

اثر سری های جایگزینی در کشت مخلوط ارقام ذرت و سویا بر عملکرد و نسبت برابری زمین

Effects of maize-soybean cultivars as replacement series in intercropping on yield and land equivalent ratio

سلما کلانتری خاندانی^۱، علیرضا کوچکی^۲، مهدی نصیری محلاتی^۲

۱. دانشجوی دکتری، گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (نگارنده مسئول)

۲. استاد، گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۳

چکیده

کلانتری خاندانی، س.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، اثر سری های جایگزینی در کشت مخلوط ارقام ذرت و سویا بر عملکرد و نسبت برابری زمین

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۱ - شماره ۲ - پایبند ۱۱۹ تابستان ۹۷: ۴۵-۲۱

کشت مخلوط گیاهان زراعی و یا وارسته ها از مهم ترین عملیات زراعی است که می تواند از طریق افزایش دادن رشد و عملکرد گیاهان، بهره برداری از منابع محیطی را بهبود دهد. افزایش تنوع زیستی و ثبات عملکرد در مقیاس مزرعه، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و فراهمی بیشتر عناصر غذایی از طریق راهکارهایی مانند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، برخی از فواید حاصل از اجرای کشت مخلوط می باشند. بر این اساس، انتخاب ارقام گیاهان لگوم به عنوان یکی از اجزاء کشت مخلوط، حائز اهمیت بوده و می بایست مورد توجه قرار گیرد. به منظور بررسی تغییرات عملکرد، اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ارقام ذرت و سویا، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۴ تکرار در سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیب ارقام ویلامز و سحر سویا و ارقام Ns640 و Osk713 ذرت و همچنین چهار نسبت مختلف ذرت و سویا (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد برای هر دو گیاه در ترکیب های مختلف) بودند. الگوبندی نسبت های کشت ارقام در مخلوط بر اساس سری های جایگزینی (۱۰۰٪ ذرت - صفر٪ سویا، ۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا، ۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا، ۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا و صفر٪ ذرت - ۱۰۰٪ سویا) طراحی شد. طبق نتایج آزمایش، تیمارهای ترکیب ارقام و نسبت دو گیاه در کشت مخلوط دارای اثر معنی دار بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و سویا و نسبت برابری زمین بودند. در هر دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با افزایش نسبت سویا در کشت مخلوط، وزن هزار دانه این گیاه روند افزایشی داشت. بیشترین عملکرد دانه و زیست توده ذرت و سویا در کشت خالص ارقام حاصل شد و با کاهش نسبت هر کدام از گیاهان ذرت و سویا، عملکرد دانه و بیولوژیک کاهش یافت. به دلیل دوره رشد طولانی تر، رقم ذرت Osk713 و رقم سحر سویا در بین ترکیب های مختلف تیماری دارای عملکرد دانه و بیولوژیک بیشتری بودند. در بین ارقام سویا، رقم ویلامز نسبت به رقم سحر میزان نیتروژن، پروتئین و فیبر خام بیشتری داشت. همچنین در هر دو سال زراعی، بیشترین میزان پروتئین نسبت به سایر تیمارها در تیمار ذرت ۵۰- سویا ۵۰ حاصل شد. شاخص برداشت ذرت و سویا نیز در کشت خالص بیشتر از سایر تیمارهای کشت مخلوط بود. از طرفی، بیشترین نسبت برابری زمین کل (ذرت + سویا) معادل ۱/۶۸ واحد در شرایط کشت ۲۵٪ ذرت رقم Ns640 و ۷۵٪ سویا رقم سحر ثبت گردید. نتایج حاصل از این مطالعه، می تواند توجیهی در ارتباط با سودمندی کشت مخلوط سویا- ذرت از نظر افزایش بهره وری از منابع محیطی به ازای سطح کشت شده باشد.

واژه های کلیدی: ترکیب ارقام، درصد پروتئین، درصد فیبر، نسبت کشت

مقدمه

می گردد (Inal *et al.*, 2007; Nassiri Mahallati

et al., 2009; Bichel *et al.*, 2017)

مدیریت صحیح در سیستم های کشت مخلوط به شناخت پویایی جمعیت هر یک از اجزا و خصوصیات نیچ آنها بستگی دارد (Nassiri Mahallati *et al.*, 2010). یکی از مهم ترین مزایای حاصل از سیستم های کشت مخلوط، افزایش کارایی استفاده از منابع به ویژه سطح زمین می باشد (Koocheki *et al.*, 2016). در این ارتباط، اعلام شده است که برتری کشت مخلوط در جهت جذب منابع غذایی و نسبت برابری زمین اساساً ناشی از انتخاب وارسته های مناسب در الگوهای مخلوط می باشد (Manna & Singh, 2001). بر این اساس، استفاده مؤثرتر از آب، نور و عناصر غذایی مبتنی بر اجرای الگوهای صحیح کشت مخلوط، از مهم ترین عواملی است که سبب افزایش بهره برداری از زمین می گردد (Coll *et al.*, 2012; Barker & Dennett, 2013; Neugschwandtner & Kau, 2014; Bichel *et al.*, 2017). از طرفی، توسعه پایداری، ارتقاء تنوع زیستی و ارائه خدمات اکولوژیکی، از جمله پیامدهای مرتبط با اجرای صحیح الگوهای کشت مخلوط به شمار می روند (Theunissen, 1997; Christodoulou *et al.*, 2015)

ذرت یکی از گیاهانی است که به دلیل قدرت سازگاری زیاد می تواند با گیاهان متعددی به صورت مخلوط کشت شود (Carruthers *et al.*, 2000; Nassiri Mahallati *et al.*, 2010). گیاه سویا نیز یکی از گیاهان خانواده نخود می باشد که به دلیل همزیستی

کشت های مخلوط به دلیل تأثیری که بر جنبه های مختلف تولید و به ویژه کارایی استفاده از منابع دارند، معمولاً افزایش عملکرد گونه های مخلوط نسبت به کشت خالص را در پی خواهند داشت (Monti *et al.*, 2016). همچنین الگوهای کشت مخلوط می تواند سبب بهبود تنوع زیستی در سطح گونه ای شود (Yu *et al.*, 2015). از سوی دیگر، شواهد نشان داده است که مخلوط وارسته های مختلف از یک گونه زراعی نیز برتری هایی را نسبت به کشت خالص یک وارسته در پی دارد که حاصل افزایش تنوع ژنتیکی است (Lithourgidis *et al.*, 2006). بنابراین، به نظر می رسد که کشت مخلوط دو گونه و در عین حال استفاده از مخلوط وارسته های گونه ها، تنوع را در سطح گونه ای و ژنتیکی افزایش داده و در نهایت بهره برداری از هر واحد زمین را افزایش می دهد (Barker & Dennett, 2013).

کشت مخلوط از روش های زراعی قدیمی بوده که کشاورزان در جهت بهبود شرایط زراعی و افزایش سازگاری با طبیعت در پیش گرفته اند (Koocheki *et al.*, 2008; Beheshti & Soltanian, 2012). در این سیستم ها، دو یا چند گونه گیاهی جهت افزایش روابط سودمند و کاهش رقابت درون گونه ای در کنار یکدیگر کشت می گردند (Tofti & Guiducci, 2010). کشت مخلوط یکی از مؤلفه های کشاورزی پایدار بوده که موجب ثبات و پایداری در عملکرد، استفاده مؤثرتر از منابع موجود، کنترل علف های هرز، آفات و بیماری های گیاهی و نیز کاهش استفاده از نهاده های شیمیایی

مخلوط بر اساس سطح هر کرت (۱۰۰٪ ذرت - صفر٪ سویا، ۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا، ۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا، ۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا و صفر٪ ذرت - ۱۰۰٪ سویا) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. ارقام سویا شامل رقم زودرس ویلیامز (S1) و رقم میان رس سحر (S2) و ارقام ذرت شامل رقم Osk713 (M1) و رقم Ns640 (M2) بودند. تراکم نهایی دو گیاه در کشت‌های خالص به ترتیب معادل ۱۲/۵ و ۴۰ بوته در متر مربع تعیین شد.

به‌منظور اجرای آزمایش، ابتدا عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق، دو دیسک عمود بر هم و تسطیح زمین انجام و سپس کرت‌های آزمایشی (با ابعاد ۳ متر طول × ۶ متر عرض) ایجاد گردید. فاصله بین دو کرت اصلی ۱ متر، فاصله بین دو کرت فرعی ۰/۵ متر و فاصله بین دو بلوک ۲ متر در نظر گرفته شد. هر کرت دارای هشت ردیف کشت بود. از این رو، تعداد ردیف‌های کشت در تیمارهای مخلوط به شرح زیر تنظیم شد:

- ۱- ۱۰۰٪ ذرت - صفر٪ سویا: ۸ ردیف کشت ذرت + صفر ردیف کشت سویا.
 - ۲- ۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا: ۶ ردیف کشت ذرت + ۲ ردیف کشت سویا.
 - ۳- ۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا: ۴ ردیف کشت ذرت + ۴ ردیف کشت سویا.
 - ۴- ۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا: ۲ ردیف کشت ذرت + ۶ ردیف کشت سویا.
 - ۵- صفر٪ ذرت - ۱۰۰٪ سویا: صفر ردیف کشت ذرت + ۸ ردیف کشت سویا.
- در سال اول و دوم اجرای آزمایش، کاشت

با باکتری *Rhizobium japonicum* و تثبیت نیتروژن، می‌تواند در الگوهای کشت مخلوط به طور ویژه ای مورد توجه باشد (Nyoki & Ndakidemi, 2018). از این رو، کشت مخلوط ارقام ذرت و سویا احتمالاً یکی از گزینه‌های مناسب جهت افزایش کارایی استفاده از زمین خواهد بود.

