Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 541-529

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 529-541

عملکرد و مزیت نسبی کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در الگوهای مختلف با سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) و ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط تبریز

روح‌الله امینی[1*]، میثم شمایلی[2] و عادل دباغ محمدی‌نسب[3]

تاریخ دریافت:1392/04/10
تاریخ پذیرش:1392/08/13

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و مزیت کشت آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به صورت مخلوط دو و سه گونه‌ای با سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) و ذرت (*Zea mays* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال زراعی 90-1389 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل کشت‌های مخلوط جایگزینی به صورت کشت دو گونه‌ای شامل آفتابگردان- ذرت با نسبت 3:3 و آفتابگردان-سویا با نسبت 4:3 و کشت سه گونه‌ای آفتابگردان- سویا - ذرت با نسبت 3:4:3 و آفتابگردان- سویا- ذرت - سویا با نسبت 4:3:4:3، کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و سویا با نسبت 20:100 و کشت خالص آفتابگردان بودند. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری برای ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، وزن صد دانه و عملکرد بیولوژیک آفتابگردان بین کشت خالص و کشت‌های مخلوط وجود نداشت. تعداد برگ در بوته آفتابگردان به طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت و در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص آفتابگردان بود. قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و شاخص برداشت آفتابگردان در کشت مخلوط دو گونه‌ای آفتابگردان- ذرت کمتر از کشت خالص و سایر تیمار های کشت مخلوط بود. کشت مخلوط دو گونه‌ای آفتابگردان- سویا عملکرد دانه و شاخص برداشت بیشتری نسبت به کشت مخلوط سه گونه‌ای آفتابگردان- سویا - ذرت داشت. بیشترین و کمترین مقدار نسبت برابری زمین (LER) به ترتیب از کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و سویا (1/37) و مخلوط جایگزینی آفتابگردان- ذرت (0/87) به دست آمد. کشت مخلوط سه گونه‌ای آفتابگردان- سویا- ذرت - سویا LER بیشتری (1/01) نسبت به کشت مخلوط آفتابگردان- سویا - ذرت (0/94) داشت. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از سه گیاه زراعی در کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد و نسبت برابری زمین شد، لذا با اجرای آن می‌توان باعث پایداری اکوسیستم زراعی گردید.

واژه‌های کلیدی: دانه در طبق، روش جایگزینی، شاخص برداشت، شاخص کلروفیل، نسبت برابری زمین

مقدمه

بر اساس گزارش فائو، سطح زیر کشت آفتابگردان در ایران طی سال 2010 حدود 67 هزار هکتار با میانگین عملکرد 670 کیلوگرم در هکتار بوده است که نسبت به سال 2000 تقریباً 14 درصد کاهش مساحت زیر کشت و 31 درصد افزایش میانگین عملکرد داشته است (FAO, 2010). تنوع یکی از مهمترین اجزای یک نظام با ثبات و پایدار کشاورزی است. چنین نظامی شرایط بهینه‌ای را برای استفاده از منابع، چرخش مواد غذایی، مدیریت آفات و افزایش عملکرد فراهم می‌کند. نظام‌های چند کشتی از طریق ایجاد تنوع می‌توانند تا حدودی باعث ثبات ذاتی سیستم‌های کشاورزی شوند (Anil et al., 2000). یکی از راهکارهای حرکت به سمت کشاورزی پایدار، به‌کارگیری مخلوطی از گیاهان گونه‌های مختلف، ارقام و یا ایزولاین‌های مختلف در زراعت می‌باشد. کشت مخلوط به عنوان سیستم جایگزین شکل پیچیده‌تری از چندکشتی هستند که در آنها دو یا چند گونه به طور همزمان در یک قطعه زمین در طی یک فصل زراعی رشد داده می‌شوند (Strydhorst et al., 2008). از مزایای کشت مخلوط، مواردی مانند تبادل مواد غذایی، افزایش کارایی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن، کاهش رقابت علف‌های هرز، ممانعت از فعالیت آفات، کنترل عوامل بیماری‌زا، کاهش تعرق و ایجاد برخی دیگر از مکانیسم‌ها را

1، 2 و 3- به ترتیب دانشیار، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد گروه اکوفیزیولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: r_amini@ tabrizu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

می‌توان نام برد که هرگز در نظام‌های تک‌کشتی روی نمی‌دهند (Tsubo et al., 2001).

نسبت برابری زمین[1] (LER) به عنوان یک شاخص ساده از کارآیی کشت مخلوط بدین صورت تعریف می‌شود؛ نسبت سطح زمینی که لازم است تا با کشت گیاه به صورت تک کشتی، عملکردی مشابه کشت مخلوط به دست آید (Vandermeer, 1990). در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و سویا مشاهده شد که مجموع عملکرد نسبی و نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود، مخصوصاً وقتی از کودهای بیولوژیک برای تأمین نیتروژن و فسفر استفاده شد (Ghosh et al., 2009). ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا رونده (*Phaseolus vulgaris* L.) در کشت مخلوط با ذرت دیررس، نسبت برابری زمین بیشتر از یک داشتند (Gebeyehu et al., 2006). همچنین در کشت مخلوط ذرت و سویا مجموع عملکرد نسبی در سال‌های مختلف برابر با 1/4 و 1/29 بود (Ijoyah et al., 2013). علیرغم کاهش عملکرد دانه آفتابگردان و دال‌عدس (*Cajanus cajan* L.) در کشت مخلوط، به طور کلی، نسبت برابری زمین به 1/51 افزایش یافت (Ujjinaiah et al., 1991). برتری کشت مخلوط به کشت خالص وقتی است که رقابت بین گونه‌ای برای منابع رشد نسبت به رقابت درون گونه‌ای کمتر باشد (Weil Ray & Macfaden, 1991). کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت باعث افزایش عملکرد در واحد سطح گردید (Tohidynejad et al., 2004). همچنین در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مشاهده گردید که در کشت مخلوط سودمندی نسبی در مقایسه با کشت خالص آنها بیشتر بود (Rashid et al., 2002). در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا میزان نسبت برابری زمین LER 1/25 حاصل گردید (Singh, 2007). در کشت مخلوط آفتابگردان و سویا نیز مقدار LER به 1/37 رسید (Saudy & Elmetwally, 2009). در آزمایشی دیگر مشاهده گردید که در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا از منابع محیطی با کارایی بیشتری استفاده گردید و مقدار LER به 1/8 رسید (Morales et al., 2009).

