Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 50, No 3, Autumn 2019 (109-120)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.248035.654421

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۳، پائیز ۱۳۹۸ (ص۱۲۰-۱۰۹)

اثر نسبت‌های جایگزینی کشت مخلوط ذرت: سورگوم برعملکرد و اجزای عملکرد

مرضیه حسنوند[۱]، سید محمد باقر حسینی[۲*] و محمد رضا جهانسوز[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران

۳و۲. به ترتیب دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۰۲)

چکیده

نظام کشت مخلوط، با افزایش تعداد گونه‌ها در سطح، به‌عنوان یک راه‌حل برای افزایش تولید در کشاورزی پیشرفته پیشنهاد شده است. آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در مزرعه آموزشی پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع درکرج، در سال زراعی ۱۳۹۴، به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه ذرت آجیلی (رقم **KSC600**) و سورگوم علوفه‌ای (رقم پگاه)، در آرایش-های مختلف کشت مخلوط انجام شد. سری کشت مخلوط به‌صورت جایگزینی اعمال شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص سورگوم، تیمارهای کشت مخلوط ۷۵٪ذرت: ۲۵٪ سورگوم، ۵۰٪ذرت: ۵۰٪سورگوم، ۲۵٪ذرت: ۷۵٪سورگوم و کشت خالص ذرت بود. نتایج نشان داد که تیمارکشت خالص سورگوم، بیشترین عملکرد و مقدار علوفه و تیمار کشت مخلوط سورگوم ۷۵٪ : ذرت۲۵٪ بالاترین ارتفاع ساقه و تعداد برگ در ساقه را برای سورگوم تولید کردند. در گیاه ذرت آجیلی تیمار کشت خالص ذرت، بیشترین عملکرد دانه (۸.۸ تن در هکتار) و تیمار کشت مخلوط ۲۵٪ذرت: ۷۵٪سورگوم بالاترین طول بلال (۲۴ سانتی‌متر)، تعداد ردیف در بلال (۱۸)، تعداد دانه در ریف (۴۲) و وزن هزاردانه (۱۵۷گرم) را به‌دست آوردند. از شاخص نسبت برابری زمین (**LER**)، جهت ارزیابی سودمندی کشت مخلوط استفاده شد که مشخص شد عملکرد تحت تاثیر آرایش‌های کشت مخلوط قرار گرفته و بیشترین میزان شاخص برابری زمین **LER=1/8** در تیمار ۲۵٪ذرت: ۷۵٪سورگوم مشاهده گردید.با توجه به آنالیز داده‌های آزمایش، کشت مخلوط ذرت: سورگوم در شرایط آب و هوایی کرج نتایج مفیدی به‌دنبال خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: آرایش کشت، کشاورزی پایدار و نسبت برابری زمین.

Effect of replacing ratios of maize: sorghum intercropping on yield and yield components

Marzieh Hasanvand[1,2], Mohamad Bagher Hoseini[2*] and Mohamad Reza Jahansooz [2]
1. Former MSc student 2. Agronomy and Plant Breeding Department, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran
(Received: December 17, 2017 - Accepted: April 22, 2018)

ABSTRACT

Intercropping system, increasing species number at area, is offered as way to increase production in agriculture. In order to investigate yield and yield components of maize and sorghum at different intercropping pattern, a randomized complete block design with four replications was conducted at the College of Agriculture and Natural Resources of Karaj, University of Tehran during 2014. The plants used in this system were fodder sorghum (Pegah cultivar) and grain maize (KSC600 cultivar). An alternative intercropping system was applied. The treatments consisted of sorghum monoculture, 75% maize: 25% sorghum, 50% maize: 50% sorghum, 25% maize: 75% sorghum and maize monoculture. The results showed that monoculture of sorghum produced the highest yield and intercropping of 75% sorghum: 25% maize produced the highest stem height and number of leaves per stem for sorghum. In maize, monoculture treatment obtained the highest grain yield (8.8 ton/ha) and 25% maize: 75% sorghum intercropping obtained the highest ear length (24 cm), number of rows per ear (18), number of seeds per row (42), and 1000 grain weight (157 g). LER was used to evaluate the efficiency of intercropping. The results showed that the index was affected by intercropping ratios. The highest level of LER = 1.8 was calculated in 25% maize: 75% sorghum. According to experiment data analysis, intercropping of maize: sorghum has useful resuls under Karaj climate.

Key words: KSC600 cultivar, LER, Pegah cultivar, planting array, sustainable agriculture.

