نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۷۲۱-۷۰۵

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 705-721

مطالعه جنبه‌های زراعی و بوم‌شناختی نظام‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L. Merr.)

عیسی پیری[۱]، بتول زنده دل[۲] و ابوالفضل توسلی[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۰۳

پیری، ع.، زنده دل، ب.، و توسلی، ا. ۱۳۹۶. مطالعه جنبه‌های زراعی و بوم‌شناختی نظام‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L. Merr). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۷۰۵-۷۲۱.

چکیده

به‌منظور بررسی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L. Merr.) با نسبت‌های مختلف کاشت، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در جنوب شهرستان ایرانشهر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام گرفت. تیمارها از ۸ نسبت مختلف کاشت به صورت، کشت خالص ذرت ($C_{100}S_0$) وکشت خالص سویا (C_0S_{100}) به عنوان تیمارهای کشت خالص؛ ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا ($C_{75}S_{25}$)، ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا ($C_{50}S_{50}$)، ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا ($C_{25}S_{75}$) به عنوان نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی؛ و ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا ($C_{100}S_{50}$)، ۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا ($C_{50}S_{100}$) و ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا ($C_{100}S_{100}$) به عنوان نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد بالاترین عملکرد بیولوژیک دو گونه ذرت و سویا از کشت خالص این دو محصول به‌ترتیب با مقدار ۱۸۲۵۰ و ۷۴۳۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بالاترین عملکرد دانه دو گونه ذرت و سویا نیز از همین تیمار به‌ترتیب با مقدار ۴۴۳۶ و ۳۱۵۷ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید. میزان RYT برای عملکرد بیولوژیک و دانه در اغلب تیمارهای مخلوط بزرگتر از یک بود که این امر نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌باشد. قابل ذکر است که در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز، نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی از برتری محسوسی برای صفات RYT عملکرد بیولوژیک و دانه نسبت به کشت‌های مخلوط جایگزینی برخوردار بودند. در خصوص کنترل و مدیریت علف‌های هرز مشاهده شد که تیمارهای کشت مخلوط افزایشی سبب کاهش قابل توجه زیست‌توده علف‌هرز نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش شدند. علاوه بر این، کشت‌های مخلوط افزایشی نسبت به تک‌کشتی دارای بالاترین میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بودند. در رابطه با شاخص برداشت و سطح برگ مشاهده شد که بالاترین مقدار این دو صفت برای گیاه ذرت از تیمارهای کشت مخلوط حاصل شد، اما برای سویا بالاترین مقدار صفات مذکور از تیمار کشت خالص آن به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: غله،کشت چندگانه، لگوم، مجموع عملکرد نسبی

مقدمه

در سیستم‌های کشاورزی معمول و تک‌کشتی گرچه با بالابردن افزایش محصول در واحد سطح توانسته‌اند تا حدودی نیازهای غذایی جمعیت رو به افزایش را در برخی نقاط جهان تأمین نمایند ولی این نظام‌ها به هزینه و انرژی فراوان ناشی از سوخت‌های فسیلی نیاز دارند. این امر منجر به ایجاد فشار روی منابع طبیعی گردیده و تولید در نظام‌های کشاورزی را تهدید می‌کند. بنابراین، نیاز به طراحی و اجرای نظام‌های برخوردار از پایداری و عملکرد بهینه افزایش می‌یابد (Javanshir et al., 2000). پایداری کشاورزی از جنبه‌های زیست-محیطی و در رابطه با منابع و جمعیت دنیا از اهمیت خاصی برخوردار

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار، دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و استادیار، گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور مرکز زاهدان
(*- نویسنده مسئول: Email: Abolfazl202060@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i3.45737

می‌باشد. در گذشته چنانچه زمین تخریب می‌شد، انسان می‌توانست به جای دیگری نقل مکان کند، ولی امروزه با افزایش جمعیت این امر غیرممکن شده است. بدین ترتیب کشاورزی پایدار اجتناب‌ناپذیر است. با وجودی که هنوز تعریف کاملی از کشاورزی پایدار ارائه نشده است، ولی کشاورزی پایدار باید دارای خصوصیات زیر باشد (Koocheki, 2001):

۱) تنوع کشت گیاهان زراعی به جای کشت مداوم یک یا چند گیاه زراعی یک‌ساله.

۲) کنترل بیولوژیک آفات و دیگر روش‌های ابداعی برای کاهش مصرف آفت‌کش‌ها.

۳) پیشگیری بیماری‌های دامی به جای استفاده ازآنتی‌بیوتیک‌ها.

۴) اصلاح ژنتیکی گیاهان زراعی برای مقاومت به آفات، بیماری‌ها، خشکی و استفاده مؤثر از عناصر غذایی.

هم‌اکنون چالش اصلی در کشاورزی پایدار این است که استفاده نهاده‌های خارج از اکوسیستم به حداقل کاهش یابد، درحالی‌که منابع درون اکوسیستم، به نحو بهتر و راندمان بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. برای دستیابی به هدف فوق، به دنبال شناخت روش‌های مدیریت زراعی هستیم که باعث بهبود و یا حفظ تولید در گذر زمان گردد و کمترین خسارت به محیط زیست وارد آید. از جمله این مدیریت‌های زراعی می‌توان به عنوان مثال به گیاهان پوششی، مدیریت تلفیقی آفات و بیماری‌ها، تناوب زراعی، جنگل–زراعی و کشت مخلوط اشاره کرد (Altieri & Nicholls, Altieri, 2008; 2004). کشت مخلوط عبارتست از کشت دو یا چند گیاه در یک مکان و یک زمان که اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، افزایش عملکرد، بهره‌برداری بیشتر از منابع طبیعی وکاهش خسارات ناشی ازآفات، بیماری‌ها وعلف‌های هرز را دنبال می‌کند (Ouma & Jeruto, 2010).

غله و لگوم یکی از مرسوم‌ترین انواع کشت مخلوط است که به صورت کشت ذرت (*Zea mays* L.) با سویا (*Glycine max* L.) (MERR Ariel et al., 2013)، گندم (*Triticum aestivum* L.) با باقلا (*Vicia faba* L.) (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003)، ارزن (*Panicum miliaceum* L.) با لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) (Tavassoli et al., 2010) و ... اجرا می‌شود. کشت مخلوط غله و لگوم در پایداری تولید و پرورش دام، یک روش مناسب محسوب می‌شود. معلوم گردیده است که در این سیستم‌ها، ارزش غذایی و تولید در مقایسه با تک کشتی غلات افزایش می‌یابد (Huňady & Hochman, 2014).