در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان مشاهده گردید که بیشترین نسبت برابری زمین (1/7) در کشت مخلوط با نسبت 25 : 75 درصد ذرت -آفتابگردان و کمترین نسبت برابری زمین (1/4) در کشت مخلوط 50 : 50 درصد ذرت- آفتابگردان به دست آمد (Musavian et al., 2010). در ارزیابی کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش گردید که بیشترین مقدار نسبت برابری زمین (1/353) مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان + 50 درصد لوبیا چیتی تعلق داشته و این ترکیب کشت مخلوط قابل توصیه بود (Nasrollahzadeh Asl et al., 2012). کشت مخلوط آفتابگردان با گیاهان زراعی دیگر مثل ذرت و سویا به دلیل افزایش تنوع بیولوژیکی و همچنین استفاده از ظرفیت تثبیت نیتروژن سویا می‌تواند در افزایش کارایی تولید موثر باشد. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط دو و سه گونه‌ای آفتابگردان با ذرت و سویا بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان و همچنین مقایسه کارایی الگوهای مختلف کشت مخلوط آفتابگردان در شرایط آب و هوایی تبریز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی عملکرد و مزیت نسبی الگوهای مختلف کشت مخلوط آفتابگردان با ذرت و سویا در زمینی به مساحت تقریبی 1100 متر مربع در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در اراضی باسمنج با طول جغرافیایی 46 درجه و 17 دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی 37 درجه و 5 دقیقه عرض شمالی، ارتفاع 1360 متر از سطح آب های آزاد با اقلیم نیمه خشک سرد در سال زراعی 90-1389 اجرا شد. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول 1 ارائه شده است. منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد و یک فصل خشک طولانی به ویژه در تابستان می‌باشد (Jafarzade, 1998). در پاییز زمین با گاوآهن برگردان‌دار شخم عمیق زده شد. در اول اردیبهشت‌ماه عملیات دیسک‌زنی و کولتیواتورزنی جهت آماده‌سازی انجام شد، سپس توسط فاروئر پشته هایی به عرض 50 سانتی‌متر ایجاد گردید و زمین به صورت جوی و پشته آماده شد.

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام گردید. آفتابگردان و ذرت به صورت یک ردیفه و سویا به صورت دو ردیفه در پشته‌هایی با فاصله 50 سانتی‌متر کشت شدند.

1- Land Equivalent Ratio

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil characteristics of experimental location

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر) EC (µmohs.cm^{-1})	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg.kg^{-1})	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus (mg.kg^{-1})	نیتروژن (%) Nitrogen (%)	ماده آلی (%) O.C (%)
شنی سیلتی Sandy-silty	7.3	211	260	20	0.14	0.81

تیمارها شامل کشت خالص آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان- ذرت با نسبت 3:3 (سه ردیف آفتابگردان: سه ردیف ذرت با نسبت مخلوط جایگزینی 50%:50%)، کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان- سویا با نسبت‌های 4:3 (سه ردیف آفتابگردان: چهار ردیف سویا با نسبت مخلوط جایگزینی60%:40%) و کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و سویا با نسبت 20:100، کشت مخلوط جایگزینی سه گونه‌ای آفتابگردان-سویا-ذرت با نسبت‌های3:4:3 (سه ردیف آفتابگردان: چهار ردیف سویا: سه ردیف ذرت با نسبت مخلوط جایگزینی 37/5%: 25%: 37/5%) و کشت سه گونه‌ای آفتابگردان- سویا-ذرت-سویا به ترتیب با نسبت‌های4:3:4:3 (سه ردیف آفتابگردان: چهار ردیف سویا: سه ردیف ذرت: چهار ردیف سویا با نسبت مخلوط جایگزینی 30%: 40%: 30%) بودند. ارقام مورد استفاده در این آزمایش هیبرید زودرس ذرت دابل کراس370، آفتابگردان هیبرید یوروفور و سویا رقم ویلیامز بودند که به ترتیب از موسسه تحقیقات کشاورزی ارومیه و مرکز تحقیقات دانه‌های روغنی خوی تهیه شدند. روش مورد استفاده در کشت مخلوط نواری از نوع جایگزینی و افزایشی بود. کاشت آفتابگردان، ذرت و سویا به طور همزمان و با دست انجام گرفت. مساحت هر پلات با توجه به تیمارها متفاوت بود، ولی در تمامی تیمارها طول نوارهای کاشت پنج متر و فاصله دو پشته از یکدیگر 50 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم مطلوب برای آفتابگردان هشت بوته در متر مربع با فاصله روی ردیف 25 سانتی‌متر در یک طرف پشته و تراکم مطلوب برای ذرت 10 بوته در متر مربع با فاصله روی ردیف 20 سانتی‌متر در یک طرف پشته بود. تراکم مطلوب برای سویا 60 بوته در متر مربع بود و با فاصله روی ردیف 6/5 سانتی متر در دو طرف پشته کاشته شد. جهت اطمینان از استقرار یکنواخت بوته‌های آفتابگردان، ذرت و سویا، کشت بذور با تراکم بالا صورت گرفت سپس در مرحله سه برگی ذرت و دو تا سه برگی آفتابگردان و سویا در تمام کرت‌ها به صورت یکنواخت عمل تنک انجام گرفت. آبیاری‌ها بر حسب شرایط اقلیمی منطقه به طور متوسط هر هفته یک بار به طریقه جوی و پشته انجام گرفت. برای کنترل بیماری قارچی از جمله پوسیدگی طوقه از قارچ‌کش بنومیل با نسبت دو در هزار قبل از کاشت با بذور مخلوط و استفاده شد.

به منظور اندازه‌گیری صفات مختلف 10 بوته آفتابگردان در هر کرت علامت‌گذاری شدند و یادداشت برداری‌ها انجام گرفت. شاخص کلروفیل برگ آفتابگردان توسط دستگاه SPAD 502 هنگام بسته شدن کانوپی در برگ‌های پایینی و میانی و بالایی اندازه‌گیری شد و میانگین داده‌ها به عنوان شاخص کلروفیل برگ استفاده شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، آبیاری قطع شد تا ضمن کاهش رطوبت مازاد بذر، محصول جهت برداشت آماده شود. برداشت بوته‌ها پس از رسیدگی فیزیولوژیکی آفتابگردان از سطح سه متر مربع پس از حذف حاشیه‌ها در هر پلات انجام گرفت بر حسب مورد با استفاده از خط- کش و ترازوی حساس صفات مورد نظر آفتابگردان اندازه‌گیری شدند. صفات مورد اندازه‌گیری در آفتابگردان شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در واحد سطح و شاخص برداشت بودند.

شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

1- عملکرد نسبی RY[1]

عملکرد نسبی A و B بر اساس معادلات (1) و (2) محاسبه شد (Mazaheri, 1998):

$$RYA = \frac{\text{محصول گونه A در کشت مخلوط}}{\text{محصول گونه A در کشت خالص}}$$ معادله (1)

$$RYB = \frac{\text{محصول گونه B در کشت مخلوط}}{\text{محصول گونه B در کشت خالص}}$$ معادله (2)

1- Relative Yield

www.SID.ir

Archive of SID

2- نسبت برابری زمین LER

برای کشت مخلوطی که دو گونه X و Y را شامل می‌شود، مقدار شاخص LER از معادله (3) محاسبه شد (Vandermeer, 1990):

$$LER = \frac{PX}{KX} + \frac{PY}{KY} \quad \text{معادله (3)}$$

در این معادله، PX: عملکرد گونه X در کشت مخلوط، KX: عملکرد گونه X در کشت خالص، PY: عملکرد گونه Y در کشت مخلوط و KY: عملکرد گونه Y در کشت خالص می‌باشد (Arje, 2007).

تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار PSS ver.16 انجام گرفت. مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد برگ در بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که کشت مخلوط بر تعداد برگ در بوته آفتابگردان تأثیر معنی‌داری داشت (جدول 2). مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن است که بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمار کشت مخلوط سه گونه‌ای ذرت- سویا- آفتابگردان- سویا و کمترین تعداد برگ متعلق به کشت خالص آفتابگردان بود (شکل 1). در این تیمار بوته‌های آفتابگردان از هر دو طرف با بوته‌های سویا مجاورت داشته و احتمالاً استفاده آفتابگردان از نیتروژن تثبیت شده سویا باعث افزایش رشد و تولید برگ بیشتر شده است. در بررسی که توسط شفشک و همکاران (Shafshak et al., 1989) در ارتباط با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا به عمل آمد، مشخص شد که تعداد برگ در هر بوته آفتابگردان در مخلوط بیشتر از کشت خالص بود.

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 2) بیانگر آن است که ارتفاع بوته آفتابگردان تحت تأثیر نوع کشت قرار نگرفت. در کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و ماشک (*Vicia ervilia* (L.) Willd) نیز مشاهده گردیدکه ارتفاع بوته سورگوم در کشت‌های خالص بیشتر از کشت‌های مخلوط بود (Arje, 2007).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر الگوی کاشت بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 2- Analysis of variance for morphological traits, yield and yield components of sunflower in an intercropping system

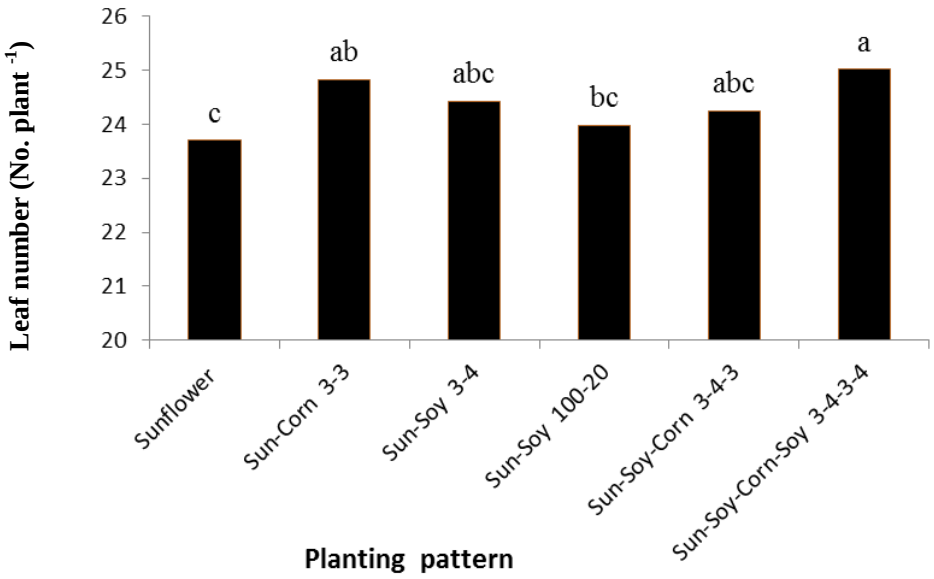
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of Squares							
		تعداد برگ Leaf Number	ارتفاع بوته Plant height	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه Seed Number	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	1.37*	405.8**	4.79ns	0.23ns	6044.1ns	2.59ns	1879752.6ns	111239.5ns	0.0001ns
الگوی کاشت Planting pattern	5	0.75*	60.9ns	2.8ns	4.26*	11093.1*	6.59ns	690178.8ns	441743.3**	0.002**
خطا Error	10	0.23	46.4	2.83	1.36	3182.6	5.56	1645901.7	66993.6	0.00001
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		1.96	4.49	4.66	6.32	6.97	3.59	9.75	6.01	4.93

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- اثر الگوی کاشت بر تعداد برگ آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 1- Effect of intercropping pattern on leaf number per plant of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq 0/05$).

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p\leq 0.05$).

همچنین در کشت مخلوط ذرت و سویا مشاهده گردید که ارتفاع بوته ذرت در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط است (Panhwar et al., 2004). در بررسی کشت مخلوط آفتابگردان و سویا، در تراکم بالا ارتفاع هر دو گیاه کاهش یافت (Shafshak et al., 1989). در کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت به دلیل اینکه ذرت یک گیاه برگ-باریک است، احتمالاً رقابت برای نور بین آنها رخ نداده است. همچنین در تیمارهای مخلوطی که سویا وجود دارد، به دلیل اختلاف ارتفاع ذرت و آفتابگردان با سویا رقابت برای نور به حداقل رسیده است.

شاخص کلروفیل برگ

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) مشاهده می-شود که اثر کشت مخلوط بر شاخص کلروفیل برگ آفتابگردان معنی-دار نمی‌باشد. در کشت مخلوط یولاف (*Avena sativa* L.) و ماشک (*Vicia ervilia* (L.) Willd)، مشاهده شد که سطح فتوسنتزکننده و محتوای کلروفیل بالاتری در واحد سطح نسبت به هر یک از تک-کشتی‌ها داشت و به طور متوسط 20 درصد نور بیشتری نسبت به میانگین تک‌کشتی‌ها جذب کرد که به دلیل کاهش انعکاس نور و افزایش محتوای کلروفیل برگ‌های این گیاهان در کشت مخلوط بود (Mariotti & Masoni, 1997). در این آزمایش نور دریافتی کانوپی مخلوط یولاف و ماشک همبستگی بیشتری با محتوای کلروفیل برگ در مقایسه با شاخص سطح برگ داشت.