*** Corresponding author E-mail: bhosseini@ut.ac.ir**

مقدمه

بازیابی تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و مدیریت کارآمد آن یکی از راهکارهای مهم در کشاورزی پایدار است. کشت مخلوط به‌عنوان یک نمونه از سامانه‌های کشاورزی پایدار، اهدافی مانند بالانس اکولوژیکی، استفاده کارآمدتر از منابع و افزایش حاصلخیزی خاک را دنبال می‌کند (**Dahmardeh & Hodiani, 2016**). کشت مخلوط یکی از روش‌های کشاورزی رایج در بسیاری از کشورهای جهان مانند چین، آلمان، برزیل، هند و پاکستان می‌باشد (**Li *et al*., 2017**). سیستم-های کشت مخلوط الگویی مناسب و عملی برای افزایش تولید درکشاورزی می‌باشد. کشت مخلوط سیستمی است که در آن با تلفیق نیازهای اکولوژیکی، دو یا چند گونه زراعی سازگار با محیط که دارای نیازهای متفاوتی می‌باشند، از منابع موجود مانند آب، انرژی تشعشع خورشیدی و عناصر غذایی به نحو مطلوبی بهره‌برداری می‌گردد. در کشت مخلوط اختلاف مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین گونه‌ها باعث می‌شود تا آنها آشیان‌های اکولوژیک متفاوتی را اشغال نمایند و در نتیجه رقابت بین‌گونه‌ای کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای گردد و در مجموع عملکرد افزایش یابد. برتری بیولوژیک زراعت مخلوط، نتیجه استفاده کامل-تر از منابع است. اگر اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط در نحوه استفاده از منابع محیطی متفاوت باشند از منابع به‌طور مؤثرتری استفاده می‌کنند و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (**Mazaheri, 2009**). نظام کشت مخلوط، با افزایش تعداد گونه‌ها در واحد سطح، به‌عنوان یک راه‌حل پایدار برای افزایش تولید درکشاورزی پیشرفته پیشنهاد شده است (**Bedoussac *et al*., 2015**). در واقع درکشت مخلوط، استفاده بهینه از منابع محیطی مانند آب، نور، خاک و موادغذایی به اختلاف ارتفاع، نحوه قرارگرفتن اندام‌های هوایی و زیرزمینی متفاوت گیاهان نسبت داده می‌شود (**Brooker *et al*., 2015**). طراحی سیستم‌های کشاورزی آینده، باید به نحوی باشد که از منابع موجود در مزرعه به نحو احسن استفاده شود. افزایش تثبیت نیتروژن، تولید مواد آلی بیشتر، مدیریت تلفیقی آفات، مقاومت به آفات و تنش‌های محیطی و افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی، همگی از عوامل مؤثر در کارایی استفاده از منابع هستند. مطالعات زیادی در ارتباط با کشت مخلوط دو علف چمنی چهار کربنه در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد در کشت مخلوط صورت گرفته است. برای مثال در پژوهشی که معیار ارزیابی آن استفاده از شاخص نسبت برابری زمین بر روی دو گیاه سورگوم و ارزن بود مشاهده شد که تیمار ارزن دم‌روباهی ۲۰٪ و سورگوم ۱۰۰٪ نسبت به دیگر تیمارها برتری داشته و بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد را به خود اختصاص داد و این مسئله برتری کشت مخلوط را به کشت خالص می‌رساند (**Heydari, 2015**). برخی محققان نشان دادند که عملکرد و اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط ذرت : سورگوم نسبت به تیمارهای تک‌کشتی، ۲۴ درصد بیشتر بود (**Lesoing & Francis, 1999**). در تحقیقی دیگر در کشت مخلوط سویا با سورگوم در منطقه کرج نسبت دو ردیف سویا با یک ردیف سورگوم، به این نتیجه رسیدند که بیشترین اجزای عملکرد و سودمندی در مورد علوفه (**LER=۱/۴۲**) و دانه (**LER=۱/۳۷**) برخوردار است (**Bazgosha & Amini, 2004**). برخی محققان در مطالعه خود نشان دادند که کارآیی کشت مخلوط، چه به‌صورت تأخیری و چه به‌صورت همزمان، در استفاده از زمین، ۲۲ درصد بیشتر از کشت خالص مربوطه بود (**Yu *et al*., 2015**). با توجه به اینکه یکی از راهکارهای عملی برای افزایش محصولات کشاورزی، استفاده از کشت مخلوط است، هدف از این آزمایش بررسی تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی در سامانه کشت مخلوط ذرت: سورگوم نسبت به کشت خالص آنها است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه آموزشی پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج (۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و

ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا) اجرا گردید. مشخصات خاک مزرعه آزمایشی در جدول شماره ۱ نشان داده‌شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کشت

Table 1-Results of physical and chemical analysis of the soil before planting

Soil properties	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	EC (dS / m)	Phosphorus (mg / kg)	pH	Potassium (mg / kg)	Texture class	Organic matter (%)	Nitrogen (%)
Amount	32	38	30	3.94	12.4	7.5	16.5	Clay loam	1	12

تیمارهای تک‌کشتی شامل کشت خالص ذرت (**ZZZZ**) و کشت خالص سورگوم (**SSSS**) بودند و تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی شامل ۷۵٪ ذرت دانه‌ای+۲۵٪ سورگوم علوفه‌ای (**ZZZS**)، ۵۰٪ذرت دانه‌ای+۵۰٪سورگوم علوفه‌ای (**ZSZS**) و ۲۵٪ذرت دانه‌ای +۷۵٪سورگوم علوفه‌ای (**ZSSS**) بودند. ارقام تهیه‌شده از موسسه اصلاح و تهیه نهال بذر کرج، سورگوم علوفه‌ای رقم پگاه و ذرت آجیلی رقم **KSC600** بود. آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار اجرا شد. طول هر واحد آزمایشی برابر با ۴ متر و عرض آن ۳ متر بود. هر کرت شامل ۶ خط و در هر آرایش کشت دو خط جانبی به‌عنوان حاشیه و حدفاصل بین دو کرت یک خط نکاشت قرار گرفت که فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. فاصله بین خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در پائیز از گاوآهن برگردان‌دار برای شخم زمین استفاده شد. برای کاشت ابتدا در بهار شخم سطحی و به‌دنبال آن دیسک زده شد. شیارهایی با فواصل ۵۰ سانتی‌متر توسط شیارساز ایجاد شد. سپس کاشت هر دو گیاه به‌صورت خشکه‌کاری انجام شد. بذر ذرت با فواصل ۱۰ سانتی-متر و در عمق ۵ سانتی‌متر کشت شد. درکشت سورگوم نیز، بذر در فواصل ۱۰ سانتی‌متری و در عمق ۲ سانتی‌متر کشت شد. به این روش در تکرار اول در کرت اول که شامل۴ خط کاشت بود (به‌جز ۲ خط حاشیه)، ۲ خط ذرت و ۲ خط سورگوم (نسبت ۱:۱)، در کرت دوم ۳ خط ذرت و ۱ خط سورگوم (نسبت ۳:۱)، در کرت سوم ۱ خط ذرت و ۳ خط سورگوم (نسبت ۱:۳)، در کرت چهارم هر ۴ خط ذرت و در کرت پنجم همه‌ی خط‌ها سورگوم کاشته شد. این روش با جابجایی به‌صورت تصادفی در تکرارهای دیگر اجرا گردید. عملیات تنک‌کاری، سه هفته پس از اولین آبیاری در مرحله ۶-۵ برگی جهت رسیدن به تراکم موردنظر انجام گرفت. آبیاری مزرعه به‌صورت آبیاری بارانی، بسته به شرایط اقلیمی، وضعیت رطوبتی خاک صورت گرفت. وجین علف‌های هرز هنگامی‌که بوته‌ها به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری رسیده بودند انجام گرفت. در ۱۵ شهریور برداشت عملکرد علوفه سورگوم و در ۲۱ شهریور برداشت عملکرد دانه ذرت صورت پذیرفت. جهت عملیات برداشت به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد، بعد از حذف حاشیه‌ها، از چهار خط میانی و از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک، بوته‌ها توسط داس کف-برشدند و سپس کل محصول برداشت گردید و بلافاصله در مزرعه وزن شد؛ بدین‌معنی که از هر کرت آزمایشی ۲ مترمربع برداشت و سپس عملکرد اقتصادی اندازه‌گیری شد. وزن تر نمونه‌ها بلافاصله در محل توزین گردید و سپس جهت تعیین وزن علوفه خشک در آون به‌مدت ۲روز در دمای ۸۰ درجه نگهداری شد. برای اندازه‌گیری طول بلال، از آن مقدار برداشت‌شده برای تعیین عملکرد، تعدادی بلال به‌طور تصادفی انتخاب شد و با استفاده از خط‌کش، طول بلال اندازه‌گیری شد. برای مشخص‌کردن تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف نیز از هر کرت تعدادی به‌صورت تصادفی انتخاب و شمارش لازم انجام شد. در تعیین وزن هزار دانه ذرت، دانه‌های بلال‌های برداشت-شده جدا شد و سپس در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه مربوطه شمارش صورت پذیرفت. در اندازه-گیری ارتفاع ساقه سورگوم نیز از ۱۰ بوته برداشت‌شده