لگوم‌ها از جمله گونه‌هایی هستند که دارای ارزش غذایی بالا بوده و می‌توانند همراه با غلات به‌منظور تأمین نیاز نیتروژن این گیاهان کشت گردند (Tsubo et al., 2005). سویا از جمله گیاهان خانواده بقولات است که در حال حاضر در قسمت‌های مختلف دنیا از جمله کشورهای حوزه مدیترانه به صورت مخلوط با سایر کشت می‌شود. سویا به این دلیل که یک منبع سرشار از پروتئین با کیفیت بالا می‌باشد نقش به‌سزایی را در تغذیه مردم کم درآمد کشورهای در حال توسعه دارد. این گیاهان در غنی‌ساختن و باروری خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، در جلوگیری از فرسایش خاک به‌صورت یک گیاه پوششی و همچنین اغلب اوقات به صورت علوفه سبز کاربرد دارد (Habibifar, 2003).

با توجه به اهمیت موضوع باید توجه بیشتری در زمینه کارآیی نظام‌های کشت مخلوط محصولات زراعی به‌منظور افزایش پایداری نظام‌های کشاورزی در کشور ما معطوف شود. در این زمینه، تحقیقات انجام شده در ایرن نشان می‌دهد که اغلب اوقات نظام‌های کشت مخلوط از کارآیی به مراتب بالاتری نسبت به نظام‌های تک‌کشتی محصولات برخوردار هستند (Eskandari, Tavassoli et al., 2010; Rahimi et al., 2002). به‌طور مثال، حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) در آزمایشی بر روی کشت مخلوط دو گونه ارزن (*Pennisetum americanum* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) نشان دادند که بالاترین عملکرد این محصولات در کشت مخلوط آن‌ها و در نسبت کاشت ۵۰ درصد از تراکم مطلوب هر گیاه حاصل می‌شود.آن‌ها یکی از علل افزایش عملکرد محصول در کشت‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی آن محصولات را در این دانستندکه غله و لگوم می‌توانند همدیگر را در مصرف کود نیتروژن کامل نمایند. سیروس مهر و همکاران (Sirousmehr et al., 2003) در کشت مخلوط ارزن نوتریفید (*Pennisetum glaucum* L.) با ماشک (*Vicia sativa* L.) نتیجه گرفتند که عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص محصولات، نسبت برابری زمین (LER) بالاتری داشته که این امر به دلیل بهره گیری ارزن از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت درون گونه‌ای می‌باشد. موحدی دهنوی و همکاران (Movahhedi Dehnavi et al., 2001) در بررسی نقش لوبیا در کنترل علف‌های هرز ذرت به این

نتیجه رسیدند که کشت مخلوط تیمار افزایشی ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد لوبیا بیشترین کاهش را بر وزن خشک علف‌های هرز ذرت اعمال می‌نماید. همچنین نتایجی مشابه توسط مظاهری و همکاران (Mazaheri et al., 2000) در مورد استفاده از گیاه همراه لوبیا در ترکیب با ذرت برای کنترل علف‌های هرز وجود دارد.

هدف از اجرای این مطالعه بررسی نسبت‌های مختلف کاشت ذرت و سویا به منظور پیدا کردن بهترین ترکیب یا آرایش است که حداکثر عملکرد علوفه و دانه این دو محصول را در منطقه ایرانشهر به دنبال داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه‌ای واقع در جنوب شهرستان ایرانشهر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. شهرستان ایرانشهر در ناحیه مرکزی بلوچستان با مساحتی بالغ بر ۳۰۲۰۰ کیلومتر مربع و با ارتفاع متوسط۵۹۱ متر از سطح دریا در فاصله ۳۴۵ کیلومتری مرکز استان سیستان و بلوچستان واقع و ۱۵ درصد وسعت استان را به خود اختصاص داده‌است. ایرانشهر روی مدار ۲۷ درجه و ۱۲دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی واقع شده است. آب وهوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن در اقلیم خشک و بسیار گرم قرار دارد. در جدول ۱ پارامترهای اقلیمی منطقه آزمایش ارائه شده است (Sistan & Balouchestan Meteorology Organization, 2014).

زمین محل آزمایش یک‌سال قبل از اجرای طرح به صورت آیش بود. جهت مشخص نمودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اقدام به عملیات آماده‌سازی زمین از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از نقاط مختلف مزرعه نمونه‌برداری خاک انجام شد.

جدول ۱- میانگین ماهانه پارامترهای اقلیمی منطقه ایرانشهر (۹۲-۱۳۹۱)

Table 1-The mean of monthly climate parameters in Iranshahr region (2012-2013)

پارامتر اقلیمی Climate factors	مرداد Aug.	شهریور Sep.	مهر Oct.	آبان Nov.	آذر Dec.	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند Mar.	فروردین Apr.	اردیبهشت May.	خرداد Jun.	تیر Jul.
میانگین دما (درجه سانتی-گراد) Mean temperature (C°)	36.8	33.6	28.5	22.1	16.9	15.0	17.5	22.1	28.2	34.4	37.9	37.9
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (C°)	28.4	24.5	19.0	13.1	9.0	7.8	10.0	14.2	19.2	24.6	28.7	30.0
حداکثر دما (درجه سانتی-گراد) Maximum temperature (C°)	43.4	40.5	35.5	29.3	23.6	21.2	23.4	28.6	34.9	41.0	44.6	44.4
میانگین رطوبت نسبی (٪) Humidity (%)	15	14	21	28	31	54	35	24	33	17	20	16
بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	57.9	0.0	4.0	9.0	0.0	2.6	0.0
ساعات آفتابی Sun radiation (hr)	266.2	301.1	304.2	258.1	271.2	275.8	258.3	275.2	252.9	273.7	246.9	259.7

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

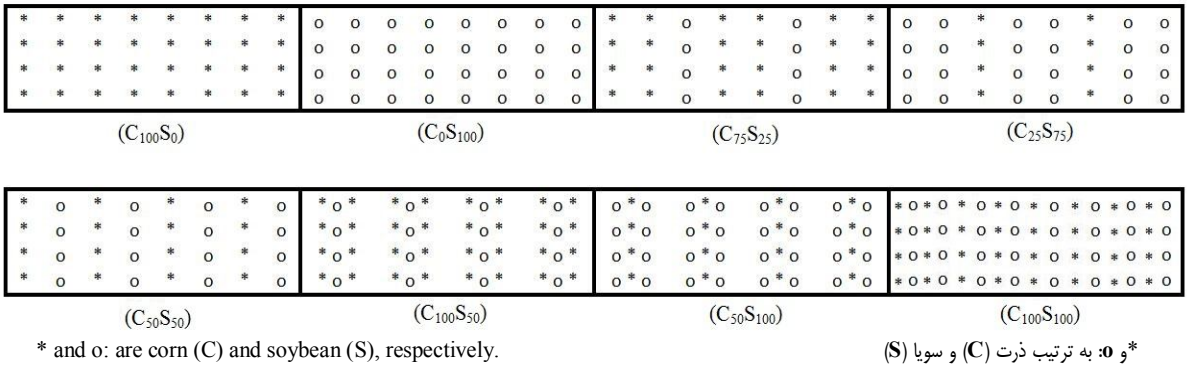
Table 2- Chemical and physical characteristics of experiment soil

بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته گل اشباع pH	کربن آلی (٪) Organic Carbone (%)	نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	فسفرقابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorous ($mg.kg^{-1}$)	پتاس قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)
لوم شنی Clay loam	1.49	7.44	0.21	0.036	7.93	412

نمونه‌های مورد نظر جهت تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردید که نتایج در جدول ۲ آمده است.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارها از ۸ نسبت مختلف کاشت به‌صورت، کشت خالص ذرت ($C_{100}S_0$) وکشت خالص سویا (C_0S_{100}) به‌عنوان تیمارهای کشت خالص؛ ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا ($C_{75}S_{25}$)، ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا ($C_{50}S_{50}$)، ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا ($C_{25}S_{75}$) به‌عنوان نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی؛ و ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا ($C_{100}S_{50}$)، ۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا ($C_{50}S_{100}$) و ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا ($C_{100}S_{100}$) به عنوان نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی طراحی شدند.

