دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاه
سال هشتم، شماره بیست و هفت، ۱۳۹۵

ارزیابی کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) به روش جایگزینی در منطقه خوی

علی نصراله زاده اصل [۱]، مهدی طالبی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۳/۲٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۱/۲۸

چکیده

یه منظور بررسی کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت به روش جایگزینی، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار در سال زراعی ۱۳۹۲ در خوی اجرا گردید. تیمارها شامل ۸ نوع کشت مخلوط جایگزینی با نسبت‌های ۱:۲ و ۱:۳ آفتابگردان و ذرت (آفتابگردان و ذرت با تراکم‌های ٦/٦ و ۸/۳ بوته در مترمربع) همراه با ۲ تیمار کشت خالص آفتابگردان (٦/٦ و ۸/۳ بوته در مترمربع) و ۲ تیمار کشت خالص ذرت (٦/٦ و ۸/۳ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان دادند که اثر کشت مخلوط روی ارتفاع بوته آفتابگردان، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه در بوته معنی‌دار بود و بالاترین عملکرد دانه در بوته به تیمار کشت مخلوط تعلق داشت. اثر کشت مخلوط روی تعداد دانه در ردیف ذرت، وزن صد دانه و عملکرد دانه در بوته معنی‌دار بود و بالاترین عملکرد دانه در بوته به تیمار کشت خالص تعلق داشت. بالاترین نسبت برابری زمین (LER) (۱/۱٦) از تیمار ٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع به دست آمد. این دو محصول با کارایی بیشتری از منابع محیطی استفاده کردند و بنابراین این تیمار، به عنوان بهترین الگوی کشت مخلوط به این منطقه قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تراکم، کشت مخلوط، عملکرد و نسبت برابری زمین

نصرالله زاده اصل، ع. و م. طالبی. ۱۳۹۵. ارزیابی کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) به روش جایگزینی در منطقه خوی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۷: ۲۱۵-۲۰٤.

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، خوی، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک:ali_nasr462@yahoo.com

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، خوی، ایران

مقدمه

افزایش جمعیت جهان و تخریب منابع طبیعی و به دنبال آن نیاز مبرم به افزایش تولید مواد غذایی از مشکلات جهان امروز به شمار می‌روند. افزایش عملکرد گیاهان زراعی به منظور پاسخ به این تقاضای روزافزون ضروری است. در این راستا سامانه‌های کشاورزی پیشرفته و تک‌کشتی گرچه با بالا بردن راندمان تولید در واحد سطح توانسته‌اند تا حدی نیازهای غذایی جمعیت روبه رشد را تأمین کنند، ولی این سامانه‌ها به صرف هزینه و انرژی فراوان نیاز دارند. استفاده از سوخت‌های فسیلی جهت راه‌اندازی ماشین‌ها، استفاده از سموم به‌منظور مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، استفاده از کودهای شیمیایی فراوان جهت حفظ و افزایش باروری زمین، نمونه‌های بارز از این هزینه‌های گزاف هستند. علاوه بر آن، سامانه‌های تک‌کشتی از نظر اکولوژیکی و زیست‌محیطی به دلیل استفاده بیشتر از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها حیات کره خاکی را به مخاطره انداخته است (آکوآندا ۲۰۰۱).

آگاهی از پی‌آمدهای سوء سامانه‌های کشاورزی پیشرفته و تک‌کشتی موجب ظهور مفاهیم کشاورزی پایدار گردید که یکی از مهم‌ترین روش‌ها در اجرای کشاورزی پایدار، استفاده از سامانه کشت مخلوط است که در پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی نقش مهمی را می‌تواند ایفا کند(پارسا و باقری ۱۳۸۷). کشت مخلوط رشد دو یا چند گیاه زراعی در کنار یکدیگر و در طول یک فصل زراعی است (سالیوان ۲۰۰۳). این سامانه کشت یکی از بهترین روش‌ها جهت تولید بالا، بهبود مدیریت منابع، حفظ کیفیت منابع و برآورد کننده نیازهای مختلف کشاورزان و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز است (کامکار و مهدوی دامغانی ۱۳۸۷). امروزه کشت مخلوط در سطح وسیعی از کشورهای واقع در مناطق حاره رایج است (بایومن و همکاران ۲۰۰۲). تجربه کلی از آزمایش‌های کشت مخلوط نشانگر آن است که قابلیت تولید کل در واحد سطح زمین در بسیاری از موارد بیشتر از کشت خالص است (نادی و هاکو ۲۰۰۸). برتری بیولوژیک زراعت مخلوط زمانی است که اجزای مخلوط استفاده مؤثری را از نور، آب و عناصر غذایی نسبت به وقتی که به صورت جداگانه کشت شده‌اند بنمایند (الوو و آدبیمپ، ۲۰۰۹).