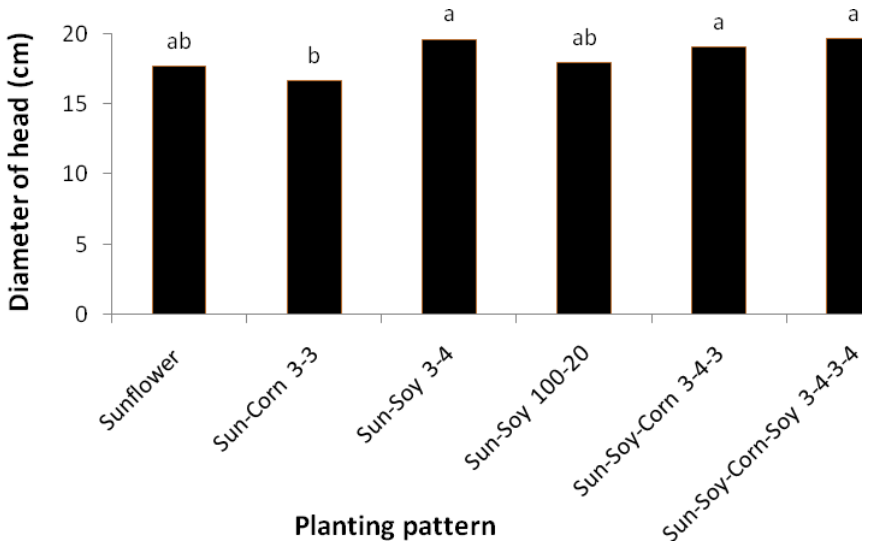
قطر طبق

تأثیر کشت مخلوط بر صفت قطر طبق آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین و کمترین قطر طبق به ترتیب برابر با 19/65 و 16/69 سانتی‌متر از تیمارهای مخلوط سه گونه‌ای ذرت، سویا، آفتابگردان، سویا و کشت مخلوط دو گونه‌ای ذرت، آفتابگردان به دست آمد (شکل 2). به نظر می‌رسد که افزایش در قطر طبق از تأثیر مثبت نیتروژن تثبیت شده توسط ریشه سویا ناشی می‌شود که باعث افزایش میزان رشد و قطر طبق تشکیل شده باشد. در کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و لوبیا چیتی مشاهده گردید که کشت مخلوط باعث کاهش قطر طبق گردید (Nasrollahzadeh Asl et al., 2012) که دلیل آن را پیچیدن لوبیا به دور بوته‌های آفتابگردان و سایه‌اندازی و در نهایت کاهش فتوسنتز و رشد طبق بیان کردند. همچنین در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان، مخلوط جایگزینی با نسبت 50:50 بیشترین قطر طبق را

www.SID.ir

Archive of SID

داشت (Musavian et al., 2010).



شکل 2- اثر الگوی کشت بر قطر طبق آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 2- Effect of intercropping pattern on head diameter of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq0/05$).

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p\leq0.05$).

تعداد دانه در طبق

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثر کشت مخلوط بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین تعداد دانه در طبق از کشت مخلوط دو گونه‌ای آفتابگردان– سویا به دست آمد (شکل 3). کاهش تعداد دانه در بلال ذرت می‌تواند ناشی از کوتاه‌تر شدن طول بلال در تراکم‌های بالا و در نتیجه کاهش تعداد دانه در هر ردیف بلال باشد، زیرا با افزایش تراکم، از نفوذ نور به داخل کانوپی کاسته می‌شود و محدودیت در مورد دریافت تشعشع توسط برگ‌ها در نهایت، تعداد اندام‌های زایشی از قبیل تعداد دانه در بلال را کاهش داده است (Hashemi-Dezfooli et al., 1996). در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و سویا نیز نتایج مشابهی مشاهده شد (Pirzad, 1999). همچنین کاهش تعداد دانه در طبق می‌تواند ناشی از کاهش قطر طبق باشد. در الگوی کشت مخلوط ذرت-آفتابگردان، کاهش تعداد دانه در طبق احتمالاً به دلیل رقابت این دو گیاه زراعی برای جذب آب و مواد غذایی باشد، زیرا هر دو گیاه نیاز بالایی به جذب نیتروژن دارند. در صورتی که در الگوهای کشت مخلوط دارای سویا، این کاهش معنی-دار نمی‌باشد.

وزن هزار دانه

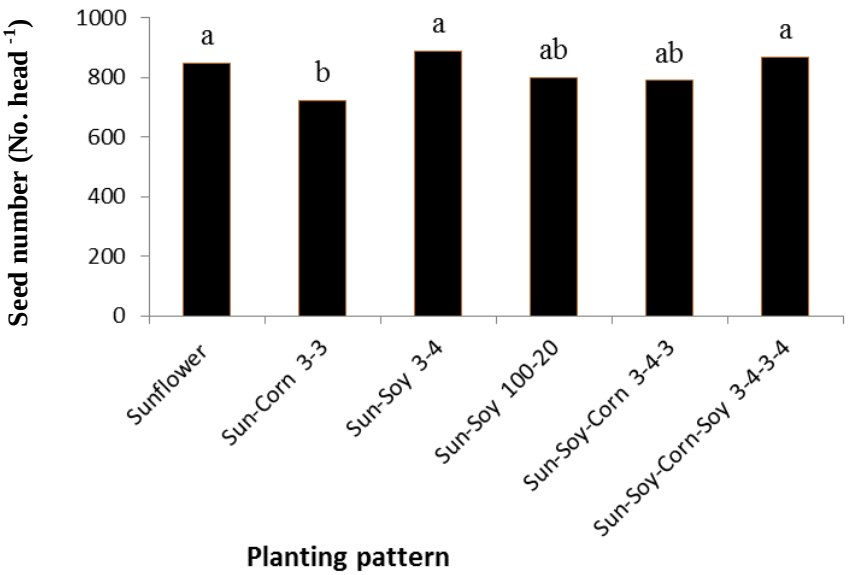
اثر نوع کشت بر وزن هزار دانه آفتابگردان معنی‌دار نبود (جدول 2). نتایج مشابهی نیز توسط محققان دیگر در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چیتی (Pourtaghi, 2003) و کشت مخلوط ذرت و سویا (Barghi, 2007) گزارش شده است. چنین به نظر می‌رسد که افزایش تراکم با تشدید رقابت درون گونه‌ای بر سر استفاده از منابع موجود کاهش وزن هزار دانه آفتابگردان را به دنبال داشته است.

عملکرد دانه

اثر نوع کشت بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). با مقایسه میانگین الگوهای کشت، بیشترین عملکرد دانه از تیمار کشت مخلوط دو گونه‌ای آفتابگردان-سویا برابر با 4774 کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه برابر با 3677 کیلوگرم در هکتار از تیمار کشت مخلوط دوگونه‌ای آفتابگردان- ذرت حاصل شد (شکل 4).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 3- اثر الگوی کشت بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 3- Effect of intercropping pattern on grain number per head of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq0/05$).

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p\leq0.05$).