زمین محل آزمایش در اوایل بهار قبل از کاشت تا عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر شخم زده شد. بلافاصله پس از انجام شخم زمین دیسک زده شد. سپس با استفاده از لولر تسطیح گردید. پس از آماده‌سازی بستر بذر، به‌منظور اجرای نقشه طرح، کرت‌بندی زمین بدین صورت انجام شد که در کشت خالص ذرت فواصل ردیف‌های کاشت یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذور نیز بر روی هر ردیف با فاصله ۲۵ سانتی‌متری از همدیگر کشت شدند. در کشت خالص سویا نیز فواصل ردیف‌های کاشت همان ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، با این تفاوت که بذور روی هر ردیف با فاصله ۱۰ سانتی‌متری از یکدیگر کشت گردید. در کل برای کشت خالص ذرت و سویا به ترتیب تراکم ۸۰ و ۲۰۰ هزار بوته در هکتار مدنظر قرار گرفت. برای هر دو گونه ابعاد هر کرت ۱۶ متر مربع (۴ m × ۴ m) و فواصل کرت‌ها از یکدیگر ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در سیستم کشت مخلوط جایگزینی، هر کرت از هشت ردیف به طول چهار متر تشکیل گردید. اما در سیستم کشت مخلوط افزایشی برای تیمارهای $C_{100}S_{50}$ و$C_{50}S_{100}$ دوازده ردیف و برای تیمار $C_{100}S_{100}$ شانزده ردیف در همان ابعاد ۱۶ متر مربع طراحی شد. نحوه طراحی نسبت‌های مختلف کشت در شکل ۱ نشان داده شده است.



* and o: are corn (C) and soybean (S), respectively.

*و **o**: به ترتیب ذرت (**C**) و سویا (**S**)

شکل ۱- نحوه طراحی نسبت‌های مختلف کشت

Fig. 1- Designed method of different culture ratios

پس از کرت‌بندی زمین و قبل از کاشت مقادیر متعارف کود دامی در منطقه به میزان ۶۰ تن در هکتار و کود شیمیایی شامل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم اوره به کرت‌های آزمایشی مربوطه اضافه شدند. کل کودهای فسفره و پتاسه در زمان کاشت مصرف گردید. کود اوره نیز در سه قسمت مصرف شد. یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در زمان طویل شدن ساقه و یک سوم در زمان گل-دهی ذرت هر بار به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت نواری پای بوته‌ها داخل شیاری به کرت‌های آزمایشی اضافه شدند.

رقم ذرت مورد استفاده، ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ (S.C 704) و سویا رقم ویلیامز[1] با درجه خلوص ۹۹ درصد از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان ایرانشهر تهیه گردید.کاشت بذور ذرت و سویا در عمق سه سانتی‌متری و به‌صورت ردیفی به روش خشکه‌کاری و همزمان در تاریخ ۱۵ مرداد ماه ۱۳۹۲ انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت گرفت. فواصل آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. بعد از سبز شدن عملیات تنک کردن در مرحله سه تا چهار برگی و دیگری به‌منظور تراکم نهایی صورت گرفت.آفات و بیماری خاصی در طول دوره رشد در مزرعه مشاهده نشد. برداشت ذرت در زمان خمیری شدن دانه و سویا هنگامی که غلاف‌های گیاه زرد شده بودند با استفاده از نیروی کارگری و توسط داس به ترتیب در تاریخ‌های ۱۲ و ۲۰ آذر ۱۳۹۲ انجام گرفت.

در این تحقیق صفات ذیل مورد بررسی قرار گرفتند:

اندازه‌گیری عملکرد دو گونه: برای اندازه‌گیری این صفات، نمونه‌ای شامل دو مترمربع از هر کرت با رعایت حاشیه، برداشت گردید. ابتدا نمونه‌های برداشت شده توسط ترازو توزین شده و سپس نمونه‌های ذرت و سویا به آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل و در نهایت وزن خشک (عملکرد بیولوژیک) آن‌ها در واحد سطح محاسبه شد. پس از جدایی دانه ذرت و غلاف‌های سویا از بافت‌های خشک شده عملکرد دانه دو محصول در واحد سطح محاسبه گردید.

شاخص برداشت[2] (HI): برای محاسبه شاخص برداشت دو گونه از معادله ۱ استفاده شد (Tavassoli et al., 2010):

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times ۱۰۰$$

معادله (۱)

مجموع عملکرد نسبی[3] (RYT): نسبت برابری زمین بر اساس سطح زمین زیر کشت محاسبه می‌گردد و به‌وسیله آن مشخص می-شود که برای به‌دست آوردن مقدار محصولی از یک هکتار کشت مخلوط عاید می‌شود، چه مقدار از زمین به صورت زراعت تک‌کشتی مورد نیاز است تا همان مقدار محصول برداشت شود. مجموع عملکرد نسبی (RYT) با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد (Ghanbari et al., 2010):

$$RYT = Y_{IC}/Y_{SC}+Y_{IS}/Y_{SS}$$

معادله (۲)

که در آن Y_{IC} و Y_{SC}: به‌ترتیب عملکرد ذرت در مخلوط و تک کشتی؛ Y_{IS} و Y_{SS}: به ترتیب عملکرد سویا در مخلوط و تک کشتی می‌باشد. در این رابطه اگر RYT=۱ باشد کشت مخلوط نسبت به تک کشتی برتری ندارد. در موقعی که RYT>۱ باشد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارای برتری می‌باشد. در حالتی که RYT<۱ باشد کشت مخلوط در مقایسه با سیستم تک کشتی از عملکرد کمتری برخوردار است.

زیست توده علف‌های هرز: برای اندازه‌گیری زیست‌توده (وزن خشک) علف‌های هرز، در زمان برداشت نهایی گیاه به همان صورت که برای علوفه و دانه این دو گونه نمونه‌برداری صورت گرفت به همان ترتیب برای علف‌های هرز نیز نمونه‌گیری انجام شد. نمونه-های جمع‌آوری شده در آون الکتریکی ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. نمونه‌های خشک شده با ترازو توزین شده و پس از آن بیوماس علف‌های هرز بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

شاخص سطح برگ[4] (LAI): شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج[5] مدل Delta T Divice اندازه‌گیری شد. برای این منظور شاخص سطح برگ ذرت در سه مرحله از دوره رشد طویل شدن ساقه، گلدهی و شیری شدن دانه و شاخص سطح برگ

۱-Williams

۲- Harvest index

۳- Relative yield total

۴- Leaf area index

۵- Leaf area meter

سویا نیز در سه مرحله (رشد ساقه، گلدهی و تشکیل غلاف) مورد ارزیابی قرار گرفت.