این مطالعه با هدف بررسی تغییرات عملکرد، اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ارقام ذرت و لوبیا بر اساس سری‌های جایگزینی در شرایط آب و هوایی مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پیش از اجرای آزمایش به این شرح بود:

سال اول: درصد ماده آلی و نیتروژن کل: به ترتیب ۰/۳ و ۰/۰۲ درصد، فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۱۰/۹ و ۱۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و هدایت الکتریکی: ۱/۶۹ دسی زیمنس بر متر.

سال دوم: درصد ماده آلی و نیتروژن کل: به ترتیب ۰/۵ و ۰/۰۲ درصد، فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۶/۷ و ۱۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و هدایت الکتریکی: ۲/۳۹ دسی زیمنس بر متر. در این مطالعه ترکیب کشت ارقام ذرت و سویا به‌عنوان عامل اصلی و نسبت‌های کشت

عملکرد دانه به بیولوژیک، شاخص برداشت (بر حسب درصد) محاسبه شد (Tosti & Guiducci, 2010).

نسبت برابری زمین (LER) از طریق معادله زیر به دست آمد:

(معادله ۱)

$$LER = \sum \frac{Y_{a,m}}{Y_{a,s}}$$

در این معادله، $Y_{a,m}$ و $Y_{a,s}$ میزان عملکرد گونه های ذرت و سویا به ترتیب در کشت مخلوط و خالص می باشد.

به منظور تعیین درصد نیتروژن و فیبر خام در دانه سویا، ۵۰ گرم از نمونه های تعیین شده ابتدا آسیاب گردید. سپس مقدار نیتروژن کل و درصد پروتئین خام (ضریب ۶/۲۵) با استفاده از دستگاه کج لیدال اندازه گیری شد (AOAC, 2000). درصد فیبر خام در نمونه های ذکر شده نیز توسط دستگاه طیف سنج مادون قرمز نزدیک تعیین شد (AOAC, 2000).

تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش توسط نرم افزار SAS 9.3 انجام شد. پیش از تجزیه مرکب، مقادیر خطای ۲ سال آزمایش مورد آزمون قرار گرفت و تجزیه مرکب روی صفات پس از اطمینان از همگنی واریانس خطا انجام شد. از این رو، داده های مرتبط با نسبت برابری زمین به صورت تجزیه مرکب آنالیز شد؛ در حالی که آنالیز سایر داده ها به صورت جداگانه برای هر سال انجام گرفت. میانگین ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

ذرت به ترتیب در تاریخ ۲۰ اردیبهشت و ۱ خرداد و کاشت سویا به ترتیب در تاریخ ۱ خرداد و ۱۰ خرداد انجام شد. کشت هر دو گیاه بر اساس تاریخ توصیه شده در شرایط مشهد بود که اندکی با یکدیگر تفاوت داشت. فاصله بین ردیف های کاشت برای گیاه ذرت و سویا ۷۵ سانتی متر تعیین شد. همچنین، فاصله روی ردیف برای ذرت ۱۶ سانتی متر و برای سویا ۵ سانتی متر در نظر گرفته شد.

اجرای اولین مرحله آبیاری در هر دو گیاه همزمان با کاشت انجام شد. سایر مراحل آبیاری نیز بر اساس نیاز گیاه به صورت هفتگی و تا شروع مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به اجرا درآمد. در طی دوره رشد، وجین علف های هرز به صورت دستی انجام گرفت؛ به طوری که از مصرف هر نوع علف کش و یا آفت کش شیمیایی خودداری شد.

پیش از تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک، تعداد ۱۰ بوته از ردیف های میانی هر کرت به طور تصادفی و با رعایت اثر حاشیه (صرف نظر از نیم متر ابتدا، انتها و طرفین هر کرت) انتخاب و بر اساس آن برخی اجزای عملکرد در سویا (تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه) و ذرت (تعداد ردیف در بلال و وزن هزار دانه) ثبت گردید. جهت تعیین وزن هزار دانه نیز از ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. پس از محاسبه اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک با رعایت اثرات حاشیه اندازه گیری شد. جهت تعیین وزن خشک زیست توده، نمونه ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. همچنین بر اساس نسبت بین

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در کشت مخلوط با سویا

Table 1. Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of maize in intercropping with soybean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد ردیف در بلال Number of row per ear		وزن هزار دانه 1000-seed weight		عملکرد دانه Seed yield		عملکرد بیولوژیک Biological yield		شاخص برداشت Harvest index	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
بلوک Block	3	6.87**	8.63**	64863**	51317**	159081*	196328**	1319575*	1762950**	184.11**	196.37**
ترکیب ارقام Cultivars combination (C)	3	9.21**	11.23**	74924**	68240**	212976**	258369**	1819381*	1921428**	224.16**	337.18**
خطای اصلی Main error	9	0.93	1.04	8782	9428	65327	78632	596410	762413	36.87	44.25
نسبت کشت Sowing ratio (S) C × S	4	7.28	8.62	44729**	33676**	247369**	221369*	1983472**	2586147**	276.82**	325.17**
خطای فرعی Sub error	12	9.44**	12.46**	52136**	48923**	187645**	198365**	1769421**	1579021**	199.18**	169.30**
	48	1.17	0.94	9145	8439	76214	86369	539418	485317	41.87	34.66

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.
* and **: significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ترکیب کشت، نسبت ارقام در کشت مخلوط و همچنین اثرات متقابل ترکیب کشت و نسبت ارقام در کشت مخلوط بر تعداد ردیف در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱).

نتایج مربوط به سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ نشان داد که تعداد ردیف بلال در بوته در ترکیب ارقام Ns640 ذرت و ویلیامز سویا بیش از سایر ترکیبات بود. پس از این ترکیب، بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال مربوط به ترکیب رقم Ns640 با رقم سحر سویا بود (جدول‌های ۲ و ۳). این نتایج بیانگر این است که با توجه به بالاتر بودن تعداد ردیف دانه در بلال در رقم Ns640 ذرت نسبت به رقم Osk713 ذرت، ترکیب آن با رقم ویلیامز سویا نسبت به سحر دارای برتری می‌باشد. افزایش تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف دانه در بلال ذرت در کشت مخلوط نیز گزارش شده است (Eschie, 1992).

در هر دو سال، وزن هزار دانه نیز مشابه با تعداد ردیف دانه در بلال در رقم Ns640 ذرت در ترکیب با ارقام ویلیامز و سحر سویا بالاترین میزان بود (جدول‌های ۲ و ۳). در سال ۱۳۹۲ و در ترکیب ذرت ۵۰-۵۰ سویا، بالاترین میزان وزن هزار دانه در ترکیب سویا رقم سحر و ذرت رقم Ns640 به میزان ۲۷۶ گرم حاصل شد. احتمالاً در این ترکیب تیماری رقابت بین گونه‌ای در کمترین میزان خود بوده و میزان کارایی استفاده از نور و سایر عناصر محیطی افزایش یافته و

وزن هزار دانه نیز بیشتر شده است. به‌طور کلی در همه ترکیبات گیاهی و ارقام، وزن هزار دانه رقم Ns640 ذرت نسبت به رقم Osk713 بالاتر بوده و این افزایش در ترکیب با رقم سحر سویا و در نسبت ۵۰-۵۰ ذرت و سویا بارزتر بوده است. به نظر می‌رسد که در کشت‌های مخلوط، رقابت برون گونه‌ای سویا نسبت به رقابت درون گونه‌ای ذرت کاهش یافته و فضای بیشتری برای رشد ذرت فراهم شده است؛ در نتیجه ماده فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها انتقال یافته و این مسئله سبب افزایش وزن هزار دانه شده است. مشابه با این نتایج، عنوان شده است که بیشترین میزان وزن هزار دانه ذرت در نسبت کشت ذرت ۲۵-۷۵ (لویا ۷۵ حاصل شد، Koocheki *et al.*, 2008). همچنین در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و سویا در زمان‌های مختلف کاشت، بیان شده است که بیشترین وزن هزار دانه ذرت در حالت کشت مخلوط جایگزینی حاصل گردید (Mansoori, 2011).

در هر دو سال زراعی، میزان عملکرد دانه در تیمار کشت خالص ذرت بیشتر از سایر تیمارهای نسبت کشت دو گیاه بود. پس از این تیمار بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار ذرت ۷۵-۲۵ سویا و کمترین میزان عملکرد دانه نیز در نسبت کشت ذرت ۲۵-۲۵ سویا حاصل شد (جدول‌های ۲ و ۳). این نتایج نشان داد میزان عملکرد دانه ذرت در کشت خالص بیشتر از سایر تیمارهای مخلوط بوده و بالاتر بودن عملکرد در نسبت کشت ذرت ۷۵-۲۵ سویا نسبت به سایر تیمارهای مخلوط بیانگر موفقیت تنوع گونه‌ای در افزایش کارایی در

(al., 2016). با این وجود، کاهش عملکرد ذرت در برخی از کشت‌های مخلوط با بقولات در مقایسه با تک‌کشتی، به رقابت مشترک بر سر منبع غذایی نسبت داده شده است (Tomar *et al.*, 1988). در این مطالعه با بیشتر شدن تعداد بوته‌های ذرت در مخلوط میزان عملکرد افزایش یافت؛ به طوری که کمترین میزان عملکرد دانه در نسبت کشت ذرت ۲۵-سویا ۷۵ حاصل شد. شایگان و همکاران (Shaygan *et al.*, 2008) در کشت مخلوط ذرت و ارزن گزارش نمودند که بیشترین میزان عملکرد دانه ذرت مربوط به تیمار کشت خالص ذرت و کمترین آن به کشت مخلوط افزایشی برخوردار از ۵۰ درصد ارزن بود.