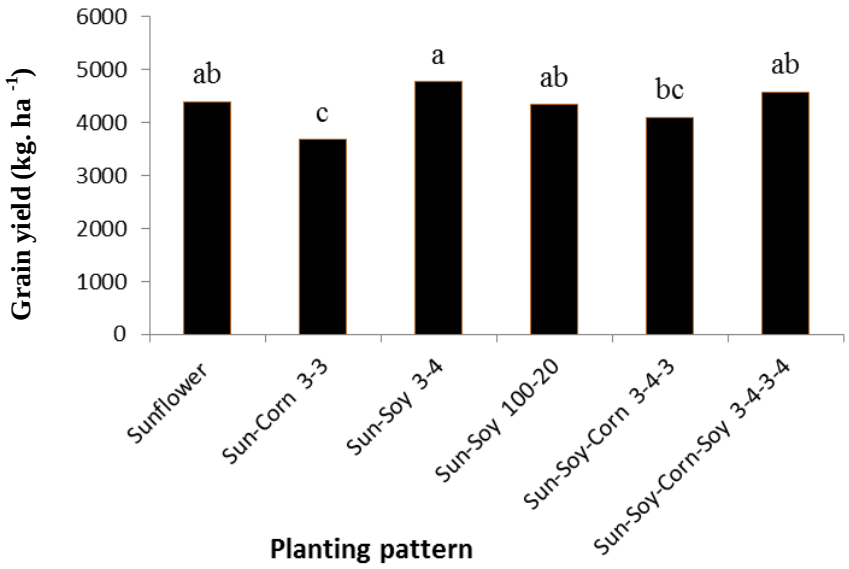
کاهش عملکرد دانه را می‌توان به رقابت شدید آفتابگردان و ذرت و افزایش عمکرد دانه را به تأثیر ازت تثبیت شده توسط سویا در کشت مخلوط آفتابگردان – سویا و جذب ازت اضافی موجود در خاک توسط ریشه آفتابگردان نسبت داد. در مطالعه کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان مشاهده شد که آفتابگردان 13 درصد افزایش و ذرت 15 درصد افزایش عملکرد دانه نشان دادند (Jehan-Bakht et al., 1989). در کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت، عملکرد دانه آفتابگردان افزایش یافت (Shafshak et al., 1989). همچنین کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در کشت مخلوط با لوبیای سودانی (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) مشاهده گردید (Mulik et al., 1993). عملکرد دانه آفتابگردان در تیمارهای کشت خالص آفتابگردان، مخلوط افزایشی آفتابگردان- سویا و مخلوط آفتابگردان- سویا- ذرت- سویا، تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه آن در تیمار آفتابگردان-سویا نداشتند. همچنین عملکرد دانه در تیمار مخلوط آفتابگردان- سویا- ذرت تفاوت معنی‌داری با تیمار آفتابگردان- ذرت نداشت. به بیان دیگر در تیمارهای مخلوطی که نسبت سویا به عنوان یک گیاه تأمین‌کننده نیتروژن کاهش یافته است، عملکرد آفتابگردان کم شده است.

عملکرد بیولوژیکی

تغییرات عملکرد بیولوژیکی تحت تأثیر تغییرات در وزن طبق و وزن بخش‌های رویشی بوته قرار می‌گیرد (Saudy & Elmetwally, 2009). تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیکی آفتابگردان معنی‌دار نبود (جدول 2). گزارش شده است عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط با کدوی تخم‌کاغذی نسبت به کشت خالص کاهش یافت (Khorramivafa, 2006). در کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی، (*Vigna unguiculata* L.) عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط کمتر از کشت لوبیا چشم بلبلی بود (Tayefe-Nouri, 2003). تأثیر الگوی کشت بر ارتفاع بوته و شاخص کلروفیل آفتابگردان معنی‌دار نشد و در نتیجه عملکرد بیولوژیکی آن تحت تأثیر الگوی کشت قرار نگرفت. سویا به عنوان گیاه مکمل در کشت مخلوط، قابلیت دسترسی آفتابگردان به نیتروژن را از طریق تثبیت بیولوژیکی افزایش داده و باعث افزایش قطر طبق و تعداد دانه‌های تشکیل شده در آن و عملکرد دانه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 4- اثر الگوی کشت بر عملکرد دانه آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 4- Effect of intercropping pattern on grain yield of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq0/05$).

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p\leq0.05$).

شاخص برداشت

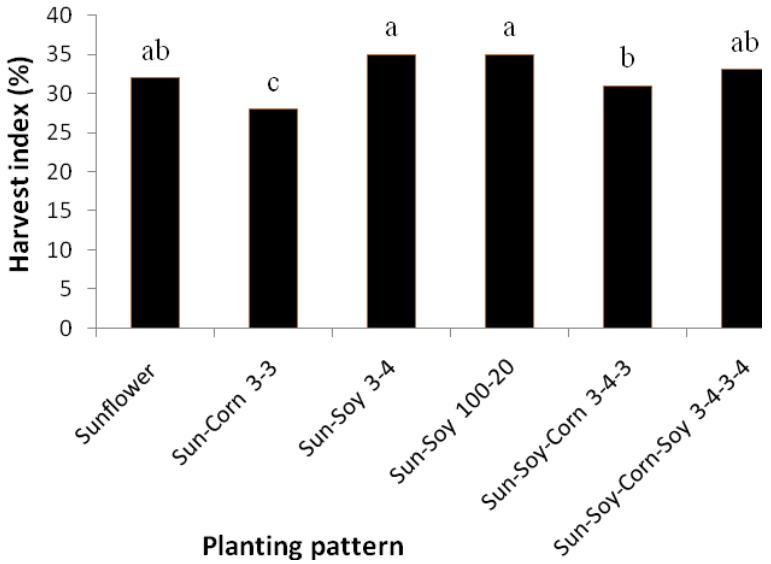
با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول 2) شاخص برداشت تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط قرار گرفت. بالاترین شاخص برداشت برابر با 35 درصد مربوط به کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان- سویا بود که با کشت مخلوط جایگزینی دو گونه‌ای آفتابگردان– سویا تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل 5). در کشت مخلوط دال‌عدس و سورگوم مشاهده گردید که شاخص برداشت از 18/8 درصد در کشت خالص به 31/6 درصد در کشت مخلوط رسید که دلیل آن را افزایش عملکرد دانه بیان کردند (Natarajan & Willey, 1980). شاخص برداشت دلالت بر میزان بیوماس گیاهی تخصیص یافته به دانه دارد، بنابراین معیار مناسبی برای میزان تقسیم ذخایر بین ساختار رویشی و زایشی است. همچنین افزایش تخصیص مواد به بخش قابل برداشت را عامل افزایش شاخص برداشت در کشت مخلوط می‌دانند (Willey, 1990). با توجه به این‌که عملکرد بیولوژیکی آفتابگردان تحت تأثیر الگوی کشت قرار نگرفت، افزایش عملکرد دانه آفتابگردان در کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی آفتابگران-سویا و کشت مخلوط آفتابگردان-سویا ذرت-سویا باعث افزایش شاخص برداشت در این الگوهای کشت گردید.