مقایسه میزان نور دریافت شده بین الگوهای مختلف کشت با محاسبه تشعشع فعال فتوسنتزی[1](PAR): برای این منظور تشعشع فعال فتوسنتزی سه مرتبه در طول فصل رشد اندازه‌گیری شد. برای اندازه گیری نور از نورسنج مدل SF-80T مجهز به سنسور یک متری در بالا و پایین سایه انداز گیاهی استفاده شد. اندازه‌گیری نور در فاصله ساعات ۱۴-۱۲ انجام شد. جهت این کار میزان نور در بالای تاج پوشش و سطح خاک در چهار نقطه درون هر کرت به‌طور تصادفی اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. درصد تابش فعال فتوسنتزی به‌منظور میزان نور دریافت شده بین الگوهای مختلف کاشت مطابق با معادله ۳ محاسبه گردید (Ghanbari et al., 2007):

$$PAR\% = [1-(PAR_b/PAR_a)] \times 100 \quad (۳)$$ معادله

که در آن PAR_b: نور فعال فتوسنتزی در پایین تاج پوشش و PAR_a: نور فعال فتوسنتزی در سطح تاج پوشش می‌باشد.

در نهایت، داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار MSTATC تجزیه آماری و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت

اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت در کشت خالص آن به‌ترتیب با مقادیر ۱۸۲۷۵ و ۴۴۳۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و سایر نسبت‌های کاشت با کشت خالص آن تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). در بین تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی مشاهده شد که بالاترین عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت از تیمار (۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا) به‌ترتیب با میانگین ۱۴۱۴۲ و ۳۹۲۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و تیمارهای (۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا) و (۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا) تفاوت معنی-داری با این تیمار داشتند. در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بالاترین عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت از تیماری که نسبت تراکم ذرت ۱۰۰ درصد بود به‌ترتیب با میانگین ۱۱۵۴۸ و ۱۸۶۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت در نظام‌های مختلف کاشت کاملاً تحت تأثیر تراکم قرار داشته و با افزایش تراکم در نظام‌های کاشت مختلف عملکرد بیولوژیک و دانه این گیاه افزایش یافته است. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن و لوبیا نتایج مشابه با این تحقیق گزارش کردند.

عملکرد بیولوژیک و دانه سویا

اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد بیولوژیک و دانه سویا معنی‌دار بود (جدول ۳). مشابه با گیاه ذرت، بالاترین عملکرد بیولوژیک و دانه سویا از کشت خالص آن به ترتیب با میانگین ۷۴۳۵ و ۳۱۵۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). همانند گیاه ذرت در گیاه سویا نیز عملکرد بیولوژیک و دانه این محصول کاملاً تحت تأثیر تراکم قرار داشت و با افزایش سهم گیاه سویا در نسبت‌های مختلف کاشت بر میزان عملکرد بیولوژیک و دانه آن افزوده شد. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2002) در تحقیقی بر روی کشت مخلوط ذرت و سویا نشان دادند عملکرد دانه ذرت و سویا هبستگی شدیدی با تراکم هر یک از این گونه‌ها در نظام‌های مختلف کاشت دارد.

شاخص برداشت ذرت

اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر شاخص برداشت گیاه ذرت معنی دار بود (جدول ۳). بالاترین مقدار شاخص برداشت گیاه ذرت در بین نسبت‌های مختلف کاشت از تیمارهای کشت مخلوط حاصل شد و کمترین میزان آن از کشت خالص ذرت با میانگین ۲۴/۴۴ درصد به-دست آمد (جدول ۴). به‌طوری‌که در بین تیمارهای کشت مخلوط مشاهده گردید بیشترین میزان شاخص برداشت ذرت از تیمار کشت مخلوط افزایشی ۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا با میانگین ۳۲/۱۷ درصد حاصل شد، البته تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با سایر تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا مشاهده نشد (جدول ۳). از مهمترین دلایل افزایش شاخص برداشت در تیمارهای کشت مخلوط را می‌توان به نقش مثبت سویا در افزایش جذب نیتروژن وکنترل مؤثر علف‌های هرز در مزرعه ذرت مرتبط دانست، به طوری‌که این عوامل سبب افزایش بیشتر عملکرد دانه در مقایسه با علوفه ذرت در این تیمارها

1- Photosynthetic active radiation

شد. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در بررسی اثر تراکم لوبیا بر صفات زایشی و عملکرد ارزن نشان داد که با افزایش تراکم لوبیا در مخلوط با ارزن، شاخص برداشت ارزن افزایش می‌یابد.

شاخص برداشت سویا

نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت گیاه سویا داشت (جدول ۳). در سویا برخلاف ذرت بالاترین شاخص برداشت از کشت خالص آن با میانگین ۳۹/۰۲ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). همان‌طورکه در جدول مشاهده می‌شود شاخص برداشت سویا به شدت تحت تأثیر تراکم قرار گرفت، به طوری‌که با افزایش سهم ذرت در کشت‌های مخلوط از میزان شاخص برداشت سویا کاسته شد و در تیمارهای ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا و ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا کمترین مقدار شاخص بردشت سویا به‌ترتیب با میانگین ۲۹/۰۲ و ۲۹/۱۲ درصد حاصل گردید (جدول ۴). این امر می‌تواند به دلیل افزایش رقابت بین‌گونه‌ای و جذب منابع بیشتر توسط گیاه ذرت در کشت مخلوط با سویا باشد. سینگ (Singh, 2003) در بررسی کشت مخلوط سویا با ذرت و سورگوم نشان داد که با افزایش تراکم ذرت و سورگوم از شاخص برداشت سویا کاسته می‌شود.