در هر دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، بیشترین میزان شاخص برداشت در تیمار کشت خالص ذرت به دست آمد. این در حالی بود که کمترین میزان شاخص برداشت در نسبت کشت ذرت ۲۵-سویا ۷۵ مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۳). در بین تیمارهای مخلوط نیز تیمار ذرت ۷۵-سویا ۲۵ بیشترین میزان شاخص برداشت را دارا بود. ذرت توانایی بالایی در جذب نیتروژن داشته و کارایی جذب و استفاده نیتروژن این گیاه بالا می‌باشد. از طرفی، سویا از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن باعث فراهمی بهتر این عنصر غذایی شده و از این طریق منجر به بهبود شاخص برداشت ذرت در کشت مخلوط می‌گردد. سومارنو و فهر (Sumarno & Fehr, 1980) بیان داشتند که کشت مخلوط گونه‌های مختلف، با توجه به وجود اختلافاتی نظیر ارتفاع بوته، می‌تواند از طریق جذب بیشتر

کشت مخلوط می‌باشد. در این ارتباط، Gharaei (2016) بیشتر بودن عملکرد دانه ذرت در کشت خالص را نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط گزارش نمودند. با این حال، (Chen *et al.*, 2004) نشان دادند که کشت مخلوط ذرت و گندم موجب افزایش تولید، حداکثر کارایی استفاده از منابع و نیز افزایش بهره‌وری سیستم کشت می‌گردد.

در سال‌های زراعی ۹۲ و ۹۳ بیشترین میزان عملکرد دانه به میزان ۶۳۲۳ و ۶۷۴۳ در تیمارهای ترکیبی ذرت Ns640 با ارقام سویا سحر و ویلیامز به دست آمد و نسبت به سایر تیمارهای ترکیب این دو رقم در مخلوط دارای تفاوت معنی‌دار بودند (جدول‌های ۲ و ۳). این نتایج بیانگر این مطلب است که رقم Ns640 ذرت نسبت به رقم Osk713 دارای میزان عملکرد بالاتری بوده و این عملکرد بالاتر در ترکیب با رقم سحر نسبت به ویلیامز بیشتر می‌باشد (جدول‌های ۲ و ۳). به طور کلی با افزایش نسبت بوته‌های سویا در مخلوط از میزان عملکرد ذرت کاسته شد؛ به طوری که کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار نسبت کشت ذرت ۲۵-سویا ۷۵ به دست آمد. به نظر می‌رسد افزایش میزان عملکرد ذرت در تیمار نسبت کشت ذرت ۷۵-سویا ۲۵ به این دلیل است که ذرت توانسته است از عناصر غذایی و شرایط بهینه‌ای که گونه همراه برای آن ایجاد نموده است، بیشترین استفاده را نماید. به طور کلی، برخی از مطالعات مرتبط با کشت مخلوط بقولات و غلات، بیانگر افزایش کارایی استفاده از منابع نسبت به شرایط تک‌کشتی آن‌ها می‌باشد (Morris & Garrity, 1993; Monti *et al.*

جدول ۲- اثرات متقابل نسبت کشت و ارقام بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در کشت مخلوط با سویا (سال ۱۳۹۲)

Table 2. Interaction effect of sowing ratio and cultivars on yield and yield components of maize in intercropping with soybean (2013)

نسبت کشت Sowing ratio	ترکیب ارقام Cultivars combination	تعداد ردیف در بلال Number of row per ear	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۱۰۰٪ ذرت - صفر٪ سویا 100 % maize - 0 % soybean	M1S1	14.2 ^b	234 ^{cd}	5623 ^d	12496 ^d	45 ^a
	M1S2	13 ^c	231 ^{cd}	6223 ^a	14143 ^b	44 ^a
	M2S1	16.2 ^a	267 ^{ab}	5911 ^{ab}	14778 ^b	40 ^{bc}
	M2S2	16 ^a	263 ^{ab}	6323 ^a	15422 ^a	41 ^b
۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا 75 % maize - 25 % soybean	M1S1	13.2 ^c	235 ^{cd}	5192 ^c	12362 ^d	42 ^{ab}
	M1S2	13 ^c	234 ^{cd}	5727 ^{cd}	13016 ^c	44 ^a
	M2S1	16.2 ^a	259 ^b	5824 ^{bc}	15326 ^a	38 ^c
	M2S2	16 ^a	264 ^{ab}	5975 ^{ab}	14938 ^{ab}	40 ^{bc}
۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا 50 % maize - 50 % soybean	M1S1	13 ^c	224 ^c	4154 ^h	12218 ^d	34 ^d
	M1S2	14 ^b	241 ^c	4816 ^f	10945 ^d	44 ^a
	M2S1	16.2 ^a	261 ^b	5193 ^c	13666 ^{bc}	38 ^c
	M2S2	16 ^a	276 ^a	4809 ^f	14573 ^b	33 ^d
۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا 25 % maize - 75 % soybean	M1S1	14.2 ^b	235 ^{cd}	4077 ^{hi}	14059 ^c	29 ^c
	M1S2	13 ^c	252 ^{bc}	4791 ^{ef}	14972 ^{ab}	32 ^d
	M2S1	16.2 ^a	263 ^{ab}	4507 ^g	13256 ^c	34 ^d
	M2S2	15.2 ^{ab}	274 ^a	4757 ^{ef}	13991 ^{bc}	34 ^d

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشد.

M1 و M2: ارقام ذرت (Ossk713 و Ns640).

S1 و S2: ارقام سویا (ویلیامز و سحر).

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range test.

M1 and M2: Maize cultivars (Ossk713 and Ns640, respectively).

S1 and S2: Soybean cultivars (Viliamz and Sahar, respectively).

مربوط به تیمار کشت ذرت ۷۵-سویا ۲۵ بود (جدول های ۲ و ۳). این نتایج بیانگر اثر مثبت تنوع گونه ای در افزایش زیست توده تولیدی در ذرت می باشد. همچنین رقم Ns640 ذرت نسبت به رقم Ossk713 دارای میزان زیست توده بیشتری بود و از طرفی ترکیب آن با رقم ویلیامز سویا نسبت به رقم سحر منجر به افزایش بیشتری در میزان زیست توده شد (جدول های ۲ و ۳). افزایش عملکرد ماده خشک در تیمار کشت ذرت ۷۵-سویا ۲۵ را می توان به فراهمی بیشتر

نور موجب افزایش عملکرد و بهبود شاخص برداشت گونه های موجود در مخلوط شود. میزان زیست توده تولیدی ذرت نیز تحت تأثیر نسبت گیاهان در کشت مخلوط قرار گرفت. بیشترین میزان زیست توده تولیدی در تیمار کشت خالص ذرت و به میزان ۱۵۹۲۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. میزان زیست توده ذرت در تیمار ذرت ۲۵-سویا ۷۵ نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط کمتر بود. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بیشترین زیست توده ذرت

جدول ۳- اثرات متقابل نسبت کشت و ارقام بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در کشت مخلوط با سویا (سال ۱۳۹۳)

Table 3. Interaction effect of sowing ratio and cultivars on yield and yield components of maize in intercropping with soybean (2014)

نسبت کشت Sowing ratio	ترکیب ارقام Cultivars combination	تعداد ردیف در بلال Number of row per ear	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۱۰۰٪ ذرت - صفر٪ سویا 100 % maize - 0 % soybean	M1S1	13.2 ^c	245 ^c	6671 ^a	13614 ^d	49 ^a
	M1S2	14 ^b	247 ^c	6600 ^a	13750 ^d	48 ^a
	M2S1	15.2 ^a	271 ^a	6843 ^a	16690 ^a	41 ^b
	M2S2	15 ^a	277 ^a	6751 ^a	16074 ^{ab}	42 ^b
۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا 75 % maize - 25 % soybean	M1S1	14 ^b	239 ^d	5453 ^{cd}	13982 ^d	39 ^{bc}
	M1S2	15.2 ^{ab}	264 ^b	5700 ^c	13571 ^{de}	42 ^b
	M2S1	15.2 ^{ab}	278 ^a	6213 ^b	16792 ^a	37 ^{cd}
	M2S2	16 ^a	271 ^a	6060 ^b	16833 ^a	36 ^{cd}
۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا 50 % maize - 50 % soybean	M1S1	13 ^c	244 ^c	4475 ^{ef}	13561 ^{de}	33 ^{de}
	M1S2	13.2 ^c	269 ^{ab}	4721 ^{de}	13885 ^d	34 ^{de}
	M2S1	16 ^a	268 ^{ab}	5249 ^{cd}	14581 ^c	36 ^{cd}
	M2S2	16.2 ^a	270 ^a	4908 ^d	15832 ^b	31 ^e
۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا 25 % maize - 75 % soybean	M1S1	14.2 ^b	244 ^c	4244 ^f	13690 ^d	31 ^e
	M1S2	13 ^c	272 ^a	4342 ^f	13158 ^e	33 ^{de}
	M2S1	16.2 ^a	272 ^a	4901 ^d	13614 ^d	36 ^{cd}
	M2S2	15 ^a	263 ^b	4918 ^d	12610 ^f	39 ^{bc}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

M1 و M2: ارقام ذرت (Ossk713 و Ns640).

S1 و S2: ارقام سویا (ویلیامز و سحر).

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range test.

M1 and M2: Maize cultivars (Ossk713 and Ns640, respectively).

S1 and S2: Soybean cultivars (Viliamz and Sahar, respectively).