عملکرد نسبی اجزای مخلوط

بیشترین عملکرد نسبی آفتابگردان برابر با 0/99 از تیمار افزایشی آفتابگردان– سویا و کمترین آن برابر با 0/35 از تیمار کشت مخلوط سه گونه‌ای آفتابگردان – سویا – ذرت به دست آمد (جدول 3). بیشترین عملکرد نسبی ذرت مربوط به تیمار مخلوط ذرت– آفتابگردان به میزان 0/45 و کمترین آن از تیمار سه گونه‌ای آفتابگردان – سویا – ذرت (0/41) به دست آمد. همچنین بیشترین عملکرد نسبی سویا مربوط به تیمار افزایشی آفتابگردان– سویا (0/38) و کمترین آن متعلق به تیمار سه گونه‌ای آفتابگردان – سویا – ذرت (0/18) بود. عملکرد نسبی آفتابگردان و سویا در کشت مخلوط افزایشی بیشتر از کشت مخلوط جایگزینی بود. این نتایج نشان می‌دهد که کشت مخلوط افزایشی در این تحقیق بهتر از کشت مخلوط جایگزینی بوده است. عملکرد نسبی جزء در شرایطی مورد استفاده قرار می‌گیرد که کشاورز به عملکرد بالای یکی از گونه‌ها در اجزای مخلوط نیاز بیشتری دارد (Javanshir et al., 2000).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 5- اثر الگوی کشت بر شاخص برداشت آفتابگردان (Sun= آفتابگردان، Soy= سویا و Corn= ذرت)

Fig. 5- Effect of intercropping pattern on harvest index of sunflower (Sun=Sunflower; Soy=Soybean)

میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن می‌باشند ($p\leq0/05$).

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p\leq0.05$).

جدول 3-اثر الگوهای کشت مخلوط آفتابگردان با ذرت و سویا بر شاخص‌های ارزیابی کارایی مخلوط

Table 3- Effect of intercropping patterns of sunflower with corn and soybean on intercropping evaluation indices

الگوی کشت مخلوط Intercropping pattern	عملکرد نسبی ذرت (RYa) Corn relative yield (RYa)	عملکرد نسبی سویا(RYb) Soybean relative yield (RYb)	عملکرد نسبی آفتابگردان(RYc) Sunflower relative yield (RYc)	نسبت برابری زمین Land Equivalent Ratio
آفتابگردان– ذرت (3:3) Sunflower-corn (3:3)	0.45	-	0.42	0.87
آفتابگردان – سویا (4:3) Sunflower- soybean (3:4)	-	0.28	0.65	0.93
افزایشی آفتابگردان – سویا (20:100) Additive sunflower-soybean (100:20)	-	0.38	0.99	1.37
آفتابگردان– سویا– ذرت (3:4:3) Sunflower-soybean-corn (3:4:3)	0.41	0.18	0.35	0.94
آفتابگردان– سویا– ذرت- سویا (4:3:4:3) Sunflower-soybean-corn soybean (3:4:3:4)	0.43	0.19	0.39	1.01

در کشت مخلوط ذرت و باقلا گزارش شد که بیشترین عملکرد نسبی ذرت از تیمار مخلوط ذرت با تراکم شش بوته با باقلا یا تراکم-های 40 و 50 بوته در متر مربع به میزان 0/78 و بیشترین عملکرد نسبی باقلا از تیمار مخلوط ذرت با تراکم شش بوته با باقلا با تراکم

www.SID.ir

Archive of SID

30 بوته در متر مربع و به میزان 1/17 به دست آمد (Rezaei-Chianeh et al., 2011). همچنین در کشت مخلوط سورگوم با لوبیا چشم بلبلی مشاهده گردید که بیشترین عملکرد نسبی سورگوم مربوط به تیمار مخلوط 75% سورگوم + 25% لوبیا چشم بلبلی با تراکم کم به میزان 1/06 و بیشترین عملکرد نسبی لوبیا چشم بلبلی مربوط به تیمار مخلوط 25% سورگوم + 75% لوبیا چشم بلبلی با تراکم متوسط و به میزان 0/59 بود (Sharifi et al., 2006).

نسبت برابری زمین

نتایج نشان می‌دهد که تیمار کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان– سویا بالاترین نسبت برابری زمین (1/37) را به خود اختصاص داد (جدول 3). در این الگوی کشت، عملکرد نسبی آفتابگردان برابر با 0/99 و عملکرد نسبی سویا برابر با 0/38 بود، در واقع در الگوی کشت افزایشی، عملکرد آفتابگردان 99 درصد حالت تک‌کشتی و عملکرد سویا به اندازه 38 درصد حالت تک‌کشتی بوده که در مجموع، سویا اثر بیشتری از مخلوط پذیرفته است. کمترین LER بدست آمده مربوط به تیمار کشت مخلوط دو گونه‌ای ذرت- آفتابگردان (0/87) بود و عملکرد نسبی آفتابگردان (0/42) و ذرت (0/45) نشان داد که هر دو گونه نسبت به حالت تک‌کشتی عملکرد کمتری تولید کرده و اثر کاهشی کشت مخلوط روی آفتابگردان بیشتر از ذرت بود. در کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان-سویا، عملکرد نسبی آفتابگردان (0/65) بیشتر از عملکرد نسبی سویا (0/28) بود و اثر مثبت کشت مخلوط بر عملکرد آفتابگردان بیشتر از سویا بود و در نهایت، LER برابر با 0/93 بود. در الگوهای کشت مخلوط سه گونه‌ای آفتابگردان، سویا و ذرت اثر مثبت کشت مخلوط بر عملکرد نسبی ذرت بیشتر از آفتابگردان بود و سویا کمترین اثر را از مخلوط پذیرفت. مقدار LER برای کشت مخلوط آفتابگردان- سویا-ذرت و آفتابگردان- سویا- ذرت- سویا به ترتیب برابر با 0/94 و 1/01 بود. به طور کلی، سویا در الگوهای کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد نسبی آفتابگردان شده و در عوض عملکرد نسبی آن کاهش یافته است. همچنین بین الگوهای کشت مخلوط جایگزینی، تأثیر سویا بر عملکرد نسبی آفتابگردان در الگوی کشت مخلوط آفتابگردان- سویا-ذرت- سویا بیشترین مقدار بود.