مقایسه مجموع عملکرد نسبی (RYT) براساس عملکرد بیولوژیک ذرت و سویا

مطابق با جدول ۵ نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر میزان RYT عملکرد بیولوژیک دو گونه داشت. جدول ۶ مقادیر محاسبه شده مجموع عملکرد نسبی (RYT) را بر اساس نسبت‌های مختلف کاشت نشان می‌دهد. RYT در کلیه سیستم‌های کشت مخلوط به جزء سیستم کاشت مخلوط ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا بالاتر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هر یک از محصولات برای تولید عملکرد بیولوژیک بیشتر است. مقایسه میانگین بین تیمارهای کشت مخلوط نیز نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط افزایشی (۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا) و (۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا) به‌ترتیب با میانگین مجموع عملکرد نسبی ۱/۲۰ و ۱/۱۷ نسبت به سایر تیمارها از برتری بالاتری برخوردار بودند (جدول ۶). در واقع می‌توان چنین استنباط کرد که با افزایش سهم سویا در نسبت‌های مختلف کشت بر میزان RYT عملکرد بیولوژیک دو گونه افزوده شده که این افزایش می‌تواند به‌دلیل قدرت تثبیت نیتروژن بیشتر در خاک توسط گیاه لگوم و بهبود شرایط محیطی مناسب‌تر برای جزء دیگر مخلوط شد (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003). همچنین این برتری می‌تواند به‌دلیل بالاتر بودن شاخص سطح برگ (جدول ۹) و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بیشتر (جدول ۱۰) در تیمارهای کشت مخلوط ذرت و سویا در مقایسه با کشت خالص این محصولات باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات عملکرد بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of factors of biological yield, seed yield and harvest index

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield		عملکرد دانه Seed yield		شاخص برداشت Harvest index	
		ذرت Corn	سویا Soybean	ذرت Corn	سویا Soybean	ذرت Corn	سویا Soybean
تکرار Replication	2	0.23 ns	0.16 ns	0.09 ns	0.06 ns	0.065 ns	0.076 ns
تیمار Treatment	6	124574.08**	100965.10**	13479.45**	9178.53**	1546.13**	1269.18**
اشتباه آزمایشی Error	12	2540.44	1156.73	421.04	110.98	129.71	110.56
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	14.32	11.00	18.53	15.91	23.44	19.05

* و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد؛ ns: به معنای غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.

* and **: significant at 5 and 1% levels of probability, respectively; ns: not significant.

جدول ٤- مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت

Table 4- Mean comparison of different culture ratios on biological yield, seed yield and harvest index

تیمار Treatment		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)		شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)	
		ذرت Corn	سویا Soybean	ذرت Corn	سویا Soybean	ذرت Corn	سویا Soybean
کشت خالص Monocuiture	ذرت Corn	18250^{a*}	-	4436^{a}	-	24.44^{c}	-
	سویا Soybean	-	7435^{a}	-	3157^{a}	-	39.02^{a}
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	14142^{b}	1853^{e}	3921^{b}	873^{d}	27.69^{b}	24.37^{d}
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	10378^{c}	3010^{d}	3212^{cd}	1109^{d}	27.85^{b}	34.00^{b}
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	6406^{d}	4963^{b}	1793^{e}	2210^{b}	32.00^{a}	38.23^{a}
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	11548^{c}	1864^{e}	3718^{bc}	973^{d}	30.00^{a}	29.12^{c}
	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	10078^{c}	4867^{b}	3019^{d}	1945^{b}	32.17^{a}	31.54^{bc}
	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	11465^{c}	4119^{c}	3406^{c}	1511^{c}	29.56^{ab}	29.02^{c}

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

از طرفی، با توجه به نتایج به‌دست آمده از عملکرد نسبی (RY) هر یک از گونه‌ها در تیمارهای کشت مخلوط، مشاهده می‌گردد که کاهش مجموع عملکرد نسبی (RYT) در برخی از تیمارها متأثر از افت شدید عملکرد سویا در اثر غالبیت ذرت در تراکم‌های پایین این محصول می باشد. به‌طوری‌که در نظام‌های کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا و ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا میزان عملکرد نسبی (RY) برای سویا در هر دو تیمار ۰/۲۵ حاصل شد که نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط بسیار پایین‌تر است (جدول ۶).

مقایسه مجموع عملکرد نسبی (RYT) براساس عملکرد دانه ذرت و سویا

نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر میزان RYT عملکرد دانه دو گونه داشت (جدول ۵). درجدول ۶ مقادیر RYT محاسبه شده برای عملکرد دانه ذرت و سویا براساس نسبت‌های مختلف کاشت آورده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود RYT در تمام مخلوط‌ها بیش از یک می‌باشد. مقایسه میانگین بین تیمارهای کشت مخلوط نشان داد که دقیقاً مشابه با عملکرد بیولوژیک، بیشترین میزان RYT عملکرد دانه دو گونه از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی (۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا) و (۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا) به‌ترتیب با میانگین ۱/۲۹ و ۱/۲۳ حاصل شد و این دو تیمار نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط از برتری معنی‌داری برخوردار بودند (جدول ۶). همان‌طورکه گفته شد این برتری می‌تواند به‌دلیل بهبود شرایط محیطی مناسب‌تر کشت مخلوط به دلیل مزایای کشت سویا در این نوع سیستم کاشت باشد (Bijandi & Rahimian Mashhadi, 1999). همچنین بالاتر بودن شاخص سطح برگ (جدول ۹) و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بیشتر (جدول ۱۰) در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص مؤید این نتایج است. سالمون (Salmon, 2006) نشان داد که نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت و لوبیا بالاتر از سیستم تک‌کشتی هر یک از محصولات است.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) RYT بر اساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of RYT based on biological and seed yield

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	RYT عملکرد بیولوژیک Biological yield RYT	RYT عملکرد دانه Seed yield RYT
تکرار Replication	2	0.045 ns	0.032 ns
تیمار Treatment	5	677.09**	479.12**
اشتباه آزمایشی Error	10	56.43	67.02
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	16.09	12.77

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد؛ ns به معنای غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.

* and ** significant at 5 and 1% levels of probability, respectively; ns not significant.

جدول ٦- محاسبه نسبت برابری زمین (RYT) سیستم‌های کشت مخلوط

Table 6- Estimation of RYT for intercropping systems

تیمار Treatment		RYT عملکرد بیولوژیک Biological yield RYT			RYT عملکرد دانه Seed yield RYT		
		عملکرد نسبی ذرت Relative yield of corn	عملکرد نسبی سویا Relative yield of soybean	RYT	عملکرد نسبی ذرت Relative yield of corn	عملکرد نسبی سویا Relative yield of soybean	RYT
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	0.77	0.25	1.02 b*	0.88	0.27	1.15 b
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	0.56	0.40	1.06 b	0.72	0.35	1.07 c
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	0.35	0.66	1.01 b	0.40	0.70	1.10 bc
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	0.63	0.25	0.88 c	0.83	0.31	1.14 b
	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	0.55	0.65	1.20 a	0.68	0.61	1.29 a
	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	0.62	0.55	1.17 a	0.76	0.47	1.23 a

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

وزن خشک علف‌های هرز

جدول ۸، تجزیه واریانس وزن خشک علف‌های هرز را نشان می‌دهد. اثر نسبت‌های مختلف کاشت در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک علف‌های هرز معنی‌دار بود. مقایسه میانگین سطوح