برتری بیولوژیک زراعت مخلوط نسبت به خالص وقتی است که رقابت بین‌گونه‌ای برای منابع رشد نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای کم‌تر باشد (امینی و همکاران، ۲۰۱۳). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که عملکرد ذرت و آفتابگردان (توحیدی‌نژاد و همکاران ۱۳۸۳)، آفتابگردان و لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.) (سینگ ۲۰۰۷) و آفتابگردان و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) (حسین و همکاران، ۲۰۱۳)، در حالت کشت‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی این محصولات افزایش یافته است. امینی و همکاران (۲۰۱۳) طی آزمایشی سودمندی کشت مخلوط آفتابگردان، ذرت و سویا (*Glycin max* L.)را گزارش نمودند. موسویان و سید محمدی (۱۳۹٤) با کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان و ذرت اعلام کردند که عملکرد در کشت مخلوط نسبت به خالص ١٦ درصد افزایش یافت. هاشمی دزفولی و همکاران (۱۳۷۹) اعلام کردند با کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت مقدار نسبت برابری زمین (LER) به ۱/۱۷ رسید. سادی و المتولی (۲۰۰۹) نیز اعلام کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا مقدار LERبه ۱/۳۷ رسید و افزایش نسبت برابری زمین باعث گردید که سود حاصله نیز بیشتر از کشت خالص باشد. هدف از این پژوهش، بررسی ویژگی‌های زراعی این دو گیاه در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص، مقایسه بازده کشت‌های مخلوط با تک‌کشتی و تعیین بهترین آرایش و تراکم بوته جهت کشت مخلوط این دو گیاه می‌باشد.

موارد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان خوی (طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ٤٤ درجه و ٥٢ دقیقه شرقی و ۳۸ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ١٢١٦ متر) اجرا گردید. خاک محل آزمایش از نوع خاک‌های لومی و دارای pH معادل ۷/۵ می‌باشد. کشت مخلوط به روش جایگزینی انجام گرفت. آزمایش بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۸ تیمار کشت مخلوط جایگزینی با نسبت‌های ۱:۲ (دو ردیف آفتابگردان با یک ردیف ذرت) و ۱:۳ (سه ردیف آفتابگردان با یک ردیف ذرت) آفتابگردان با تراکم‌های ٦/٦ و ۸/۳ بوته در مترمربع و ذرت نیز با تراکم‌های ٦/٦ و ۸/۳ بوته در مترمربع، همراه ۲ تیمار کشت خالص آفتابگردان با تراکم‌های ٦/٦ و ۸/۳ بوته در مترمربع و ۲ تیمار کشت خالص ذرت با تراکم‌های ٦/٦ و ۸/۳ بوته در مترمربع بود.

تیمارها به ترتیب زیر نام‌گذاری شدند:

T1= کشت خالص آفتابگردان با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع

T2= کشت خالص آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع

T3= کشت خالص ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع

T4= کشت خالص ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع

T5= ۱:۲ (٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع)

T6= ۱:۲ (٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع)

T7= ۱:۲ (٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع)

T8= ۱:۲ (٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع)

T9= ۱:۳ (۷۵٪ آفتابگردان با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع + ۲۵٪ ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع)

T10= ۱:۳ (۷۵٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۲۵٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع)

T11= ۱:۳ (۷۵٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۲۵٪ ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع)

T12= ۱:۳ (۷۵٪ آفتابگردان با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع + ۲۵٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع)

طبق نتایج آزمایش خاک (جدول ۱)، برای بهبود تغذیه گیاه از کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب از منابع اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، سوپر فسفات تریپل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده گردید.