از هرکرت اندازه‌گیری ساقه به‌وسیله متر انجام شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان ارتفاع نوشته شد. در تعیین تعداد برگ سورگوم نیز از همان بوته‌ها شمارش لازم انجام شد. برای ارزیابی کشت مخلوط از نسبت برابری زمین (**LER**) که تاکنون توسط بعضی از محققین از قبیل (**Weil & McFadden, 1991**) به‌کار رفته، استفاده گردید. در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری (**SAS (ver.9** تجزیه شدند. جهت رسم نمودارها و جداول آماری از برنامه **Excel 2013** و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد، استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات مورد بررسی نشان داده شده است. نتایج نشان داد که صفات عملکرد در هکتار و عملکرد در بوته برای هر دو گیاه ذرت و سورگوم در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. (جدول۲).

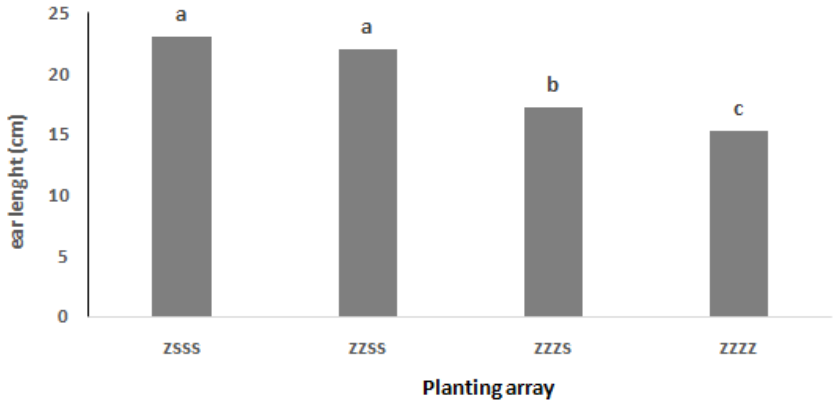
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط ذرت و سورگوم بر شاخص‌های مورفولوژیکی و عملکرد دو گیاه

Table 2- Analysis of Variance (mean of squares) for effect of intercropping ration of maize and sorghum on morphological indexes and yield of tow crops

S.O.V.	df	Maize					Sorghum		
		Ear length	Row in the ear	Grain in the row	1000 grain weight	Yield	Stem Height	Leaf number	Yield
Replication	3	3.5^{ns}	1^{ns}	40.2^{ns}	14.2^{ns}	0.744^{ns}	0.117^{ns}	0.063^{ns}	177.83^{ns}
Treatment	4	8.95^{*}	23.9	64.3^{*}	56.1^{*}	10.230^{*}	0.185^{*}	2.396^{*}	1432.9^{*}
Error	12	8.58	5.66	14.6	98.6	2.555	0.040	0.563	0.356
Total	19								
CV		8.58	15.6	9.98	6.86	19.02	11.41	8.51	14.10

* و **ns** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری می‌باشند

^{*,ns} Significant at 5% probability level and none significant, respectively.

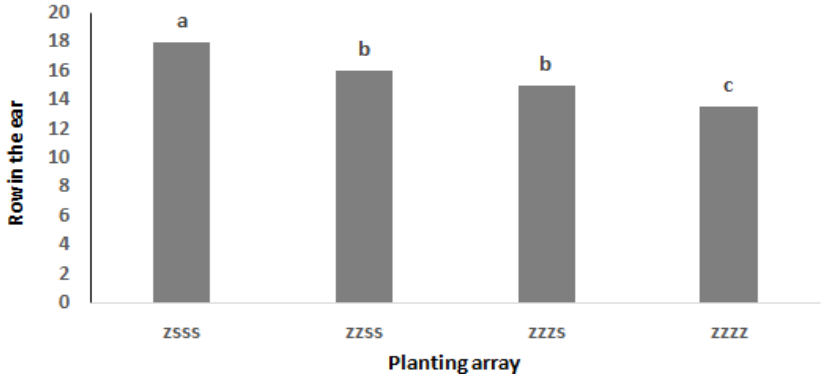


شکل ۱- مقایسه میانگین طول بلال ذرت در سطوح مختلف کشت مخلوط. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد. حروف **S** و **z** به‌ترتیب بیانگر سهم سورگوم و ذرت در مخلوط است. حروف غیرمشابه روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت بین تیمارها است.

Figure 1- Mean comparison of maize ear length at different levels of intercropping. Comparison of mean was carried out by Duncan's multiple-range test (p=0.05). The letters s and z represent sorghum and maize, respectively in the intercropping. Dissimilar letters on each column indicate significant level of differences between treatments.