مختلف کاشت نشان داد که افزایش تراکم دو گونه به‌طور قابل‌توجهی سبب کاهش وزن خشک (زیست‌توده) علف‌های هرز شد. به‌طوری‌که، کمترین زیست‌توده علف‌هرز از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی حاصل شد و این تیمارها در مقایسه با کشت خالص دو گونه و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی از بیوماس علف‌های هرزی کمتری برخوردار بودند (جدول ۷). کاهش زیست‌توده علف‌هرز در این شرایط می‌تواند به‌دلیل اشغال فضاهای خالی توسط تعداد بیشتری از بوته‌های گیاهان زراعی در این تیمار در مقایسه با سایر تیمارها باشد، به‌طوری‌که فضای کافی برای رشد علف‌های هرز در مزرعه باقی نماند. قابل توجه است که مقایسه بین تیمارهای کشت خالص ذرت، کشت خالص سویا و نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی این دو گونه که همگی دارای تراکم برابری بودند نشان داد که کشت خالص ذرت با میانگین ۳۱۲/۱۱ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین میزان علف‌هرز بود و با افزایش سهم سویا در نسبت‌های مختلف کاشت بیوماس علف‌هرز افزوده شد به‌طوری‌که بیشترین میزان بیوماس علف‌هرز با میانگین ۳۹۶/۴۴ کیلوگرم در هکتار از تیمار کشت خالص سویا مشاهده گردید (جدول ۷). در واقع این نتایج بیان می‌کند که ذرت در مقایسه با سویا یک گیاه زراعی رقابت‌کننده بسیار عالی برای کنترل علف‌های هرز محسوب شده و به‌دلیل رشد بالقوه و قدرت پنجه‌زنی بالا دارای قدرت خفه‌کنندگی بسیار زیادی بر روی علف‌های هرز می‌باشد، اما سویا گیاهی ضعیف در رقابت با علف‌هرز محسوب شده به‌طوری‌که با افزایش سهم سویا در نظام‌های کاشت مخلوط جایگزینی بر میزان وزن خشک علف‌های هرز افزوده شده و در کشت خالص آن به بیشترین مقدار خود رسیده است. سایر محققین نیز نشان دادند نظام‌های کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی محصولات قادر است به‌طور مؤثری علف‌های هرز را کنترل نماید (Piri et al., 2011; Ghanbari et al., 2007; Movahhedi Dehnavi et al., 2001).

شاخص سطح برگ ذرت

اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر شاخص سطح برگ ذرت معنی دار بود (جدول ۸). در هر سه مرحله رشدی اندازه‌گیری شده بالاترین مقدار شاخص سطح برگ ذرت در بین نسبت‌های مختلف کاشت از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی حاصل گردید (جدول ۸).

جدول ۷- مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت بر زیست توده علف هرز

Table 7- Mean comparison of culture different ratios on weed biomass

	تیمار Treatment	زیست توده علف هرز (کیلوگرم در هکتار) Weed biomass ($kg.ha^{-1}$)
کشت خالص Monoculture	ذرت Corn	312.11 c*
	سویا Soybean	396.44 a
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	316.45 c
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	331.52 b
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	355.09 b
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	212.84 e
	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	270.16 d
	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	164.71 f

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زیست‌توده علف‌های هرز، شاخص سطح برگ ذرت و سویا در مراحل مختلف رشد و تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده بر مبنای مراحل رشدی ذرت

Table 8- Analysis of variance (mean of squares) of weed biomass, corn and soybean LAI in different growth stages; and PAR absorbed based on corn growth stages

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	زیست‌توده علف‌هرز Weed biomass	شاخص سطح برگ ذرت Corn LAI			شاخص سطح برگ سویا Soybean LAI			تشعشع فعال فتوسنتزی PAR		
			طویل شدن ساقه Stem elongation	گلدهی Flowering	شیری شدن دانه Seed milking	رشد ساقه Stem growth	گلدهی Flowering	تشکیل غلاف Capsuling	طویل شدن ساقه Stem elongation	گلدهی Flowering	شیری شدن دانه Seed milking
تکرار Replication	2	0.10 ns	0.052 ns	0.086 ns	0.064 ns	0.048 ns	0.024 ns	0.031 ns	0.072 ns	0.091 ns	0.056 ns
تیمار Treatment	7	7442.61**	675.22**	367.00**	344.76**	499.05**	510.16**	387.41**	2134.16**	3078.44**	2447.54**
اشتباه آزمایشی Error	14	84.44	81.11	54.39	46.88	27.92	32.56	15.33	344.22	498.72	147.28
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	25.09	25.10	21.45	26.08	19.54	15.66	23.90	22.07	20.85	26.00

* و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد؛ ns: به معنای غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.

* and **: significant at 5 and 1% levels of probability, respectively; ns: not significant

البته تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کشت مخلوط فزایشی با تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا مشاهده نشد. کمترین میزان شاخص سطح برگ ذرت نیز در هر سه مرحله رشد از کشت خالص آن به‌دست آمد (جدول ۹).

با توجه به نتایج حاصل می‌توان مهمترین دلیل افزایش شاخص سطح برگ در تیمارهای کشت مخلوط را می‌توان به نقش مثبت سویا در افزایش قابلیت دسترسی نیتروژن و جذب بالای آن توسط گیاه ذرت مرتبط دانست، به‌طوری‌که این فرآیند سبب بهبود رشد رویشی و افزایش سطح برگ ذرت در تیمارهایی شده است که تراکم سویا بالاتر بود. ردی و وایلی (Reedy & Willey, 2000) در بررسی کشت مخلوط ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.) و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) نشان دادند که با افزایش تراکم بادام زمینی در مخلوط با ارزن، شاخص سطح برگ ارزن به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. وی مهمترین عامل این برتری را به نقش مثبت بادام زمینی در افزایش حاصلخیزی خاک برای گیاه ارزن نسبت داد.

شاخص سطح برگ سویا

نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ گیاه سویا داشت (جدول ۸). در سویا برخلاف ذرت بالاترین شاخص سطح برگ در مراحل رشدی اندازه‌گیری شده از کشت خالص آن به‌دست آمد (جدول ۹). همان‌طورکه در جدول مشاهده می‌شود شاخص سطح برگ گیاه سویا به شدت تحت تأثیر تراکم قرار گرفته و با افزایش سهم ذرت در کشت‌های مخلوط از میزان شاخص سطح برگ گیاه سویا کاسته شده است. به‌طوری‌که کمترین میزان شاخص سطح برگ سویا در تیمارهایی مشاهده شد که سهم ذرت ۱۰۰ درصد بود (۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا و ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا) (جدول ۹). این نتایج می‌تواند به‌خوبی نشان دهنده افزایش رقابت بین‌گونه‌ای گیاه ذرت و سویا در کشت مخلوط باشد. به‌طوری‌که ذرت به عنوان گیاه غالب در کشت مخلوط از طریق سایه‌اندازی بر گیاه سویا مانع از رشد رویشی مناسب این محصول در تیمارهای کشت مخلوط شده است. سینگ (Singh, 2003) در بررسی کشت مخلوط ذرت (به‌عنوان گونه غالب در کشت مخلوط) با سویا (به‌عنوان گونه همراه در کشت مخلوط) نشان داد که با افزایش تراکم ذرت از شاخص سطح برگ سویا به‌شدت کاسته می‌شود.

جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)

با توجه به جدول ۸، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت قرار گرفت. تابش فعال فتوسنتزی جذب شده در هر سه مرحله از دوره رشد گیاه در نظام‌های کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص دو گونه بود. از طرفی در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز، نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی تشعشع فعال فتوسنتزی را به‌طور معنی‌داری بشتر از تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی جذب کرده بودند (جدول ۱۰). جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بیشتر در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی نسبت به سایر تیمارها را می‌توان علاوه بر سطح سبز بیشتر کانوپی در این تیمارها به شاخص سطح برگ بالاتر آن‌ها (جدول ۹) نسبت داد. قنبری–بنجار و لی (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003) در کشت مخلوط گندم با باقلا مشاهده کردند که جذب نور در زراعت‌های مخلوط بیشتر از تک کشتی‌های هر یک از اجزای مخلوط بود. آن‌ها علت بالا بودن جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در کانوپی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی‌ها را به اختلاف در آرایش شاخ و برگ و شکل کانوپی در گیاه گندم و لگوم‌ها نسبت دادند. نوری که توسط گندم جذب نمی‌شود، در پایین کانوپی توسط لگوم‌ها جذب و موجب افزایش راندمان جذب PAR می‌شود. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن و لوبیا مشاهده کرد که کشت مخلوط نور فعال فتوسنتزی را با کارآیی بیشتری نسبت به کشت خالص جذب می‌نماید.

نتیجه‌گیری

مطابق با نتایج این تحقیق در بررسی تک‌کشتی دو محصول و کشت مخلوط مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه و علوفه خشک دو گونه از کشت خالص آن‌ها به‌دست آمد. این نشان می‌دهد که عملکرد دانه و علوفه خشک کاملاً تحت تأثیر تراکم دو گونه قرار گرفته است. بالاترین مجموع عملکرد نسبی (RYT) از لحاظ عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت و سویا از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی حاصل شد. همچنین تیمارهای کشت مخلوط افزایشی سبب کاهش چشمگیر بیوماس علف‌های هرز در مقایسه با تیمارهای کشت خالص

و تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی شدند. بیشترین میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) مربوط به تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بود. بالاترین شاخص برداشت و شاخص سطح برگ ذرت از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی حاصل شد اما بیشترین شاخص برداشت و شاخص سطح برگ سویا از تیمار کشت خالص این محصول به‌دست آمد. به‌طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد برای حصول عملکرد بهینه دو گونه و کنترل مؤثر علف‌های هرز، کشت مخلوط افزایشی ذرت و سویا در مقایسه با سایر نسبت‌های مختلف کاشت بهتر است در مزارع خرده مالکی که استفاده از ماشین آلات کشاورزی مقرون به‌صرفه نیست در اولویت قرار گیرد.

جدول ۹- مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت بر شاخص سطح برگ (LAI) ذرت و سویا

Table 9. Mean comparison of different culture ratios on corn and soybean LAI

تیمار Treatment		شاخص سطح برگ ذرت (٪) Corn LAI (%)			شاخص سطح برگ سویا (٪) Soybean LAI (%)		
		طویل شدن ساقه Stem elongation	گلدهی Flowering	شیری شدن دانه Milking seed	رشد ساقه Stem growth	گلدهی Flowering	تشکیل غلاف Capsuling
کشت خالص Monoculture	ذرت Corn	4.18 b*	4.79 b	4.00 b	–	–	–
	سویا Soybean	–	–	–	4.26 a	4 .90 a	4.00 a
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	4.20 b	4.98 b	4.00 b	3.70 c	3.86 c	3.45 b
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	4.43 b	5.21 b	4.25 b	4.00 b	4.32 b	3.91 a
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	5.94 a	7.45 a	6.00 a	4.25 a	4.75 ab	4.00 a
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	6.42 a	7.89 a	6.21 a	3.11 d	3.57 c	3.09 c
	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	6.01 a	7.96 a	6.58 a	3.20 d	3.92 c	3.30 b
	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	6.31 a	7.89 a	6.40 a	3.18 d	3.81 c	3.22 b

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت بر تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده بر مبنای مراحل رشدی ذرت

Table 10- Mean comparison of different culture ratios on PAR absorbed based on corn growth stages

	تیمار	تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده (٪) PAR absorbed (%)		
		طویل‌شدن ساقه Stem elongation	گلدهی Flowering	شیری شدن دانه Milking seed
کشت خالص Monoculture	ذرت Corn	52.28 d*	55.39 d	55.09 d
	سویا Soybean	45.81 e	51.02 d	49.13 e
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	56.60 c	63.78 c	61.44 bc
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	62.09 b	67.65 b	66.08 b
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	55.43 c	60.00 c	58.62 c
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	66.31 a	74.16 a	68.44 b
	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	63.28 ab	73.46 a	69.56 b
	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	69.54 a	77.68 a	74.10 a

*حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

منابع

Altieri, M.A. 2008. Agroecology the Science of Sustainable Agriculture, 2nd edition. West View Press, Inc, USA.

Altieri, M.A., and Nicholls, C.I. 2004. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems, Second Edition. Psychology Press, USA.

Ariel, C.E., Eduardo, O.A.G., Benito, E. and Lidia, G. 2013. Effects of two plant arrangements in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merrill) intercropping on soil nitrogen and phosphorus status and growth of component crops at an Argentinean Argiudoll. American Journal of Agriculture and Forestry 1(2): 22-31.

Bijandi, A., and Rahimian Mashhad, H. 1999. Defoliation of corn in corn and soybean intercropping, and influence it on seed and forage yield of corn and seed yield of soybean. Iranian Journal of Crop Sciences 1(3): 15-23

Eskandari, H. 2002. Corn and bean intercropping for forage production. MS.C Thesis, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ghadiri, H., and Jokar, M. 2007. Effect of intercropping of maize and cucumber on controllingweeds. Pajouhesh and Sazandegi in Agronomy and Horticulture 73: 193-199. (In Persian with English Summery)

Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Viciafaba* L.) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58(1): 28-36.

Ghanbari, A., Nasirpour, M., and Tavassoli, A. 2010. The evaluation of ecophysiological characteristics of millet (*panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping. Journal of Agroecology 2(4): 556-564. (In Persian with English Summery)

Habibifar, S. 2003. Study on the adaptation and yield comparison of 10 soybean (*glycine max* L.) varieties at Iranshar region. MS.C Thesis, Faculty of Agriculture, Payam-e-noor University, Zahedan Center, Iran. (In Persian with English Summary)

Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. Pajouhesh and Sazandegi in Agronomy and Horticulture 16(59): 60-67. (In Persian with English Summery)

Huňady, I., and Hochman, M. 2014. Potential of legume-Cereal intercropping for increasing yields and yield stability for self-sufficiency with animal fodder in organic farming. Czech Journal Genetic Plant Breeding 50(2): 185-194.