شاخص نسبت برابری زمین به عنوان پرکاربردترین شاخص موجود و ارزیابی سودمندی نسبی کشت‌های مخلوط مطرح است. زمانی که LER برابر یک باشد، کشت مخلوط هیچ مزیتی بر تک-کشتی ندارد. این حالت در صورتی رخ می‌دهد که در اجزای مخلوط رقابت درون گونه‌ای با رقابت برون گونه‌ای برابر است. علاوه بر آن، اگر میزان افزایش یک محصول معادل با کاهش محصول دیگر در مخلوط باشد، مقدار LER برابر با یک خواهد شد. اگر مقدار LER کوچک‌تر از یک باشد، کشت خالص و اگر LER بزرگ‌تر از یک باشد در این صورت کشت مخلوط ترجیح داده می‌شود (Javanshir et al., 2000). شاخص LER به شکل گسترده جهت تعیین برتری کشت مخلوط در اشکال مختلف ترکیبات گونه‌ای در محیط‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنوز هم این شاخص به عنوان پرکاربردترین شاخص موجود در ارزیابی کارآیی نسبی کشت‌های مخلوط مطرح می‌باشد که از محاسبه و تفسیر ساده نتایج، قابلیت انعطاف‌پذیری و جواب‌گویی به تعابیر متفاوت و منطقی از نظر زراعی برخوردار بوده و به عنوان معیاری از کارایی استفاده از زمین بکار گرفته می‌شود (Ayineband, 2007). در مطالعه کشت مخلوط ذرت و لوبیا مشاهده گردید که روند تغییرات نسبت برابری زمین بیشتر از عملکرد ذرت، از عمکرد لوبیا پیروی می‌کند (Ofori & Stern, 1987). افزایش تراکم‌های ذرت و لوبیا باعث افزایش نسبت برابری زمین شد. این افزایش در مورد تراکم لوبیا بیشتر از تراکم ذرت بود، به طوری که تغییر تراکم در لوبیا 48 درصد و تغییر تراکم در ذرت، 16 درصد نسبت برابری زمین را تغییر داد.

اگرچه کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان– سویا در مقایسه با سایر تیمارها، LER بیشتری داشت، ولی باید توجه داشت که بالاترین کارایی بیولوژیک در یک سیستم تنها ملاک برای انتخاب کشت مخلوط مناسب نمی‌باشد. در کشت مخلوط یولاف و باقلا نتایج نشان داد که نسبت برابری زمین برای عملکرد بیولوژیک 1/23 و برای عملکرد دانه 1/31 به دست آمد (Heleniusa & Jokinen, 1994). در کشت مخلوط ذرت با باقلا (*Vicia faba* L.) (Li et al., 1999; Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001) مشخص شد که LER بین 1/23-1/05 بوده است. در پژوهش‌های دیگری توسط مینال و همکاران (Minale et al., 2001) و ونکسو و همکاران (Wenxue et al., 2005) نسبت برابری زمین به ترتیب حدود 2-1/5 و 1/58-1/21 بدست آمد. در کشت مخلوط ذرت و باقلا مشاهده شد که بیشترین LER از تیمارهای مخلوط ذرت با تراکم شش بوته با تراکم-های 40 و 50 بوته باقلا در متر مربع به میزان 1/97 به دست آمد

www.SID.ir

Archive of SID

(Rezaei-Chianeh et al., 2011). بنابراین، به استناد تحقیقات مختلف، در کشت مخلوط لگوم و غلات، نسبت برابری زمین که به عنوان معیاری برای مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص مطرح است، همواره بالاتر از یک است که حاکی از مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آنها می‌باشد (Gebeyehu et al., 2006).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که تیمار کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان- سویا با حداکثر شاخص نسبت برابری زمین بهترین کارایی را در بین الگوهای کشت مخلوط داشت. کارایی بالای این الگوی کشت مخلوط را می‌توان به اثرات متقابل بیشتر آفتابگردان و سویا نسبت داد، زیرا به دلیل اینکه سویا در بین بوته‌های ذرت کشت شده است، نیتروژن تثبیت شده قابل دسترس برای بوته‌های آفتابگردان افزایش یافته است. در بین تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی دو گونه‌ای، مخلوط جایگزینی آفتابگردان-سویا LER بیشتری نسبت به مخلوط ذرت-آفتابگردان داشت، زیرا آفتابگردان و ذرت هر دو گیاهانی با نیاز نیتروژن بالا هستند و در نتیجه نمی‌توانند اثر مکمل روی یکدیگر داشته باشند و نیازهای یکدیگر را تأمین کنند. در نتیجه مشاهده می‌شود که کشت مخلوط ذرت-آفتابگردان کمترین LER را به خود اختصاص داده است. در مقایسه الگوهای کشت مخلوط سه گونه‌ای، مشاهده می‌شود که کشت مخلوط آفتابگردان-سویا –ذرت-سویا (در صورتی که این الگوی کشت به صورت نواری در کنار هم تکرار شود به صورت ذرت – سویا – آفتابگردان – سویا خواهد بود، یعنی نوار آفتابگردان از دو طرف با سویا مجاورت خواهد داشت) LER بیشتری (1/01) نسبت به کشت مخلوط آفتابگردان-سویا –ذرت (در صورت تکرار این الگوی کشت نوار به صورت ذرت– آفتابگردان – سویا– ذرت خواهد بود که آفتابگردان فقط از یک طرف با سویا مجاورت دارد) داشت (0/94) که نشان می‌دهد در الگوی کشت مخلوطی که آفتابگردان از دو طرف با سویا در تماس بوده و از نیتروژن تثبیت شده آن استفاده می‌کند، رشد و عملکرد بهتری داشته است. استفاده از الگوهای کشت مخلوط نواری سه گونه‌ای، علاوه بر این‌که کارایی کشت مخلوط را افزایش می‌دهد، می‌تواند باعث افزایش تنوع بیولوژیکی اگرواکوسیستم‌ها گردد که از اهداف کشاورزی پایدار است.

منابع

Anil, L., Park, J., and Phipps, R.H. 2000. The potential of forage- maize intercrops in ruminant nutrition. Animal Feed Science and Technology 85: 157-164.

Arje, J. 2007. Evaluating the intercropping of forage sorghum and hairy vetch at different levels of N fertilizer and planting patterns. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Ayineband, A. 2007. Ecology of Agro-ecosystems. University of Shahid Chamran Ahvaz Press, Ahvaz, Iran 374 pp. (In Persian)

Barghi, N. 2007. Evaluating the strip intercropping of corn and soybean with and without inoculation of Azosprillium. MSc Thesis. Agronomy, Faculty of Agriculture, Azad University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

FAO. 2010. FAOSTAT. http://www.fao.org.