باتوجه به شکل۱ مشاهده می‌شود که تفاوت معنی‌داری بین آرایش‌های مختلف کاشت وجود دارد. کشت‌های مخلوط **zsss** و **zzss** در یک گروه قرار گرفته و نسبت به دیگر آرایش‌های کشت بیشترین طول بلال را به خود اختصاص داده‌اند. کشت مخلوط **zzzs** با تفاوت معنی‌داری و کشت خالص ذرت نیز

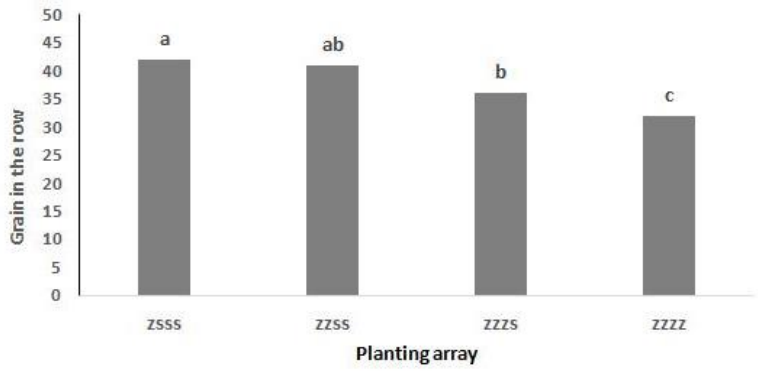
کمترین طول بلال را داشته است. **Saffar, (2013)** در بررسی دو گیاه ذرت و ارزن به نتـایج مشـابهی دسـت یافت و بیشترین طول بلال در تیمار کشت مخلوط به‌دست آمد.



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد ردیف در بلال ذرت در سطوح مختلف کشت مخلوط. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد. حروف **s** و **z** به‌ترتیب بیانگر سهم سورگوم و ذرت دانه‌ای در مخلوط است. حروف غیرمشابه روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت بین تیمارها است.

Figure 2- Mean comparison of maize row in the ear at different levels of intercropping. Comparison of mean was carried out by Duncan's multiple-range test (p=0.05). The letters s and z represent sorghum and maize, respectively in the intercropping. Dissimilar letters on each column indicate significant level of differences between treatments.

نتایج مقایسه میانگین‌ها در شکل۲ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد ردیف متعلق به تیمار **zsss** و کمترین تعداد آن متعلق به کشت خالص **zzzz** شده است. آرایش‌های کشت **zzss** و **zzzs** تفاوت معنی‌داری با هم نداشته و در یک گروه قرار گرفتند. در کل می‌توان گفت که رقابت برون‌گونه‌ای در کشت مخلوط برای ذرت بیشتر از رقابت درون‌گونه‌ای شده اسـت. **Khan *et al*, (2000)** با آزمایشی بر روی کشت مخلوط ذرت و سورگوم نیز به نتایج مشابه دست یافتند.

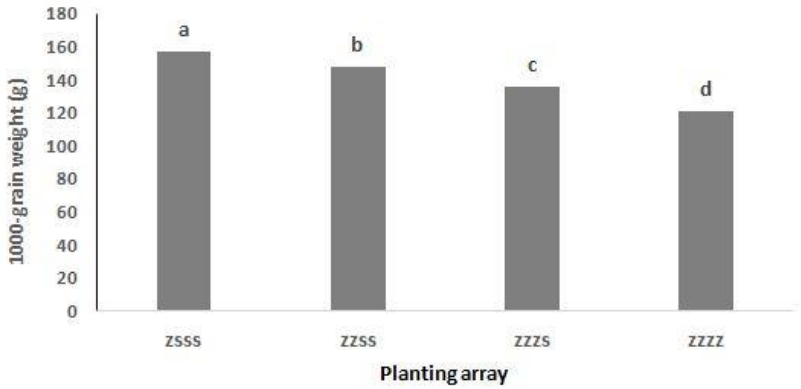


شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف بلال در سطوح مختلف کشت مخلوط. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد. حروف **z** و **s** به‌ترتیب بیانگر سهم ذرت و سورگوم در مخلوط است. حروف غیرمشابه روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت بین تیمارها است.

Figure 3- Mean comparison of maize grain in the row at different levels of intercropping. Comparison of means was carried out by Duncan's multiple-range test (p=0.05). The letters s and z represent sorghum and maize, respectively in the intercropping. Dissimilar letters on each column indicate significant level of differences between treatments.

در بسیاری از تحقیقات انجام‌شده، شواهد فراوانی عملکرد دانه را به‌طور عمده تابع تعداد دانه تولید شده

قلمـــــداد می‌کنند. تعداد دانه دربلال از تغییرات کمتری برخوردار بوده و تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریت‌های زراعی قـرار می‌گـیرد. تیمارهای با آرایش کشت **zsss** و **zzss** به‌دلیل حروف مشابهی که دارند دریک گروه قرار گرفته‌اند و تفاوت معنی‌داری با هم ندارند و بالاترین تعداد دانه در ردیف را دارند. تیمار **zzzs** وتیمار **zzss** تفاوتی با هم نداشته ولی با تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری دارند. تیمار کشت خالص ذرت نیز با پایین‌ترین تعداد دانه در ردیف تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها دارد (شکل۳). با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که تیمار کشت خالص ذرت، تعداد دانه کمتری در بلال نسبت به تیمارهای کشت مخلوط تولید نموده است. این امر می‌تواند به‌دلیل الگوهای تخصیص منابع بیشتر به دانه به‌منظور پیروزی در رقابت و بقای نسل در گیاهان باشد.



شکل۴- مقایسه میانگین وزن هزاردانه ذرت در سطوح مختلف کشت مخلوط. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه-ای دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد. حروف **z** و **S** به‌ترتیب بیانگر ذرت و سورگوم در مخلوط و کشت خالص ذرت است. حروف غیرمشابه روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت بین تیمارها است.

Figure 4- Mean comparison of maize 1000-grain weight in different levels of intercropping. Comparison of means was carried out by Duncan's multiple-range test (p=0.05). The letters s and z represent sorghum and maize, respectively in the intercropping. Dissimilar letters on each column indicate significant level of differences between treatments.

از نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل۴) این‌طور پیداست که تیمار با آرایش **zsss** با تفاوتی معنی‌دار، بالاترین وزن هزار دانه را داشته که نشان‌دهنده دارا بودن فضای کافی برای رشد و استفاده بهتر از منابع محیطی است. تیمار **zzss** تفاوت معنی‌داری را با دیگر تیمارها داشته است. کشت خالص ذرت نیز دارای کمترین وزن هزار دانه است. وزن هزار دانه از اجزای عملکرد می‌باشد که تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی است. به‌طور کلی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ذرت وزن هزار دانه بیشتری تولید کردند که احتمالاً به‌علت افزایش رقابت در کشت مخلوط و تخصیص بیشتری از منابع غذایی به دانه به-منظور رقابت‌پذیری بیشتر نسبت به گیاه سورگوم می-باشد (**Marer *et al.*, 2007**). در بقیه‌ی موارد ارتباط ضعیفی بین عملکرد با وزن هزار دانه وجود دارد. نتایج به‌دست آمده با برخی محقیقین شباهت داشت: نتایج **Hashemi Dezfuli *et al.*, (2001)** نشان داد که تیمار ۷۵٪ ذرت: ۲۵٪ سویا به‌دلیل غالبیت ذرت، بالاترین وزن هزار دانه را داشت. **Fukai *et al.*, (1993)** بیان کردند که در کشت مخلوط جو و نخود تیمارهای کشت خالص و ۱:۳ نخود و جو، بالاترین وزن هزار دانه را داشتند. مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین الگوهای مختلف کشت است (شکل۵). تیمارهای تک‌کشتی ذرت و **zzzs** بیشترین عملکرد را به خود اختصاص دادند و این دو از لحاظ آماری تفاوتی با هم نداشتند، اما نسبت به دو الگوی کشت دیگر تفاوت معنی‌داری را نشان دادند که این امر به‌دلیل بالا بودن

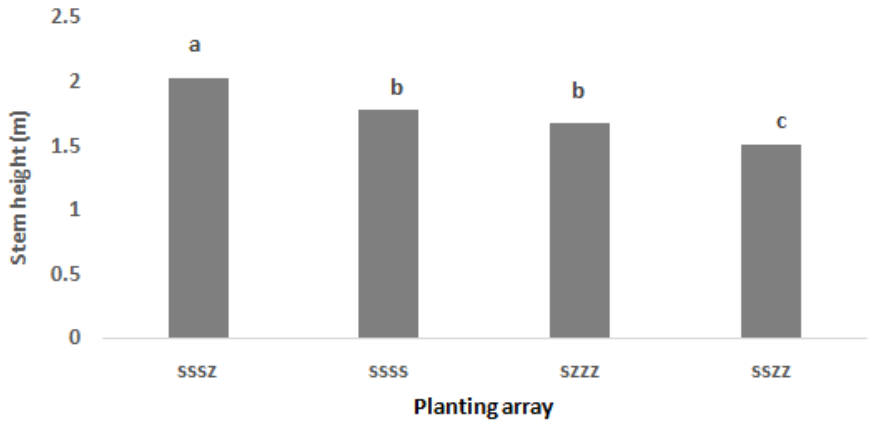
سطح زیر کشت ذرت در این تیمارها است. به‌نظر می‌رسد در این ترکیب‌ها، گیاهان مورد کشت به تخصیص مفیدی از منابع موجود رسیده‌اند. با وجود اینکه با افزایش تراکم، دانه‌های حاصل‌شده ریزتر بودند اما به‌طورکلی، عملکرد در واحد هکتار افزایش یافت. در آزمایش‌های بسیاری گزارش شده است که عملکرد دانه در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود (**Chapagain & Riseman, 2014; Agegnehu *et al.*, 2006**) که به‌علت کاهش سهم گیاه در کشت مخلوط می‌باشد و با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. برای بررسی کارآیی کشت مخلوط، از نسبت برابری زمین استفاده می‌شود که مجموع تغییرات عملکرد اجزاء کشت مخلوط را در نظر می‌گیرد که در این آزمایش نیز نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). در بین تیمارهای اعمال‌شده، آرایش کشت تیمار **zsss** کمترین عملکرد دانه را داشته است. البته کاهش تعداد بوته در هکتار از کاهش عملکرد تبعیت نمی‌کنند و عملکرد گرم در بوته این سهم را آشکار می‌سازد. همچنین با توجه به اینکه نسبت برابری زمین در تمام تیمارهای کشت مخلوط و تیمار **zsss** بیشتر از ۱ می‌باشد، بنابراین عملکرد بیشتری در واحد سطح از دو گیاه به‌دست آمده و سودمندی بیشتری از کشت مخلوط، هر چند که عملکرد یکی از اجزاء آن نسبت به تک‌کشتی آن کمتر است، مشاهده شد. در همین راستا **Pooryousof *et al.*, (2010)** با تحقیق بر روی دو گیاه سورگوم و ذرت نیز به نتایج مشابهی دست یافتند و تیمارهای با سطح کشت بیشتر بالاترین عملکرد را دارا بودند.

شکل۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه ذرت (تن در هکتار) در سطوح مختلف کشت مخلوط. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح۰/۰۵ انجام شد. حروف **s** و **z** به‌ترتیب بیانگر گیاه سورگوم و ذرت در مخلوط است. حروف غیرمشابه روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت بین تیمارها است.

Figure 5- Mean comparison of maize grain yield in different levels of intercropping. Comparison of means was carried out by Duncan's multiple-range test (p=0.05). The letters s and z represent sorghum and maize, respectively in the intercropping. Dissimilar letters on each column indicate significant level of differences between treatments.