Javanshir, A., Dabbagh, A. and Hamidi, A. 2000. The ecology of intercropping. Jihad-e Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran pp. 222. (In Persian)

Koocheki, A. 2001.Sustainable Agriculture. Jihad-e Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran pp. 316. (In Persian)

Mazaheri, D., Bankehsaz, A., Movahedi Dehnavi, M., Hoseinzadeh, A., and Ghanadha, M. 2000. Effect of corn and bean intercropping on weed control. Pajouhesh and Sazandegi Journal 47: 47-51. (In Persian with English Summary)

Movahhedi Dehnavi, M., Mazaheri, D., and Bnkesaz, A. 2001. Effect of bean on weed control maize. Journal of Biaban 6(2): 71-85. (In Persian with English Summery)

Ouma, G., and Jeruto, P. 2010. Sustainable horticultural crop production through intercropping: The case of fruits and vegetable crops: A review. Agriculture and Biology Journal of North America 1(5): 1098-1105.

Piri, I., Abrahimpour, F., Tavassoli, A., Amiri, E., and Rastegaripour, F. 2011. Effect of fertilizer in controlling weeds under intercropping of pearl millet and red bean in Sistan region, Iran. African Journal of Biotechnology 10(38): 7397-7403.

Rahimi, M.M., Mazaheri, D., Khodabandeh, N. and Heidari Sharifabadi, K. 2002. Study of yield and yield components of corn and soybean in intercropping. Pajouhesh and Sazandegi Journal 51: 45-55. (In Persian with English Summary)

Reedy, M.S., and Willey, R.W. 2000. A study of pearl millet/ground nut intercropping with particular emphasis on the efficiencies of leaf canopy and root pattern. In: The International Intercropping Workshop. ICRISAT. Hyderabad, Indian.

Salmon, E. 2006. Maize-bean intercrop system in Nicaragua, effect of plant arrangements and population densities on the Land Equivalence Ratio (RYT), Relative Yield Total (RYT) and abundance. Working paper Interactional Rural development center, Swedish University of Agricultural Science No,143: 35 pp.

Singh, G.N. 2003. Study on the intercropping of soybean with maize and sorghum. Indian Journal Agronomy 18: 75-78.

Sirousmehr, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoye, F., and Moghaddam, M. 2003. Pearl millet and common vetch intercropping. Journal of Biaban 2: 250-263. (In Persian with English Summery)

Sistan and Balouchestan Meteorology Organization. 2014. Data and Information Center. (In Persian)

Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M.M., and Heydari, M. 2010. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of millet (*panicum miliaceum*) and bean (*phaseolus vulgaris*) in intercropping. Iranian Journal of Agronomy Research 8(2): 96-114. (In Persian with English Summery)

Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2005. A simulation model of cereal–legume intercropping systems for semi-arid regions: I. Model development. Field Crops Research 93(1): 10-22.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 705-721

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۷۲۱-۷۰۵

Study of Agronomical and Ecological Parameters of Additive and Replacement Intercropping Systems of Corn (*Zea maize* L.) and Soybean (*Glycine max* L. Merr.)

I. Piri[۷], B. Zendehdel[2] and A. Tavassoli[3*]

Submitted: 09-04-2015
Accepted: 25-07-2015

Piri, I., Zendehdel, B., and Tavassoli, A. 2017. Study of agronomical and ecological parameters of additive and replacement intercropping systems of corn (*Zea maize* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.). Journal of Agroecology 9(3): 705-721.

Introduction

Intercropping is a multiple cropping agricultural practice involves growing two or more crops in close proximity. Intercropping of compatible plants also encourages biodiversity, by providing a habitat for a variety of insects and soil organisms that would not be present in a monocrop environment. This in turn can help limit outbreaks of crop pests by increasing predator biodiversity. Additionally, reducing the homogeneity of crops increases the barriers against biological dispersal of pests through the crops. Cereal–legume intercropping plays an important role in subsistence food production in developing countries, especially in the situations of limited resources. Nitrogen fixing legumes can be included to a greater extent in arable cropping systems via intercrops. Legumes contribute to maintaining the soil fertility via nitrogen fixation, which is increased in intercrops due to the more competitive character of the cereal for soil inorganic N. Ariel *et al.*, (2013) showed that,Legume-Cereal Intercropping of corn and soybean may be advantageous compared to monocultures. Corn and soybean intercropping produce high yields of green matter and seed concentrates especially when the corn-soybean ratio is 1:2.

Due to the importance of cereal–legume intercropping in the sustainability of agricultural systems, the objective of this study was to determine the effects of cereal-legume intercropping on the total biomass and grain yield and to find the best pattern of additive and replacement intercropping systems in Iranshahr Region.

Material and Methods

In order to study the agronomical and ecological parameters of additive and replacement intercropping systems of corn and soybean, a field experiment was conducted in 2012-13 in the south of Iranshahr city on a randomized complete block design with three replications. Treatments consisted of 8 different intercropping ratios: corn monoculture ($C_{100}S_0$) and soybean monoculture (C_0S_{100}) as sole cropping; 75% corn + 25% soybean ($C_{75}S_{25}$), 50% corn + 50% soybean ($C_{50}S_{50}$), 25% corn + 75% soybean ($C_{25}S_{75}$) as replacement intercropping; and 100% corn + 50% soybean ($C_{100}S_{50}$), 50% corn + 100% soybean ($C_{50}S_{100}$), and 100% corn + 100% soybean ($C_{100}S_{100}$) as additive intercropping. Seed yield, biological yield, harvest index (HI), relative yield total (RYT), leaf area index (LAI), Photosynthetic active radiation (PAR) were measured for both species in this experiment. All data were statistically analyzed using analysis of variance (ANOVA) using MSTATC statistical software. The Duncan's multiple ranged test used to compare means at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that the highest seed and biological yield of corn and soybean were obtained from sole cropping of both species. The RYT of seed and biological yield for most intercropping ratios were greater than one which indicates the advantageous of intercropping over sole cropping. This was observable that among intercropping treatments, additive intercropping was better than replacement intercropping for mentioned

۷ 1, 2 and 3- Associate Professor, MSc Student of Agronomy and Assistant Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Payame Noor University, Zahedan center, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Abolfazl202060@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i3.45737

indices. Comparing the performance of sole cropping and intercropping treatments, the results indicated that weed suppressing effects was more effective in additive intercropping treatments. The highest PAR interception also obtained in additive intercropping treatments. The highest amount of harvest index and leaf area index was obtained from intercropping and sole cropping, for corn and soybean respectively. Generally in this research, Intercropping treatments had a better performance than sole cropping, because of more efficient use of sources (such as light and nutrients) and also preventing weed's growth.

Conclusion

According to the results of the present research, intercropping systems were more efficient than sole croping in RYT (seed and biological yield), LAI, PAR, harvest index (only for corn) and weed suppressing indices. Among intercropping treatments, additive intercropping was better than replacement intercropping for mentioned indices. Generally, the results of this experiment showed that in order to obtain optimum yield of two species and effective management of weeds, this is better to use additive intercropping system rather than other cropping systems in this region, especially for smallholder farmers use less machinery in their farms.

Keywords: Multiple cropping, Cereal, Legume, Relative yield total (RYT)