در افزایش عملکرد ماده خشک بیشتر از سایر گیاهان لگوم موجود در مخلوط بوده که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (Wall *et al.*, 1991; Anil *et al.*, 1998). به عقیده رستمی و همکاران (Rostami *et al.*, 2010) در کشت مخلوط اثرات تسهیل‌کنندگی گیاهان سبب افزایش رشد و تولید هر کدام از اجزای مخلوط شده است. در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، افزایش پوشش زمین، سرعت رشد اولیه و رقابت برون گونه‌ای بالاتر، همراه با اثر

نیروژن از طریق تثبیت زیستی توسط سویا نسبت داد. با توجه به اینکه نیترژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه تجمع ماده خشک گیاهان است، بنابراین حضور سویا در کنار ذرت به افزایش تجمع ماده خشک کل در تاج پوشش گیاهی کشت مخلوط منجر شده و از این طریق میزان تولید زیست‌توده ذرت افزایش یافته است. برخی از محققین عنوان نمودند که در تیمارهای کشت مخلوط، سهم نسبی ذرت

در هر دو سال آزمایش با افزایش تعداد بوته سویا در کشت مخلوط تعداد غلاف در بوته نیز افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین تعداد غلاف در بوته در کشت خالص سویا به دست آمد. در سال ۱۳۹۲ و در همه تیمارهای نسبت دو گیاه ذرت و سویا در مخلوط، بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به رقم ویلیامز سویا و در ترکیب با رقم Osk713 ذرت (به تعداد ۶۱ عدد در بوته) بود (جدول ۵). در سال ۱۳۹۳، تعداد غلاف در بوته در رقم ویلیامز بیشتر از رقم سحر و در ترکیب با رقم Osk713 ذرت معادل ۶۹ غلاف در بوته بود. این نتایج بیانگر برتری رقم ویلیامز سویا نسبت به رقم سحر از نظر تعداد غلاف در بوته می باشد (جدول ۶).

به طور کلی توسعه بیشتر شاخه های فرعی، بسته شدن سریع تر پوشش گیاهی و افزایش جذب نور، باعث افزایش تعداد غلاف های سویا می شود (Board, 2001). در این ارتباط، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008)

تکمیل کنندگی گونه ها، موجب بهبود توانایی رقابت کانوپی مخلوط و افزایش عملکرد گیاهان مخلوط می شود (Rezends & Ramalho, 1994; Banik et al., 2006; Chimonyo et al., 2016). بر اساس این نتایج می توان بیان نمود که نسبت کشت دو گیاه در سیستم مخلوط به صورت ذرت ۷۵- سویا ۲۵ نسبت به سایر سیستم های مخلوط از نظر تولید زیست توده دارای برتری بوده و با توجه به برتری رقم Ns640 در مخلوط نسبت به رقم Osk713 می توان عنوان نمود که تنوع گونه ای و ژنتیکی سبب افزایش کارایی سیستم های مخلوط شده است.

عملکرد و اجزای عملکرد سویا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو سال اجرای آزمایش، اثر ترکیب کشت، نسبت ارقام در مخلوط و اثر متقابل ترکیب کشت و نسبت ارقام در مخلوط بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد سویا در کشت مخلوط با ذرت

Table 4. Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of soybean in intercropping with maize

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته		وزن هزار دانه		عملکرد دانه	
		Number of. pod per plant		1000-seed weight		Seed yield	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014
بلوک Block	3	981**	869**	71593*	81354**	516387*	426971**
ترکیب ارقام Cultivars combination (C)	3	1083**	927**	81618**	104265**	697236*	853218**
خطای اصلی Main error	9	81.75	55.24	9726	6872	82480	45692
نسبت کشت Sowing ratio (S)	4	828**	736**	75634**	99256*	839177**	1123698**
C × S	12	936**	1020**	119656**	128947**	489361**	589361**
خطای فرعی Sub error	48	98.32	65.32	6941	8269	91736	75695

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and **: significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

۱۳۳ گرم در تیمار نسبت کشت ذرت ۰-سویا ۱۰۰ و در رقم ویلیامز ذرت در ترکیب با رقم Osk713 مشاهده شد (جدول‌های ۵ و ۶). این نتایج بیان می‌دارد که نسبت کشت دو گیاه در مخلوط و همچنین نوع رقم ذرت و سویا کشت شده در مخلوط دارای اثرات معنی‌داری بر وزن هزار دانه سویا می‌باشد؛ به طوری که با کاهش نسبت گیاهان سویا در کشت مخلوط از این میزان کاسته شد. همچنین ارقام سویا در تیمارهای کشت همراه با رقم Osk713 ذرت دارای وزن هزار دانه بالاتری نسبت به تیمارهای کشت مخلوط با رقم Ns640 بودند (جدول‌های ۵ و ۶). کاهش وزن هزار دانه و همچنین تعداد دانه در غلاف در گیاه سویا در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی ناشی از کاهش منابع محیطی در دسترس می‌باشد؛ زیرا با افزایش تعداد بوته ذرت در کشت مخلوط و به دلیل ارتفاع بالاتر ذرت، سایه‌اندازی روی بوته‌های سویا بیشتر شده در نتیجه سرعت پر شدن دانه‌ها کاهش می‌یابد. بانیک و همکاران (Banik et al., 2003) نیز عنوان نمودند که در نتیجه افزایش جذب نور توسط پوشش گیاهی و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی بالاتر، تخصیص مواد فتوسنتزی به مخازن (دانه‌ها) بیشتر شده که می‌تواند باعث افزایش وزن دانه‌ها شود. در هر دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ میزان عملکرد دانه سویا با افزایش نسبت بوته‌های سویا در کشت مخلوط افزایش یافت؛ به طوری که بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار کشت خالص سویا حاصل شد (جدول‌های ۵ و ۶). در هر دو سال، در تیمار کشت ذرت ۷۵-سویا ۲۵،

در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش نمودند که بیشترین تعداد غلاف در بوته در سیستم کشت خالص لوبیا حاصل شد. آن‌ها بیان کردند که با کاهش تعداد بوته‌های لوبیا در کشت مخلوط تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف کاهش یافت. به عقیده آن‌ها این کاهش در اثر سایه‌اندازی ذرت روی گیاه لوبیا بوده است که با نتایج حاصل این مطالعه مطابقت دارد. در این مطالعه نیز افزایش رقابت بین گونه‌ای در کسب نور و سایر منابع با کاهش تعداد بوته‌های سویا در کشت مخلوط احتمالاً سبب کاهش تعداد غلاف در بوته سویا شده است. منصور (Mansoori, 2011) نیز در تحقیق خود به نتایج مشابهی دست یافت. وی بیان داشت که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار کشت خالص به دست آمد و در کشت مخلوط نیز با کاهش ردیف‌های کاشت سویا و افزایش ردیف‌های کاشت ذرت و در نتیجه سایه‌اندازی بیشتر ذرت بر سویا، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت.

وزن هزار دانه سویا در هر دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با افزایش نسبت سویا در کشت مخلوط روند افزایشی داشت و هر چه نسبت گیاه سویا در کشت مخلوط افزایش یافت، میزان وزن هزار دانه سویا نیز بیشتر شد (جدول‌های ۵ و ۶). در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، کمترین وزن هزار دانه (به ترتیب به میزان ۹۲ و ۸۸ گرم) مربوط به رقم سحر سویا در ترکیب با رقم Ns640 با نسبت ذرت ۷۵-سویا ۲۵ به دست آمد. در هر دو سال نیز بیشترین وزن هزار دانه به ترتیب برای سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به میزان ۱۳۰ و

سویا در ترکیب‌هایی که رقم ویلیامز در آن‌ها کشت شده بیشتر بود؛ به طوری که بیشترین میزان عملکرد دانه در ترکیب رقم Osk713 ذرت و رقم ویلیامز سویا به دست آمد (جدول های ۵ و ۶). این نتایج بیان می‌دارد که رقم ویلیامز سویا در کشت مخلوط کارایی بیشتری داشته و اگر در ترکیب با رقم Osk713 ذرت کشت گردد، میزان عملکرد بیشتری تولید خواهد نمود. این امر احتمالاً به دلیل ارتفاع کمتر رقم Osk713 نسبت به رقم Ns640 می‌باشد که سبب شده سایه‌اندازی بوته‌های ذرت بر روی بوته‌های سویا کمتر شده و میزان رشد رویشی و عملکرد آن در سیستم مخلوط افزایش یابد. در ارزیابی رقابت بین گونه‌ای در مخلوط‌های ارقام پابلند و پاکوتاه گندم بهاره نیز مشخص شد که کشت مخلوط نه تنها باعث افزایش عملکرد نمی‌شود، بلکه عملکرد مخلوط‌ها را نسبت به کشت خالص کاهش می‌دهد که دلیل این کاهش رقابت بین ارقام است (Martin and Alexander, 1986).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو سال، اثر ترکیب کشت، نسبت ارقام و همچنین اثر متقابل ترکیب کشت و نسبت ارقام بر درصد نیتروژن، پروتئین و فیبر خام معنی‌دار بود (جدول ۷).