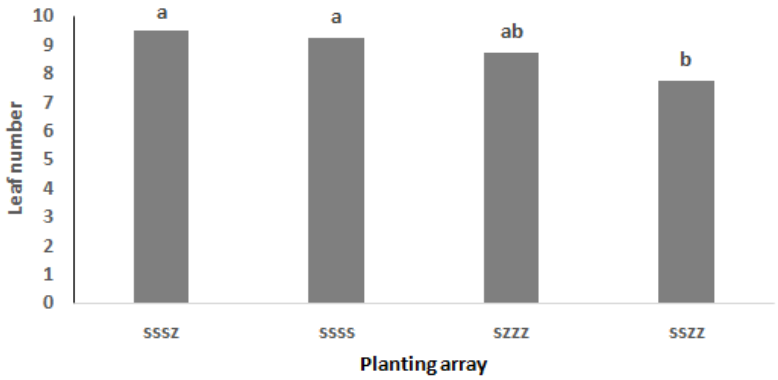
مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده‌ی اثر ترکیب‌های مختلف کاشت بر ارتفاع ساقه در گیاه است، همان‌طور که از شکل۶ استنباط می‌شود، تیمار کشت مخلوط**sssz** دارای بالاترین ارتفاع ساقه است که به‌نظر می رسد این تیمار با توجه به آرایش کشت توانسته از شرایط و منابع محیطی بهتر استفاده کند؛ همچنین به‌دلیل غالب‌بودن گیاه ذرت نیز می‌توان این نتیجه را تفسیر کرد. تیمار کشت خالص سورگوم و **szzz** هر دو در یک گروه قرار گرفته‌اند و تفاوتی با هم ندارند و در آخر آرایش کشت **sszz** کمترین ارتفاع را نسبت به دیگر آرایش‌های کشت داشته است. به‌طور کلی در این آزمایش کشت مخلوط ذرت**:**سورگوم به‌صورت ۷۵ درصد سورگوم و ۲۵ درصد ذرت موجب افزایش ارتفاع سورگوم گردید که احتمالاً به‌دلیل رقابت بین‌گونه‌ای و افزایش ارتفاع سورگوم به‌منظور دریافت نور بیشتر می‌باشد **(Seyedi *et al.*, 2012)**. با این وجود افزایش

بیشتر سـهم ذرت در کشـت مخلـوط موجـب افـزایش رقابت شده و ارتفاع ساقه سورگوم را کاهش داده است.



شکل۶- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه سورگوم در سطوح مختلف کشت مخلوط. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد. حروف z و s به‌ترتیب بیانگر ذرت و سورگوم در مخلوط و کشت خالص سورگوم است. حروف غیرمشابه روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت بین تیمارها است.

Figure 6- Mean comparison of sorghum height stem at different levels of intercropping. Comparison of means was carried out by Duncan's multiple-range test (p=0.05). The letters s and z represent sorghum and maize, respectively in the intercropping. Dissimilar letters on each column indicate significant level of differences between treatments.

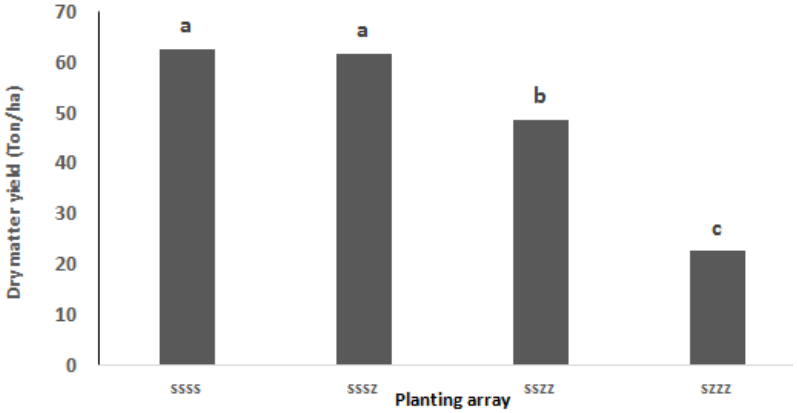


شکل۷- مقایسه میانگین تعداد برگ سورگوم در سطوح مختلف کشت مخلوط. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد. حروف z و s به‌ترتیب بیانگر ذرت و سورگوم در مخلوط و کشت خالص سورگوم است. حروف غیرمشابه روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت بین تیمارها است.

Figure 7- Mean comparison of sorghum leaf number at different levels of intercropping. Comparison of means was carried out by Duncan's multiple-range test (p=0.05). The letters s and z represent sorghum and maize, respectively in the intercropping. Dissimilar letters on each column indicate significant level of differences between treatments.

تعداد برگ بیشتر باعث افزایش سطح فتوسنتزی بیشتر و در نتیجه افزایش عملکرد و کیفیت علوفه می‌شود. شکل ۷ حاکی از آن است کشت مخلوط **sssz** و کشت خالص سورگوم و تیمار **szzz** تفاوت معنی‌داری از لحاظ تعداد برگ با هم نداشته‌اند و بیشترین تعداد برگ را نسبت به دیگر آرایش‌های کشت داشته‌اند و تیمار **sszz** با تفاوتی معنی‌دار نسبت به دیگر تیمارها قرار گرفته‌اند. درکل می‌توان گفت که شرایط محیطی و استفاده بهتر از منابع در آرایش‌های کشت مختلف باعث این تغییرات شده است.

Sistaj *et al.*, (1991) با آزمایش بر روی سه گیاه سورگوم، ذرت و سویا در کشت مخلوط با ارزن به نتایج مشابهی رسیدند و ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص تعداد برگ بیشتری تولید کرد. معمولاً هر گیاه در رقابت با سایر گیاهان، ابتدا رشد رویشی خود را افزایش می‌دهد که با افزایش رقابت بیش از حد، آستانه رشد رویشی کاهش خواهد یافت. با افزایش ارتفاع ساقه و رشد رویشی در کشت مخلوط، تعداد برگ در بوته نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد (تن در هکتار) علوفهٔ خشک سورگوم در سطوح مختلف کشت مخلوط. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنهٔ دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد. حروف **S** و **Z** بیانگر سورگوم علوفه‌ای و ذرت دانه‌ای است. حروف غیرمشابه روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تیمارها است.

Figure 8- Mean comparison of sorghum dry matter yield at different levels of intercropping. Comparison of means was carried out by Duncan's multiple-range test (p=0.05). The letters s and z represent sorghum and maize, respectively in the intercropping. Dissimilar letters on each column indicate significant level of differences between treatments.

نتایج نشان داد که بالاترین میزان عملکرد علوفه خشک سورگوم علوفه‌ای در هکتار، در تیمارهای کشت خالص سورگوم و **ssss** دیده شد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. این نتایج بیانگر این امر است که با افزایش سطح زیر کشت، عملکرد گیاه مربوطه افزایش می‌یابد. بدیهی است که با افزایش سهم گیاه در کشت مخلوط، میزان عملکرد زیست‌توده افزایش یابد ولی در کشت مخلوط، مجموع عملکرد دو گیاه است که نشان‌دهنده کارآیی می‌باشد. در مقابل کمترین عملکرد علوفه نیز در آرایش کشت **szzz** مشاهده شد (شکل ۸).