Gebeyehu, S., Simane, B., and Kirkby, R. 2006. Genotype×cropping system interaction in climbing beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown as sole crop and in association with maize (*Zea mays* L.). European Journal of Agronomy 24: 396–403.

Ghosh, P.K., Tripathi, A.K., Bandyopadhyay, K.K., and Manna, M.C. 2009. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. European Journal of Agronomy 31: 43–50.

Hashemi-Dezfooli, A., Koocheki, A., and Banayan-Avval, K. 1996. Improving crops yield (Translation). Jihad Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran 287 pp. (In Persian)

Hauggaard-Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementarily in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research 72: 185-196.

Heleniusa, J., and Jokinen, K. 1994. Yield advantage and competition in intercropped oats (*Avena sativa* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.): Application of the hyperbolic yield-density model. Field Crops Research 37 (2): 85-94.

www.SID.ir

Archive of SID

Ijoyah, M.O., Ogar, A.O., and Ojo, G.O.S. 2013. Soybean-maize intercropping on yield and system productivity in Makurdi, Central Nigeria. Scientific Journal of Crop Science 2: 49-55.

Jafarzade, A. 1998. Comprehensive studies of 26 hectares of Research Station of Faculty of Agriculture of Tabriz University. Journal of Faculty of Human and Social Science 4: 16-29. (In Persian with English Summary)

Javanshir, A., Dabbagh Mohammadinasab, A., and Gholipouri, M. 2000. Ecology of intercropping (Translation). Jahad Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran 217 pp. (In Persian)

Jehan Bakht, S. K., Ehsanullh, K., Ehsanullh, Z.S., and Qayum, A. 1989. Yield and yield components of maize and sunflower sown alone and in different combination under various level of nitrogen. Sarhad Journal of Agriculture 5: 482-490.

Khorramivafa, M. 2006. Ecological evaluation of intercropping of corn and gourd. PhD Thesis in Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Li, L., Yang, S., Zhang, X., and Christie, F. 1999. Interspecific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean. Plant and Soil 212: 105 – 114.

Mariotti, E.I., and Masoni, A. 1997. Light interception in an oat/vetch intercropping. Field Crops Abstract 31: 658-665.

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

Minale, L., Tilahun, T., and Alemayehu, A. 2001. Determination of nitrogen and phosphorus fertilizer levels in different maize-faba bean intercropping patterns in northwestern Ethiopia, Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference p. 513-518.

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 annuus* L. in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high valleys of Mexico. Tropical and Subtropical Agro ecosystems 10: 431–439.

Mulik, S., More, S.M., Deshpade, S., and Patil, J.D. 1993. Intercropping for better stability in crop production in dryland Watersheds. Indian Journal of Agriculture 38 (4): 527 – 530.

Musavian, S. N., Lorzade, S., Ebrahim-Pour, F., and Chaab, A. 2010. Effect of Nitrogen and mixing ratio on seed yield and some morphological traits of corn sunflower in intercropping at north of Khouzestan. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (4): 708-716. (In Persian with English Summary)

Nasrollahzadeh Asl, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R., and Nasrollahzadeh Asl, V. 2012. Evaluation of sunflower (*Heliantus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. Journal of Agriculture and Sustainable Production Science 22 (2): 79-90 (In Persian with English Summary)

Natarajan, M., and Willey, R.W. 1980. Sorghum-pigeon pea intercropping and the effects of plant population density. 2. Resource use. Journal of Agricultural Science 95 (1): 59-65.

Ofori, F., and Stern, W.R. 1987. Relative sowing time and density of component crops in maize/cowpea intercrop system. Experimental Agriculture 23: 42-52.

Panhwar, M.A., Memon, F.H., Kalhoro, M.A., and Soomro, M.I. 2004. Performance of maize in intercropping system with soybean under different planting patterns and nitrogen levels. Journal of Applied Science 4(2): 201-204.

Pirzad, E. 1999. Evaluating the competition, yield and yield components in intercropping of corn and soybean. MSc thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Pourtaghi, N. 2003. Intercropping of corn and pinto bean. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Rashid, I., Shahbaz, A., and Malik, A. 2002. Sunflower-summer legumes intercropping systems under rain fed conditions: Economic analysis. Pakistan Council of Scientific and Industrial Research 45: 378-390.

Reddy, G.S. and Venkateswarlu, S. 1992. Effect of planting pattern on yield and moisture-use efficiency in sunflower (*Helianthus annuus*) pigeon pea (*Cajanus cajan*) intercropping system. Indian Journal of Agronomy 37: 659-665.

Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K., and Aharizad, S. 2011. Study of some agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. Journal of Agriculture and Sustainable Production Science 21 (2): 1-14. (In Persian with English Summary)

Sahoo, S.K., Kumar, D.S., and Reddy, C.R. 2003. Productivity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) bases intercropping systems under irrigated conditions. Journal of Oilseeds Research 20: 284- 286.

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

Seiler, G., and Jan, C.C. 2010. Basic information. In: J. Hu G. Seiler and C. Kole (Eds.). Genetics, Genomics and

www.SID.ir

Archive of SID

Breeding of Sunflower. Science Publishers, p. 1-50.

Shafshak, S.E., Shokr, E.S.E.I., and Ahmar, B.A. 1989. Studies on soybean and sunflower intercropping, plant characteristics, and yield components of soybean and sunflower. Annuals of Agricultural Science 24 (4): 1773-1793.

Sharifi, E., Aghalikhani, M., Modarress-Sanavi, A., and Souroshzade, A. 2006. Effect of mixing ratio and plant density on forage production in intercropping of sorghum with cowpea. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37: 363-370. (In Persian with English Summary)

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

Strydhorst, S.M., King, J.R., Lopetinsky, K.J., and Neil Harker, K. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. Agronomy Journal 100: 182-190.

Tayefe-Nouri, M. 2003. Intercropping of maize and cowpea. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

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

Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiations use efficiency of mono-intercropping systems with different row orientations. Field Crops Research 71: 17-29.

Ujjinaiah, U.S., Rajashekar, B.G., Venugopal, N., and Seenappa, K. 1991. Sunflower pigeon pea intercropping. Journal of oilseed Research 8(1): 72 - 78.

Vandermeer, J.H. 1990. Intercropping. In: Agroecology. Mc Graw– Hill publishing Co. p. 481-516.

Weil Ray, R., and Macfaden, M.E. 1991. Fertility and weed stress effects on performance of maize and soybean intercrop. Agronomy Journal 63: 717-721.

Wenxue, L., Long, L., Jianhao, S., Tianwen, G., Fusuo, Z., Xingguo, B., Peng, A., and Tang, C. 2005. Effects of intercropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an orthic anthrosol West China. Agriculture and Ecosystem Environment 105: 483 – 491.

Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping system. Journal of Agriculture and Water Management 17: 215-231.

www.SID.ir