میزان نیتروژن موجود در زیست‌توده گیاه سویا در هر دو سال زراعی با افزایش تعداد بوته‌های سویا در کشت مخلوط افزایش یافت. بیشترین میزان نیتروژن در زیست‌توده در تیمار ذرت ۲۵-سویا ۷۵ و کشت خالص سویا حاصل شد (جدول های ۸ و ۹). در هر دو سال ۹۲ و

بالاترین میزان عملکرد دانه در رقم ویلیامز سویا در ترکیب با رقم Osk713 ذرت به ترتیب به میزان ۸۷۳ و ۱۱۶۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که این میزان در تیمار کشت خالص سویا به ترتیب ۲۷۹۰ و ۳۱۸۷ کیلوگرم در هکتار بود. با این وجود، در همه تیمارهای نسبت کشت دو گیاه، میزان عملکرد دانه در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۹۲ بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که در هر دو سال آزمایش و در تیمارهای نسبت کشت مخلوط دو گیاه، میزان عملکرد دانه در رقم ویلیامز بالاتر از رقم سحر بود (جدول های ۵ و ۶). با توجه به اینکه بیشترین میزان عملکرد دانه در سویا در کشت خالص به دست آمد، می‌توان نتیجه گرفت که تعداد دانه در غلاف نیز که در این تیمار بیشترین میزان بود، دارای اثر مثبتی بر افزایش میزان عملکرد دانه می‌باشد. در این ارتباط، آزیسی و همکاران (Azisi et al., 1997) بیان داشتند که بین تعداد دانه در غلاف و میزان عملکرد دانه رابطه مستقیمی وجود دارد. در نتیجه، به نظر می‌رسد که با افزایش رشد گیاهان ذرت، برگ‌های بالایی جامعه گیاهی موجب سایه‌اندازی بر روی برگ‌های سویا شده که این امر به نوبه خود، عملکرد سویا در مخلوط را کاهش می‌دهد. در مجموع، نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش نسبت ذرت در کشت مخلوط اثر منفی بر میزان عملکرد سویا گذاشته و با توجه به اینکه ذرت یک گیاه ۴ کربنه می‌باشد، از منابع موجود به نحو مطلوب‌تری استفاده نموده و از این طریق میزان عملکرد دانه در سویا کاهش یافته است. در هر دو سال زراعی، میزان عملکرد دانه

جدول ۵- اثرات متقابل نسبت کشت و ارقام بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در کشت مخلوط با ذرت (سال ۱۳۹۲)
Table 5. Interaction effect of sowing ratio and cultivars on yield and yield components of soybean in intercropping with maize (2013)

نسبت کشت Sowing ratio	ارقام Cultivars	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)
۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا 75 % maize - 25 % soybean	M1S1	44 ^c	98 ^d	873 ^f
	M1S2	38 ^d	93 ^{de}	750 ^{ef}
	M2S1	39 ^d	93 ^{de}	814 ^f
	M2S2	40 ^d	90 ^e	609 ^e
۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا 50 % maize - 50 % soybean	M1S1	52 ^b	120 ^b	1265 ^d
	M1S2	45 ^c	115 ^{bc}	1200 ^{de}
	M2S1	48 ^{bc}	115 ^{bc}	1329 ^d
	M2S2	44 ^c	95 ^d	1146 ^e
۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا 25 % maize - 75 % soybean	M1S1	57 ^a	124 ^{ab}	2715 ^a
	M1S2	44 ^c	117 ^{bc}	1972 ^c
	M2S1	52 ^b	118 ^{bc}	2441 ^b
	M2S2	48 ^{bc}	97 ^d	2431 ^b
صفر٪ ذرت - ۱۰۰٪ سویا 0 % maize - 100 % soybean	M1S1	58 ^a	130 ^a	2790 ^a
	M1S2	50 ^b	121 ^b	2303 ^{bc}
	M2S1	61 ^a	126 ^a	2698 ^{ab}
	M2S2	51 ^b	108 ^c	2719 ^a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

M1 و M2: ارقام ذرت (Ossk713 و Ns640).

S1 و S2: ارقام سویا (ویلیامز و سحر).

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range test.

M1 and M2: Maize cultivars (Ossk713 and Ns640, respectively).

S1 and S2: Soybean cultivars (Viliamz and Sahar, respectively).

ریشه لگوم و غیر لگوم در انتقال نیتروژن تثبیت شده توسط لگوم‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Fujita *et al.*, 1990; Mardani & Balouch, 2015). در این راستا چوجو و دایمون (Chujo & Daimon, 1984) گزارش کردند که وقتی بقولات و علف‌های چمنی به‌صورت مخلوط کشت می‌شوند، ترکیبات نیتروژنه آزاد شده توسط گره‌ها و ریشه‌های بقولات به سرعت توسط علف‌های چمنی جذب می‌شود.

۹۳ بیشترین میزان نیتروژن زیست‌توده به میزان ۴/۹ درصد در ترکیب ارقام Ossk713 ذرت و ویلیامز سویا و کشت خالص سویا حاصل شد (جدول های ۸ و ۹). به نظر می‌رسد که افزایش تعداد بوته‌های ذرت در کشت مخلوط با سایه‌اندازی و اثر منفی بر رشد بوته‌های سویا و همچنین مصرف بخشی از نیتروژن تثبیت شده توسط این گیاه سبب کاهش درصد نیتروژن در زیست‌توده سویا شده است.
در سیستم‌های کشت مخلوط، فاصله بین

جدول ۶- اثرات متقابل نسبت کشت و ارقام بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در کشت مخلوط با ذرت (سال ۱۳۹۳)

Table 6. Interaction effect of sowing ratio and cultivars on yield and yield components of soybean in intercropping with maize (2014)

نسبت کشت Sowing ratio	ارقام Cultivars	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)
۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا 75 % maize - 25 % soybean	M1S1	40 ^c	107 ^c	1164 ^{ef}
	M1S2	39 ^c	95 ^f	807 ^g
	M2S1	43 ^{de}	96 ^f	905 ^{fg}
	M2S2	47 ^d	88 ^g	733 ^g
۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا 50 % maize - 50 % soybean	M1S1	55 ^c	129 ^b	1518 ^d
	M1S2	48 ^d	117 ^{cd}	1356 ^{de}
	M2S1	50 ^{cd}	115 ^d	1204 ^e
	M2S2	48 ^d	96 ^f	1210 ^e
۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا 25 % maize - 75 % soybean	M1S1	53 ^c	127 ^b	2715 ^b
	M1S2	47 ^d	121 ^c	1447 ^d
	M2S1	53 ^c	119 ^c	2572 ^c
	M2S2	55 ^c	97 ^f	2677 ^{bc}
صفر٪ ذرت - ۱۰۰٪ سویا 0 % maize - 100 % soybean	M1S1	69 ^a	133 ^a	3178 ^a
	M1S2	55 ^c	127 ^b	2516 ^c
	M2S1	68 ^a	126 ^b	2962 ^{ab}
	M2S2	61 ^b	109 ^c	2719 ^b

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

M1 و M2: ارقام ذرت (Ossk713 و Ns640).

S1 و S2: ارقام سویا (ویلیامز و سحر).

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range test.

M1 and M2: Maize cultivars (Ossk713 and Ns640, respectively)

S1 and S2: Soybean cultivars (Viliamz and Sahar, respectively)

به طور کلی لگوم هایی مانند سویا به دلیل توانایی در تثبیت نیتروژن توسط باکتری های ریزوبیوم وابستگی کمتری به نیتروژن خاک داشته و به جز در مراحل اولیه رشد، در سایر مراحل وابستگی آن ها به نیتروژن خاک اندک است (Rotaru & Sinclair, 2009; Carter & Tegeder, 2016). این رو بالاتر بودن نیتروژن در رقم ویلیامز را می توان نتیجه توان ژنتیکی این رقم در جذب از خاک و ذخیره بیشتر نیتروژن در بافت های خود

در هر دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، درصد نیتروژن در رقم ویلیامز سویا بالاتر از رقم سحر بود. در سال ۱۳۹۲ درصد نیتروژن در تیمارها در محدوده ۳/۷ تا ۴/۹ درصد قرار داشت که این میزان برای سال ۱۳۹۳ بین ۴ تا ۴/۹ درصد بود (جدول های ۸ و ۹). در این مطالعه نیز رقم ویلیامز سویا در همه تیمارهای کشت مخلوط دارای میزان نیتروژن بیشتری بوده و احتمالاً دلیل این امر کارایی بالاتر این رقم در تثبیت نیتروژن می باشد.

دانست. نگرفت؛ به طوری که ارقام Osk713 و Ns640 ذرت اثری بر درصد پروتئین ارقام ویلیامز و سحر سویا نداشتند. این نتایج بیان داشت میزان پروتئین ارقام مختلف سویا به خصوصیات فیزیولوژیکی آنها مربوط شده و رقم ویلیامز از این نظر نسبت به رقم سحر دارای برتری می‌باشد (جدول های ۸ و ۹). نتایج این تحقیق با نتایج خداهامی و همکاران (Khodahami *et al.*, 2010) مطابقت داشت. هوگارد نیلسون و همکاران (Hauggard-Nielson *et al.*, 2001) نشان دادند که وقتی بقولات در کنار غلات به صورت کشت مخلوط قرار می‌گیرند، به دلیل اثر مکملی مثبت بین گونه‌ها، تثبیت نیتروژن افزایش یافته و در نتیجه تعداد گره‌های فعال افزایش می‌یابد. این امر سبب افزایش میزان پروتئین دانه در غلات می‌شود. در سال اول بیشترین درصد فیبر خام به میزان ۸ درصد در تیمار ذرت ۵۰-سویا ۵۰ در ترکیب

به‌طور کلی در هر دو سال زراعی، بیشترین میزان پروتئین نسبت به سایر تیمارها در تیمار ذرت ۵۰-سویا ۵۰ حاصل شد (جدول های ۸ و ۹). نجفی و همکاران (Najafi *et al.*, 2013) در مطالعه خود بر روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیان نمودند که میزان پروتئین لوبیا در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش یافت. در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی توسط محمد و همکاران (Muhammad *et al.*, 2006) مشخص شد که اثر نوع کشت بر غلظت پروتئین خام ذرت معنی‌دار بود و با افزایش نسبت کاشت لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط، غلظت پروتئین خام ذرت افزایش یافت. در هر دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، درصد پروتئین در رقم ویلیامز بالاتر از رقم سحر بود (جدول های ۸ و ۹). درصد پروتئین در ارقام سویا تحت تأثیر کشت این رقم با ارقام مختلف ذرت قرار