جدول۳- مقادیر نسبت برابری زمین در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط ذرت و سورگوم

Table 3- Land equivalent ratio amounts in different combination of intercropping of maize and sorghum

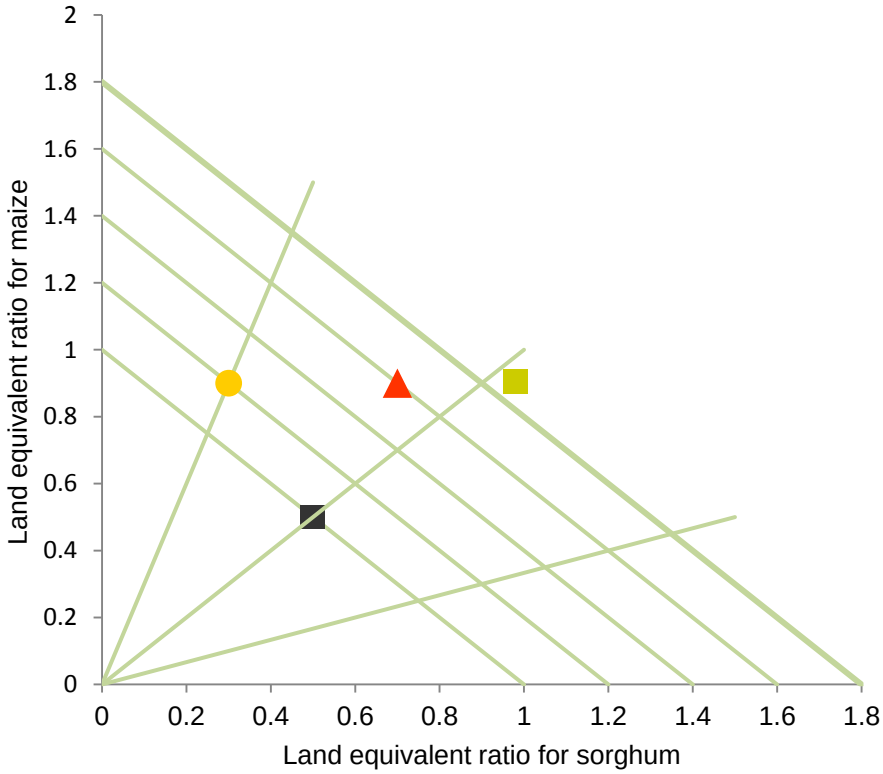
Planting array	Maize	Sorghum	Total
75%maize:25%sorghum	0.9	0.5	1.4
50%maize:50%sorghum	0.9	0.7	1.6
25%maize:75%sorghum	0.6	1.2	1.8

ارزیابی نسبت برابری زمین

مقادیر نسبت برابری زمین برای محصول دانه ذرت و علوفه سورگوم در سطوح آرایش‌های مختلف کشت مخلوط در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین مقدار (**LER**=۱/۸) متعلق به تیمار **zsss** و کمترین آن (**LER**=۱/۴) که متعلق است به تیمار **zzzs** می‌باشد. به‌طور کلی نتایج نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در تمامی سطوح کشت نسبت به کشت خالص می‌باشد. نتایج محققین دیگر این مهم را به اثبات می‌رساند، از جمله، **Heydari, (2015)** که معیار ارزیابی پژوهش

خود را استفاده از شاخص نسبت برابری زمین بر روی دو گیاه سورگوم و ارزن بود به این نتیجه رسید که تیمار ارزن دم‌روباهی ۲۰٪ و سورگوم ۱۰۰٪ با نسبت برابری زمین**LER=**۱/۲۲ نسبت به دیگر تیمارها برتری داشته و این مسئله برتری کشت مخلوط را به کشت خالص می‌رساند. همچنین در تحقیقی دیگر **Saffar, (2013)** بر روی دو گیاه ذرت و ارزن به این نتیجه رسید که بیشترین نسبت برابری زمین برای تولید علوفه تر در آرایش کشت **P80Z60** با **LER=**۱/۴۵ و برای تولید علوفه خشک در آرایش کشت **Z80P40** با **LER=**۱/۴۷ به‌دست آمد.

Khalatbari, (2005) در محاسبه نسبت برابری زمین در مجموع دو چین سورگوم و ارزن نشان داد که نسبت کشت مخلوط ۷۵٪ ارزن مرواریدی+ ۲۵٪ سورگوم با**LER=** ۱/۴۳ بیشترین نسبت برابری زمین را برای علوفه خشک دارا می‌باشد. به‌طور کلی در تیمارهای کشت مخلوط، گیاه ذرت توانسته که بهره بیشتری از منابع ببرد و نسبت برابری جزئی در آن بیشتر از گیاه سورگوم بود. این امر می‌تواند به‌علت مقاومت بیشتر گیاه سورگوم به کم‌آبی و استفاده بیشتر ذرت از آب و سایر منابع باشد.



شکل ۹- نسبت برابری زمین برای نسبت‌های کشت مخلوط ذرت و سورگوم

Figure 9- Land equivalent ratio for intercropping ratios of maize and sorghum

شکل۹ نمودار نسبت برابری زمین را نشان می‌دهد که به‌خوبی برتری آرایش کشت **sssz** را به تصویر کشیده است که در بالاترین قسمت نمودار قرار گرفته است. تیمار۱۰۰٪ ذرت : ۵۰٪ ارزن دم‌روباهی در تاریخ کاشت هم‌زمان دو گیاه را می‌توان به‌عنوان برترین تیمار معرفی کرد، زیرا بالاترین میزان نسبت برابری زمین (۱/۴۳۵)، و بیشترین میزان عملکرد دانه از این تیمار به‌دست آمد. **Arya & Saini, (1999)** در بررسی اثر شکل هندسی کاشت بر روی کشت مخلوط ذرت و سویا تحت شرایط دیم، چنین اظهار داشته‌اند که شکل هندسی کاشت، به‌طور معنی‌داری بر میزان محصول سیستم‌های کشت مخلوط دو گیاه اثر داشته است. به-

عبارتی سامانه ذرت: سویا در نسبت ردیف‌های ۲:۲ بالاترین میزان عملکرد ذرت، حداکثر نسبت برابری زمین را نشان داده است. همچنین برخی دیگر از محققان نشان دادند که نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط جو : نخود نسبت به تیمارهای تک‌کشتی ۳۲ درصد بیشتر بود (**Chapagain & Riseman, 2014**).

