Nicolas, M. 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. Australian Journal of Journal Experimental Agriculture 40: 679-685.

Rezaei Chianeh, E., Khorramdel, S., and Garachali, P. 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) on their yield and land use efficiency. Agriculture Crop Management 17(1): 183-196. (In Persian with English Summary)

Roustaei, M., and Fallah, S. 2015. Effects of fertilizer source and intercropping ratios on fenugreek and black cumin: Macronutrients concentration and uptake. Journal of Soil Management and Sustainable Production 5(1): 43-60. (In Persian with English Summary)

Salem, H.M., Valero, C., Muñoz, M.Á., Rodríguez, M., and Silva, L.L. 2015. Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water potential, and maize yield. Geoderma 237: 60-70.

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi M.R., and Rezvan Beidokhti, S. 2009. Effect of additive intercropping sorghum: Cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Agronomic Research 7: 85-95. (In Persian with English Summary)

Scalise, A., Tortorella, D., Pristeri, A., Petrovicova, B., Gelsomino, A., Lindstrom, K., and Monti, M. 2015. Legume-barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. Soil Biology and Biochemistry 89: 150-161.

Valizadegan, A. 2015. Study of yield quality and quantizing in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) and species diversity and relative abundance of insects in row and strip intercropping. Sustainable Agriculture and Production Science 25(3): 15-30. (In Persian with English Summary)

Yan, S., Du, X., Wu, F., Li, L., Li, C., and Meng, Z. 2014. Proteomics insights into the basis of interspecific facilitation for maize in faba bean (*Vicia faba*)/ maize intercropping. Journal Proteomics 109: 111-124.

Zhang, G., Yang, Z., and Dong, S. 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. Field Crops Research 124: 66-73.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 416-429

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 429-416

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield Performance under Additive Intercropping with Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Different Tillage Systems

J. Hamzei[1]* and M. Seyedi[2]

Submitted: 28-02-2016
Accepted:13-02-2017

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2018. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield Performance under Additive Intercropping with Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Different Tillage Systems. Journal of Agroecology. 10(2):416-429.

Introduction

Agricultural conservation technologies maintain water and soil, keep soil moisture and increase crop yield and soil quality, which are beneficial for sustainable development of agricultural production. Hence, conservation tillage may improve crop yield, among other economic benefits. Conservation tillage is a crop management system that increases the efficient use of nutrients and water. Conservation tillage includes any method of soil cultivation that leaves the previous seasons crops residues on fields before and after planting the next crop. Intercropping has been long practiced in many parts of the world and continues to be widely employed not only in tropical, but also in temperate regions. Compared to sole crops, intercropping system has higher utilization of resource i.e., nutrient use efficiency, water use efficiency, and land use efficiency.

Material and Methods

A split plot experiment was designed based on randomized complete blocks with three replications and implemented on a clay loam soil during the growing seasons of 2013 and 2014, at the Agricultural Research Station, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran. Tillage (reduced tillage by chisel and disc and conventional tillage) as main factor and planting pattern (sole cropping of bean and sunflower and additive intercropping 30 and 60% bean with sunflower) were considered as sub-plot. Twenty days before planting, the soil was tilled by harrow for conventional tillage and by chisel and disc for minimum tillage. Sunflower and soybean were considered as main and secondary crops, respectively. The crops' seeds were simultaneously sown. Harvest operation was done on September 30, 2013 and September 27, 2014. After considering of border effect random samples 2 m^2 areas was harvested by cutting the stems near ground level to determine the crops' grain and straw yield. The land use efficiency (LUE) was calculated to measure efficiency of intercropping compared to pure cropping. Land use efficiency calculated as: LUE = (I1/P1) + (I2/P2). Grain oil percent and grain protein percent were determined by Soxhlet and Kjeldahl methods. SAS procedures and programs were used for analysis of variance (ANOVA) calculations.

Results and Discussion

ANOVA indicated that bean biologic and grain yield was not significantly affected by the tillage but, bean biologic and grain yield was significantly ($p> 0.01$) affected by the planting pattern. Also, tillage × planting pattern effect was significant on these properties. Effect of planting pattern was significant on the most of traits, but the most properties were not affected by tillage. The highest grain yield, protein yield and oil yield of sunflower (356.22, 160.90, 77.27, respectively) were achieved at sole cropping treatment, but intercropping decreased these traits significantly. The highest total biological and grain yield (1189.40 and 437.28 g m^{-2}, respectively) belonged to additive intercropping 60% bean + sunflower treatment. One of the important intercropping benefits is the higher productivity and profitability per unit area When the value of LUE is less than 1, the intercropping negatively affects the growth and yield of crops grown in mixtures but when the value of LUE is greater than 1, the intercropping favors the growth and yield of the crops. Land use efficiency at additive intercropping 60% bean + sunflower treatments with different tillage were more than one, so highest

1 and 2- Associate Professor and Former PhD student of Crop Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

LUE was obtained at × 60% bean +sunflower. Moreover, the total land use efficiency was higher in intercropping system compared to the sole cropping system, indicating the advantage of intercropping over sole cropping in utilizing environmental resources for crop growth.

Conclusion

In general, reduced tillage by chisel could say that additive intercropping 60% bean + sunflower had total yield in comparison to sole cropping of both two crops and increase land use efficiency.

Acknowledgments

We would like to thank the funding from Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Keywords: Biologic yield, Grain oil percent, Grain protein percent, Grain yield, Land use efficiency.

www.SID.ir