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به غلظت نیتروژن دانه، پروتئین و فیبر خام دانه سویا در کشت مخلوط با ذرت
Table 7. Analysis of variance (mean of squares) for nitrogen, protein and fiber contents of soybean seed in intercropping with maize

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد نیتروژن Nitrogen percentage		درصد پروتئین Protein percentage		درصد فیبر خام Fiber percentage	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014
بلوک Block	3	41.68**	63.82**	428**	752**	191.09*	129.74**
ترکیب ارقام Cultivars combination(C)	3	76.85**	84.36**	619**	493**	84.28**	96.28**
خطای اصلی Main error	9	9.11	12.33	96.18	118.57	18.36	16.58
نسبت کشت Sowing ratio (S)	4	85.36**	95.14**	1129**	982**	121.06**	146.82*
C × S	12	92.14**	73.91**	589**	742**	119.28**	127.69**
خطای فرعی Sub error	48	11.61	14.85	119.74	91.62	23.46	21.34

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and **: Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

رقم ویلیامز با ارقام Osk713 و Ns640 ذرت و کشت خالص سویا حاصل شد؛ در حالی که در سال دوم، بیشترین درصد فیبر خام به میزان ۸ درصد در ترکیب رقم ویلیامز با ارقام Osk713 و Ns640 ذرت و در کشت خالص سویا به دست آمد (جدول های ۸ و ۹). به نظر می رسد افزایش میزان فیبر در کشت خالص مربوط به افزایش نور دریافتی توسط سویا و تشکیل شدن بیشتر فیبر در دیواره سلولی باشد. در مطالعه کشت مخلوط گرامینه و لگوم، گزارش شده است که درصد فیبر در لگومها بیشتر از گرامینهها بود و با افزایش درصد لگوم در ترکیب میزان فیبر آنها کاهش یافت (Lithourgidis et al., 2006). همچنین در بررسی کشت مخلوط ذرت و ماش، بیشترین درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی از کشت خالص ماش بدون کنترل علفهای هرز و کمترین درصد از کشت خالص ذرت با کنترل علفهای هرز

جدول ۸- اثرات متقابل نسبت کشت و ارقام بر درصد نیتروژن، درصد پروتئین و مقدار فیبر خام دانه سویا در کشت مخلوط با ذرت (سال ۱۳۹۲)

Table 8. Interaction effect of sowing ratio and cultivars on nitrogen, protein and fiber contents of soybean seed in intercropping with maize (2013)

نسبت کشت Sowing ratio	ارقام Cultivars	درصد نیتروژن Nitrogen percentage	درصد پروتئین Protein percentage	درصد فیبر خام Fiber percentage
۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا 75 % maize - 25 % soybean	M1S1	3.7 ^{bc}	23.1 ^{cd}	6.9 ^b
	M1S2	2.3 ^{de}	14.4 ^{ef}	5 ^d
	M2S1	4.5 ^{ab}	28.1 ^{ab}	7.1 ^b
	M2S2	2.5 ^{de}	15.6 ^e	4.9 ^d
۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا 50 % maize - 50 % soybean	M1S1	4.7 ^a	29.4 ^a	8 ^a
	M1S2	2.9 ^{cd}	18.1 ^{de}	4.9 ^d
	M2S1	4.5 ^{ab}	28.1 ^{ab}	8 ^a
	M2S2	2.7 ^d	16.9 ^e	5 ^d
۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا 25 % maize - 75 % soybean	M1S1	4 ^b	25.0 ^c	7 ^b
	M1S2	3.2 ^c	20.0 ^d	5 ^d
	M2S1	4.9 ^a	30.6 ^a	6.9 ^b
	M2S2	1.8 ^f	11.3 ^f	4 ^c
صفر٪ ذرت - ۱۰۰٪ سویا 0 % maize - 100 % soybean	M1S1	4.9 ^a	30.6 ^a	8 ^a
	M1S2	2.2 ^e	13.8 ^{ef}	6 ^c
	M2S1	4.1 ^b	25.6 ^{bc}	8 ^a
	M2S2	2.4 ^{de}	15.0 ^e	6 ^c

در هر ستون میانگینهای دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

M1 و M2: ارقام ذرت (Osk713 و Ns640).

S1 و S2: ارقام سویا (ویلیامز و سحر).

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range test.

M1 and M2: Maize cultivars (Osk713 and Ns640, respectively).

S1 and S2: Soybean cultivars (Viliamz and Sahar, respectively).

جدول ۹- اثرات متقابل نسبت کشت و ارقام بر درصد نیتروژن، درصد پروتئین و مقدار فیبر خام دانه سویا در

کشت مخلوط با ذرت (سال ۱۳۹۳)

Table 9. Interaction effect of sowing ratio and cultivars on nitrogen, protein and fiber contents of soybean seed in intercropping with maize (2014)

نسبت کشت Sowing ratio	ارقام Cultivars	درصد نیتروژن Nitrogen percentage	درصد پروتئین Protein percentage	درصد فیبر خام Fiber percentage
۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا 75 % maize - 25 % soybean	M1S1	4.8 ^a	30.0 ^a	8 ^a
	M1S2	1.7 ^c	10.6 ^c	4 ^d
	M2S1	4.4 ^b	27.5 ^{ab}	8 ^a
	M2S2	2.9 ^d	18.1 ^c	4.9 ^c
۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا 50 % maize - 50 % soybean	M1S1	4.1 ^{bc}	25.6 ^b	7 ^b
	M1S2	2.8 ^d	17.5 ^{cd}	4.9 ^c
	M2S1	4.6 ^{ab}	28.8 ^a	7.9 ^a
	M2S2	3 ^d	18.8 ^c	4.9 ^c
۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا 25 % maize - 75 % soybean	M1S1	4.7 ^a	29.4 ^a	8 ^a
	M1S2	1.9 ^c	11.9 ^c	4 ^d
	M2S1	4 ^c	25.0 ^b	6.9 ^b
	M2S2	1.8 ^c	11.3 ^c	4 ^d
صفر٪ ذرت - ۱۰۰٪ سویا 0 % maize - 100 % soybean	M1S1	4.9 ^a	30.6 ^a	8 ^a
	M1S2	1.8 ^c	11.3 ^c	4 ^d
	M2S1	4.7 ^a	29.4 ^a	8 ^a
	M2S2	2.7 ^d	16.9 ^d	5 ^c

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

M1 و M2: ارقام ذرت (Ossk713 و Ns640).

S1 و S2: ارقام سویا (ویلیامز و سحر).

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range test.

M1 and M2: Maize cultivars (Ossk713 and Ns640, respectively).

S1 and S2: Soybean cultivars (Viliamz and Sahar, respectively).

درصد فیبر خام در رقم ویلیامز در ترکیب با ارقام Osk713 و Ns640 ذرت بالاتر از رقم سحر سویا می‌باشد.

نسبت برابری زمین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بر نسبت برابری زمین در سویا و نسبت برابری زمین کل (ذرت + سویا) معنی‌دار بود؛ ولی اثر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین در ذرت نداشت. همچنین اثر ترکیب کشت، نسبت ارقام و اثر متقابل این دو عامل بر نسبت برابری زمین

حاصل شد (Nakhzari Moghaddam *et al.*, 2009).

مقدار فیبر خام نیز در هر دو سال آزمایش تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت دو گیاه ذرت و سویا در کشت مخلوط قرار نگرفت. همانند درصد پروتئین در هر دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، مقدار فیبر خام در تیمارهای M1S1 و M2S1 بیشتر از دو تیمار دیگر بود (جدول‌های ۸ و ۹). این نتایج بیان می‌دارد که صرف‌نظر از اثر تیمار نسبت کشت دو گیاه در مخلوط،

جدول ۱۰- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت - سویا

Table 10. Analysis of variance (mean of squares) for land equivalent ratio in maize - soybean intercropping.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	LER _M	LER _S	LER _T
سال Year (Y)	1	0.05 ^{NS}	0.04 ^{NS}	0.07 ^{NS}
بلوک در سال Block in year	6	0.05	0.04	0.06
ترکیب ارقام Cultivars combination (C)	3	0.21*	0.35*	0.73*
Y × C	3	0.04 ^{NS}	0.05 ^{NS}	0.09 ^{NS}
خطای اصلی Main error	18	0.03	0.04	0.11
نسبت کشت Sowing ratio (S)	4	0.33**	0.27**	0.69**
Y × S	4	0.42**	0.38**	0.75**
C × S	12	0.35**	0.39**	0.64**
Y × C × S	12	0.04 ^{NS}	0.03 ^{NS}	0.08 ^{NS}
خطای فرعی Sub error	96	0.05	0.03	0.09

*, **, و^{NS}: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی دار.

LER_M و LER_S: به ترتیب نسبت برابری زمین در ذرت و سویا.

*, **, and ns: significant at the 0.05 and 0.01 probability levels and no significant, respectively.

LER_M and LER_S: partial LER in maize and soybean, respectively. LER_T: LER_M + LER_S.

منابع، احتمالاً گونه ها نسبت به مواجهه با شرایط محیطی از منابع موجود با کارایی بیشتری استفاده می کنند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) نیز در مطالعه بر روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیان نمودند که نسبت برابری زمین تنها در نسبت مخلوط ۵۰ درصد بیشتر از یک بود. به نظر آنها دلیل این افزایش، حداکثر بهره برداری از نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا و دسترسی بیشتر به نور می باشد.

در مورد سویا نیز نتایج نشان داد با افزایش بوته های سویا در کشت مخلوط نسبت برابری زمین افزایش یافت؛ ولی بالاترین نسبت برابری زمین به میزان ۰/۹۴ در ترکیب رقم Ns640 ذرت و رقم سحر سویا با نسبت ذرت ۲۵- سویا ۷۵ حاصل شد (جدول ۱۱). این نتایج نشان

در ذرت، سویا و نیز نسبت برابری زمین کل معنی دار بود (جدول ۱۰).