نتیجه‌گیری

در این آزمایش، تیمارهای کشت مخلوط با تأثیر معنی‌دار بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم و ذرت نسبت به تیمارهای کشت خالص برتری داشتند. که این مهم، به‌دلیل استفاده بهینه از منابع و نهاده‌ها دراثر رقابت کاهش یافته در مخلوط (رقابت برون‌گونه‌ای) نسبت به کشت خالص (رقابت درون‌گونه‌ای) می‌باشد. با توجه به اینکه معیار ارزیابی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص، استفاده از شاخص‌هایی مانند نسبت برابری زمین است، این شاخص نشان داد که تیمار ذرت ۲۵٪: سورگوم ٪۷۵ با نسبت برابری زمین **LER=**۱/۸ نسبت به دیگر تیمارها برتری داشته و این مسئله نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط به کشت خالص می‌باشد. با توجه به اینکه شاهد برتری کشت مخلوط در تیمار ۲۵٪ذرت: ۷۵٪سورگوم در هر دو گیاه بودیم؛ توصیه می‌شود که کشاورزان در آب و هوایی مشابه شهر کرج از کشت مخلوط ذرت و سورگوم بهره بیشتری برده شود، زیرا اثرات اکولوژیکی و اقتصادی مطلوبی به‌دنبال خواهد داشت.

REFERENCES

1. **Agegnehu, G., Ghizaw, A. & Sinebo, W. (2006). Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy, 25*(3), 202-207.**
2. **Arya, M. P. S. & Saini, R. P. (1999). Effect of planting geometry on maize and soybean intercropping systems under rainfed conditions, *Indian journal of Agronomy*.34 (3): 322324**
3. **Bedoussac, L., Journet, E. P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E. S. & Justes, E. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for sustainable development, 35*(3), 911-935.**
4. **Brooker, R. W., Bennett, A. E., Cong, W. F., Daniell, T. J., George, T. S., Hallett, P. D. & Li, L. (2015). Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist, 206*(1), 107-117.**
5. **Chapagain, T. & Riseman, A. (2014). Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research*. 166: 18–25.**
6. **Dahmardeh, M. & Hodiani, A. (2016). Assessment of soil elements in intercropping based on mathematical modeling. *Computers and Electronics in Agriculture*. 122:218–224.**
7. **Fukai, S. Watiki, J. M. Banda, J. A. & Keating, B. A. (1993). Radiation interception and growth of maize/cowpea intercrop as affected by maize plant density & cowpea cultivar. *Field Crops Research*, 35(2), 123-133.**
8. **Heydari, S. (2015). *Evaluation of seed yield and yield components for intercropped Foxtail Millet (setaria Italica) and Sorghum (Sorghum bicolor).* Msc Thesis, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran (In Farsi).**
9. **Mc Donagh J. & Hillyer A. (1999). *http://www.dfid-sp.org/highlights/1999/7069.html*.**
10. **Khalatbari, A. (2005*). Study of quantitative and qualitative traits of intercropping millet nitrifuge: Sorghum planting in different proportions*, MSc. Thesis, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran (In Farsi).**
11. **Khan, Z. R, Pickett, J. A, Berg, J. V. D, Wadhams, L. J. & Woodcock, C. M. (2000). Exploiting chemical ecology and species diversity: Stem borer and striga control for maize and sorghum in Africa. *Pest management science*, 56(11), 957-962.**
12. **Lesoing, G. W. & Francis, C. A. (1999). Strip intercropping effects on yield and yield components of corn, grain sorghum, and soybean. *Agronomy Journal, 91*(5), 807-813.**
13. **Li, X., Simunek, J., Shi, H., Yan, J., Peng, Z. & Gong, X. (2017). Spatial distribution of soil water, soil temperature, and plant roots in a drip-irrigated intercropping field with plastic mulch. *European Journal of Agronomy*. 83:47-56.**

14. **Marer, S. B., Lingaraju, B. S. & Shashidhara G. B. (2007). Productivity and economics of maize and pigeonpea intercropping under rainfed conditions in northern transitional zone of Karnataka. *Karnataka Journal of Agricultural Science,* 20(1): 1-3.**
15. **Mazaheri, D. (2009). Intercropping as a way to increase and sustainabilty of the product, *key articles on 3td Congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran,* University of Tabriz (In Farsi).**
16. **Pooryousof Miyandoab. M., Sharifi S., & Hasanzadeh Ghourt Tappeh A. (2010). The consideration of mixed sorghum planting impacs on maize Eco-physiological characteristics in two planting patterns. *National Conference on Biodiversity and its Impact on Agriculture and the Environment,* Urmia. National Plant Gene Bank of Iran (In Farsi).**
17. **Saffar, A. (2013). *Study the effect of intercropping maize and pearl millet on fodder yield quantity and quality*, MSc.Thesis, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran (In Farsi).**
18. **Seyedi, M., Hamzeie, J., Ahmadvand, G. & Abutalebian, M. A. (2012). Investigating the possibility of weed control and crop production in chickpea and barley culture. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production.* 101-114: (3)22 (In Farsi).**
19. **Sistachs, M., Padilla, C., Gomez, I. & Barrientos, A. (1991). Intercropping of forage sorghum, maize and soybean during establishment of different grasses in a montmorillonitic soil. Guinea grass (*P. maximum* Jacq.). *Cuban Journal of Agricultural Science,* 25(1), 83-87.**
20. **Weil, R. R. & McFadden, M. E. (1991). Fertility and weed stress effects on performance of maize/soybean intercrop. *Agronomy Journal,* 83(4), 717-721.**
21. **Yu Y., Stomph, T. J., Makowski D. & 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.**