به جز کشت خالص ذرت میزان نسبت برابری زمین ذرت در تیمارهای کشت ذرت ۷۵- سویا ۲۵ نسبت به سایر تیمارها بیشترین میزان بود و در بین این تیمارها نیز ترکیب ارقام Ns640 ذرت و رقم ویلیامز سویا دارای بیشترین نسبت برابری زمین به میزان ۰/۹۴ بود (جدول ۱۱). همچنین در بین نسبت های کشت ذرت و سویا، کاشت ارقام Ns640 ذرت و ویلیامز سویا سبب افزایش نسبت برابری زمین در ذرت شد (جدول ۱۱). این افزایش می تواند به دلیل زودرسی رقم ویلیامز و در نتیجه استفاده بیشتر رقم Ns640 ذرت از منابع باشد. از طرفی، به نظر می رسد که همگام با کاهش عملکرد یک گونه و یا محدودیت

جدول ۱۱- اثرات متقابل نسبت کشت و ارقام بر نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت - سویا

Table 11. Interaction effect of sowing ratio and cultivars on land equivalent ratio in maize - soybean intercropping.

نسبت کشت Sowing ratio	ارقام Cultivars	LER _M	LER _S	LER _T
۱۰۰٪ ذرت - ۰٪ سویا 100 % maize - 0 % soybean	M1S1	1.00 ^a	-	1.00 ^e
	M1S2	1.00 ^a	-	1.00 ^e
	M2S1	1.00 ^a	-	1.00 ^e
	M2S2	1.00 ^a	-	1.00 ^e
۷۵٪ ذرت - ۲۵٪ سویا 75 % maize - 25 % soybean	M1S1	0.87 ^{bc}	0.34 ^f	1.21 ^d
	M1S2	0.89 ^{bc}	0.32 ^f	1.21 ^d
	M2S1	0.94 ^{ab}	0.30 ^f	1.25 ^d
	M2S2	0.92 ^{ab}	0.25 ^f	1.17 ^d
۵۰٪ ذرت - ۵۰٪ سویا 50 % maize - 50 % soybean	M1S1	0.70 ^e	0.47 ^{de}	1.17 ^{cd}
	M1S2	0.74 ^{de}	0.53 ^d	1.27 ^d
	M2S1	0.82 ^{cd}	0.45 ^{de}	1.27 ^d
	M2S2	0.74 ^d	0.43 ^e	1.18 ^d
۲۵٪ ذرت - ۷۵٪ سویا 25 % maize - 75 % soybean	M1S1	0.68 ^e	0.91 ^b	1.57 ^b
	M1S2	0.71 ^e	0.71 ^c	1.42 ^c
	M2S1	0.74 ^{de}	0.88 ^b	1.62 ^{ab}
	M2S2	0.74 ^{de}	0.94 ^{ab}	1.68 ^a
۰٪ ذرت - ۱۰۰٪ سویا 0 % maize - 100 % soybean	M1S1	-	1.00 ^a	1.00 ^d
	M1S2	-	1.00 ^a	1.00 ^e
	M2S1	-	1.00 ^a	1.00 ^e
	M2S2	-	1.00 ^a	1.00 ^e

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

M1 و M2: ارقام ذرت (Ossk713 و Ns640).

S1 و S2: ارقام سویا (ویلیامز و سحر).

LER_M و LER_S: به ترتیب نسبت برابری زمین در ذرت و سویا.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range test.

M1 and M2: Maize cultivars (Ossk713 and Ns640, respectively).

S1 and S2: Soybean cultivars (Viliamz and Sahar, respectively).

LER_M and LER_S: partial LER in maize and soybean, respectively. LER_T: LER_M + LER_S.

مشاهده گردید (جدول ۱۱). سفتچی و اولکر (Ciftci & Ulcer, 2005) در آزمایش خود بر روی تیمارهای مختلف کشت مخلوط عدس و جو و گندم نشان دادند که بیشترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط به دست آمد. همچنین در مطالعه پور امیر و همکاران (Pouramir

داد که در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، ترکیب رقم سحر سویا نسبت به رقم ویلیامز میزان شاخص برابری زمین بیشتری را دارا بود. از طرفی، بیشترین نسبت برابری زمین کل (معادل ۱/۶۸) در شرایط کشت ۲۵٪ ذرت رقم Ns640 (M2) و ۷۵٪ سویا رقم سحر (S2)

و در نتیجه افزایش نسبت برابری زمین در ذرت و سویا شده است.

(*et al.*, 2010) در ارتباط با الگوهای مختلف کشت مخلوط کنجد و نخود مشاهده شد که از نظر نسبت برابری زمین، کشت ردیفی در همه تیمارهای افزایشی بر تیمارهای جایگزینی برتری داشتند؛ اما در کشت درهم، تیمارهای جایگزینی نسبت برابری زمین بالاتری نسبت به تیمارهای افزایشی داشتند.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، افزایش بوته های ذرت در کشت مخلوط سبب افزایش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه شده و به دنبال آن عملکرد دانه نیز افزایش یافت. بالاترین میزان عملکرد دانه و زیست توده ذرت در تیمار کشت خالص ذرت حاصل شد. با توجه به اینکه در بین تیمارهای مخلوط بالاترین میزان عملکرد دانه در ذرت و سویا به ترتیب در تیمارهای ذرت ۷۵-سویا ۲۵ و سویا ۷۵-ذرت ۲۵ حاصل شد و عملکرد آنها با تیمار کشت خالص اختلاف معنی داری نداشت، می توان عنوان نمود که این تیمارها نسبت به تیمار کشت خالص دارای برتری بود که اساسا بدلیل استفاده بهینه از منابع و افزایش تنوع گونه ای بود. در بین ارقام ذرت رقم Osk713 و در بین ارقام سویا رقم سحر دارای برتری عملکرد بوده و استفاده از آنها در کشت مخلوط به دلیل عدم همزمانی رسیدگی سبب افزایش کارایی کشت های مخلوط شده که این افزایش به دلیل تنوع ژنتیکی ایجاد شده در مخلوط می باشد. با توجه به اینکه سویا سبب تثبیت بیولوژیکی نیتروژن شده و ذرت نیز از این نیتروژن استفاده بهینه را نموده است، کاشت این دو گیاه در کشت مخلوط سبب افزایش عملکرد

References

- Anil, L., Park, J., Phipps, R.H., and Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science*, 53: 301-317.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis, 17th ed. Gaithersburg, Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Azisi, K.K., Putnam, D.H., Vance, C.P., Russelle, M.P., and Allen, D.L. 1997. Strip intercropping and nitrogen effect on seed, oil and protein yields of canola and soybean. *Agronomy Journal*, 89: 23-39.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24: 325-332.
- Barker, S., and Dennett, M.D. 2013. Effect of density, cultivar and irrigation on spring sown monocrops and intercrops of wheat (*Triticum aestivum* L.) and faba beans (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*, 51: 108-116.
- Beheshti, A., and Soltanian, B. 2012. Assessment of inter-and intra- specific competition of sorghum-bean intercropping using reciprocal yield approach. *Seed and Plant*, 2: 1-17. (In Persian with English Summary).
- Bichel A., Oelbermann M., and Echarte L. 2017. Impact of residue addition on soil nitrogen dynamics in intercrop and sole crop agroecosystems. *Geoderma*, 304: 12-18.
- Board, J. 2001. Reduced lodging for soybean in low plant population is related to light quality. *Crop Science*, 41: 379-384.
- Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. *European Journal of Agronomy*, 12: 103-115.
- Carter, A.M., and Tegeder, M. 2016. Increasing Nitrogen fixation and seed development in soybean requires complex adjustments of nodule nitrogen metabolism and partitioning processes. *Current Biology*, 26: 2044-2051.
- Chen, X., Zhou, J., Wang, X., Blackmer, A.M., and Zhang, F. 2004. Optimal rates of nitrogen fertilization for a winter wheat-corn cropping system in Northern China. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35: 583-597.
- Chimonyo, V.G.P., Modi, A.T., and Mabhaudhi, T. 2016. Water use and productivity of a sorghum-cowpea-bottle gourd intercrop system. *Agricultural Water Management*, 165: 82-96.
- Chujo, H., and Daimon, H. 1984. Plant growth and fat of nitrogen in mixed cropping, intercropping and crop rotation, I. Growth acceleration of some temperate grasses in early stage of mixed cropping with red clover. *Journal*

- of Crop Science*, 53: 213-221.
- Ciftci, V., and Ulcer, M. 2005. Effect of mixed cropping lentil with wheat and barley at different seeding ratios. *Journal of Agronomy*, 4: 1-4.
- Coll, L., Cerrudo, A., Rizzalli, R., Monzon, J.P., and Andrade, F.H. 2012. Capture and use of water and radiation in summer intercrops in the south-east Pampas of Argentina. *Field Crops Research*, 134: 105-113.
- Eschie, H.A. 1992. Effect of planting density on growth and yield of irrigated maize (*Zea mays*) in Botina Coast region of Oman. *The Journal of Agricultural Science*, 119: 165-169.
- Fujita, K., Ogata, S., Matsumoto, K., Masuda, T., Ofosu-Budu, K.G., and Kuwata, K. 1990. Nitrogen transfer and dry matter production in soybean and sorghum mixed cropping system at different population densities. *Soil Science and Plant Nutrition*, 36: 233-241.
- Hauggard-Nielson, H., Ambus, P., and Jenson, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crops Research*, 70: 101-109.
- Inal, A., Gunes, A., Zhang, F., and Cakmak, I. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45: 350-356.
- Jones, G.A., and Gillett, J.L. 2005. Intercropping with sunflowers to attract beneficial insects in organic agriculture. *Florida Entomology*, 88: 91-96.
- Khodahami, G., Habibian, S.H., and Habibian, S.M. 2010. Evaluation of effect of seed different ratios on forage yield in intercropping barley (*Hordeum vulgare*) and mung bean (*Vicia villosa*). *Journal of Range Management*, 3: 79-89
- Koocheki, A., Gholami, A., Mahdavi Damghani, A., and Tabrizi, L. 2008. Organic Field Crop Handbook. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
- Koocheki, A., Lalehgani, B., and Najibnia, S. 2008. Valuation of productivity in bean and corn intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6: 605-614. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Seyyedi, S.M., and Gharaei, S. 2016. Evaluation of the effects of saffron-cumin intercropping on growth, quality and land equivalent ratio under semi-arid conditions. *Scientia Horticulturae*, 201: 190-198.
- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 99: 106-111.
- Manna, M.C., and Singh, M.V. 2001. Long- term effects of intercropping and biolitter recycling on soil biological activity and fertility status of subtropical

- soils. *Bioresource Technology*, 76: 143-150.
- Mansoori, I. 2011. Evaluating performance of corn (*Zea mays* L.) / soybean [*Glycine max* (L.) Merr] intercrop in different planting dates. *Electronic Journal of Crop Production*, 3: 209-216. (In Persian with English Summary).
- Mardani, F., and Balouch, H. 2015. Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of fenugreek and anise. *Journal of Agricultural science and sustainable production*, 25: 1-16. (In Persian with English Summary).
- Martin, G.M., and Alexander, W.L. 1986. Intergenotypic competition in biblends of spring wheat. *Canadaian Journal of Plant Science*, 66: 871-876.
- Monti, M., Pellicanò, A., Santonoceto, C., Preiti, G., and Prišteri A. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 196: 379-388.
- Morris, R.A., and Garrity, D.P. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: non-nitrogen nutrients. *Field Crops Research*, 34: 303-317.
- Muhammad, I., Rafig, M., Sultan, A., Akram, M., and Arifgoher, M. 2006. Green fodder yield and quality evolution of maize and cowpea sown alone and in combination. *Journal of Agricultural Research*, 44: 121-129.
- Najafi, N., Mostafaei, M., Dabbagh, A., and Oustan, S. 2013. Effect of intercropping and farmyard manure on the growth, yield and protein concentration of corn, bean and bitter vetch. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23: 99-115. (In Persian with English Summary).
- Nakhzari Moghaddam, A., chaeichi, M.R., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., Majnoon Hoseini, N., and Noorinia, A.A. 2009. The effects of corn (*Zea mays*) and green (*Vigna radiata*) in intercropping on yield, LER and some quality characteristics of forage. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40: 151-159. (In Persian with English Summary).
- Nassiri Mahalati, M., Koocheki, A., Rezvani, P., and Beheshti, A. 2009. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Jahan, M. 2010. Radiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8: 878-890. (In Persian with English Summary).
- Neugschwandtner, R.W., and Kau, H.-P. 2014. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. *Field Crops Research*, 155: 159-163.
- Nyoki, D., and Ndakidemi, P.A. 2018. Rhizobium inoculation reduces P and K fertilization requirement in corn-soybean intercropping. *Rhizosphere*, 5: 51-

56.

- Pouramir, F., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Ghorbani, R. 2010. Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8: 747-757. (In Persian with English Summary).
- Rezends, G.D.S.P., and Ramalho, M.A. 1994. Competitive ability of maize and common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars intercropped in different environments. *Journal of Agricultural Sciences*, 123: 185-190.
- Roostami, L., Mondani, F., Khuramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Effect of various corn and bean intercropping densities on weed populations. *Weed Research Journal*, 1: 37-50. (In Persian with English Summary).
- Rotaru, V., and Sinclair, T.R. 2009. Interactive influence of phosphorus and iron on nitrogen fixation by soybean. *Environmental and Experimental Botany*, 66: 94-99.
- Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., and Peyghambari, S.A. 2008. Effect of planting date and intercropping maize (*Zea mays* L.) and foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 10: 31-46. (In Persian with English Summary).
- Sumarno, S., and Fehr, W.R. 1980. Inter genotypic competition between determinate and indeterminate soybean cultivars in blend and alternate rows. *Crop Science*, 20: 251-254.
- Theunissen, J. 1997. Application of intercropping in organic agriculture. *Biological Agriculture and Horticulture*, 15: 250-259.
- Tomar, T.S., Mackenzie, A.F., Mehuys, G.R., and Ali, I. 1988. Corn growth with foliar nitrogen, soil applied nitrogen, and legume intercrops. *Agronomy Journal*, 80: 800-807.
- Tošti, G., and Guiducci, M. 2010. Durum wheat-faba bean temporary intercropping: Effects on nitrogen supply and wheat quality. *European Journal of Agronomy*, 33: 157-165.
- Wall, G.J., Pringle, E.A., and Sheaed, R.W. 1991. Intercropping red-clover with silage corn for soil erosion control. *Canadian Journal of Plant Science*, 71: 137-145.
- Yu, Y., Stomph, T.-J., Makowski, D., and van der Werf, W. 2015. Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 184: 133-144.

Effects of maize-soybean cultivars as replacement series in intercropping on yield and land equivalent ratio

Salma Kalantari Khandani¹, Alireza Koocheki², Mehdi Nassiri Mahallati²

1. PhD. Student, Agrotechnology Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (Corresponding author)
2. Professor, Agrotechnology Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Received: April 2018 Accepted: September 2018

Extended Abstract

Kalantari Khandani, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Effects of maize-soybean cultivars as replacement series in intercropping on yield and land equivalent ratio
Applied Research in Field Crops Vol 31, No. 2, 2018 4-6: 21-45(in Persian)

Introduction: Intercropping, growing two or more crop types or cultivars on one field, is considered as one of the most important agricultural operations that can improve the utilization of environmental resources through increased plant growth and yield. Diversity and stability of fields, reduction in chemical fertilizers application and nutrient availability such as biological nitrogen fixation, are considered as some of the benefits of intercropping. Hence, selection of legume cultivars in intercrops is important and should be taken into account. Also different intercropping patterns can improve biodiversity at species level (Monti *et al.*, 2016). *Maize is a crop that can be included in intercropping systems with various plants due to its high adaptability (Nassiri Mahallati et al., 2010). Soybean, due to its symbiotic relationship with Rhizobium japonicum bacteria and its nitrogen-fixing capability, can be particularly considered for intercropping systems (Nyoki & Ndakidemi, 2018). Therefore, intercropping mixtures of maize and soybean cultivars could be a suitable option to increase land use efficiency. The aim of this study was to investigate changes in yield, yield components and land equivalent ratio in maize and soybean mixed cropping based on replacement series under Mashhad climatic condition.*

Materials and Methods: The experiment was laid out as split-plot arrangement based on a randomized complete block design with four replications at research farm of agriculture college, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during 2013-2014 growing season. The main factor consisted of mixed culture of Williams and Sahar soybean cultivars with Ns640 and Osk713 maize cultivars and the sub factor comprised of intercropping row ratios of 100 % maize - 0 % soybean, 75 % maize - 25 % soybean, 50 % maize - 50 % soybean, 25 % maize - 75 % soybean, and 0 % maize - 100 % soybean, which had been designed based on the replacement series. Prior to determining grain and biological yields, 10 plants from the middle rows of each plot, leaving out the border rows, were randomly selected and then were used to measure some yield components of soybean (number of pods per plant and 1000-seed weight) and maize (number of rows per ear and 1000-seed weight). Before conducting combined analysis, error variance values across two years of the experiment was tested and the combined analysis of the traits was performed after ascertaining the homogeneity of the error variance. Thus, the data related to land equivalent ratio were subjected to combined analysis and the other data were separately analyzed. The Duncan Multiple Range Test (DMRT) at 5% probability level was used to compare the means of treatments

Results and Discussion: The results showed that mixed cropping combinations, ratio of maize and soybean cultivars in mixture and the interaction of combinations of intercrops and cultivars ratio significantly affected the number of rows per ear, 1000-seed weight, grain yield, biological yield and harvest index. During the 2013 and 2014 growing seasons, increasing the soybean ratio in intercrops led to a significant increase in 1000-seed weight of this plant.

Maize and soybean grain and biological yields were higher in their sole cropping than in the treatments involving the mixture of the cultivars of two crops. However, there was a drop in grain and biological yields of the crops as the proportion of each of the maize and soybean cultivars in the mixture decreased. The maize cv. Osk713 and soybean cv. Sahar had higher grain and biological yields among the various treatment combinations because of longer growing period. Between soybean cultivars, Williams has higher nitrogen, protein and crude fiber content as compared to Sahar cultivar. Maize and soybean harvest index in their sole cropping was more than the mixed cropping treatments. Also, during the both growing seasons, the highest protein content was obtained in 50 % maize - 50 % soybean treatment. Harvest index for both maize and soybean crops was higher in sole cropping than in intercropping. The highest total land equivalent ratio of 1.68 (maize + soybean) was recorded in 25% maize cv. Ns640 + 75% soybean cv. Sahar. The results of current experiment can emphasize the positive

aspects of maize-soybean intercropping in terms of increasing the utilization of environmental resources per cultivated area.

Keywords: Sowing ratio, Cultivars composition, Fiber percentage, Protein percentage.

References

- Monti, M., Pellicanò, A., Santonoceto, C., Preiti, G., and Prišteri A. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 196: 379-388.
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Jahan, M. 2010. Radiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8: 878-890. (In Persian with English Summary).
- Nyoki, D., and Ndakidemi, P.A. 2018. Rhizobium inoculation reduces P and K fertilization requirement in corn-soybean intercropping. *Rhizosphere*, 5: 51-56.