جدول ۱- بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پیش از اجرای آزمایش

بافت خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	شوری (دسی زیمنس)	اسیدیته	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
لوم رسی	۳۵	۳٤	۳۱	۱/۸٦	۰/۱۸	۱/۲۵	۷/۵	۹/۸٤	۲۹۸

زمین مورد آزمایش که در سال پیش تحت کشت کلزا (*Brassica napus* L.) قرار گرفته بود در فصل پائیز سال ۱۳۹۱ با گاوآهن برگردان دار شخم عمیق زده شد و در فصل بهار سال ۱۳۹۲ عملیات تسطیح با دیسک انجام گرفت و سپس جوی پشته‌هایی با فاصله ٦۰ سانتی‌متر در زمین ایجاد شد. به دنبال آن کرت بندی و تفکیک تکرارهای آزمایش صورت گرفت و جهت تفکیک کرت‌ها از یکدیگر یک پشته به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. کشت در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۲ به صورت جوی و پشته‌ای با فاصله ٦۰ سانتی‌متر انجام شد. تعداد ردیف‌های کشت در هر کرت بر حسب نوع تیمار متفاوت بود، به نحوی که در کشت خالص هر کرت شامل ٤ ردیف کشت و در کشت‌های مخلوط جایگزین ۱:۲ و ۱:۳ هر کرت به ترتیب شامل ۵ و ٦ ردیف کشت به طول ۵ متر بود. رقم آفتابگردان روغنی از نوع یوروفلر بود که رقمی زودرس با طول دوره رشد ۹۰ روز می‌باشد. رقم ذرت نیز هیبرید KSC٦٤۰ بود که مبدأ آن کشور ترکیه و رقمی زودرس با طول دوره رشد ۹۰ روز است. بذرهای هر دو گیاه از مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی تهیه شدند. بذرهای آفتابگردان و ذرت پیش از کشت توسط قارچ‌کش ویتاواکس ضدعفونی شدند. عملیات آبیاری به صورت نشتی به فواصل ۱۰ روز انجام گرفت و در طول فصل رشد نیز دو بار با علف‌های هرز به طور دستی مبارزه شد. اندازه‌گیری صفات مختلف آفتابگردان شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن صد دانه و عملکرد دانه در طبق با رطوبت ۱٤ درصد و برای ذرت نیز صفات مختلف از قبیل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد بلال در بوته، تعدد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال، با انتخاب ۸ بوته به‌صورت تصادفی از ردیف‌های وسط هر کرت اجرا شدند و میانگین این صفت‌ها برای هر دو گونه محاسبه شدند. عملیات برداشت هر دو گیاه با توجه به یکسان بودن دوره رشدشان به‌صورت هم‌زمان انجام گرفت و عملکرد اقتصادی هر دو گونه نیز با رطوبت ۱٤ درصد پس از حذف اثر حاشیه‌ها (ردیف‌های کناری و نیم متر از طرفین ردیف‌های وسطی) در سطحی معادل ۲ مترمربع محاسبه شد. برای تعیین وزن صد دانه آفتابگردان و ذرت، ٤ نمونه ۱۰۰ تایی به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از توزین، میانگین وزن صد دانه برای هر کرت آزمایشی محاسبه گردید. تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC انجام گرفت و میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. برای ارزیابی سودمندی

کشت مخلوط نیز از شاخص نسبت برابری زمین یا LER استفاده گردید که این شاخص از رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$$LER = \frac{y_{ab}}{y_{aa}} + \frac{y_{ba}}{y_{bb}}$$

y_{ab}= عملکرد گونه a در کشت مخلوط با گونهb ، y_{aa}= عملکرد گونه a در کشت خالص

y_{ba}= عملکرد گونه b در کشت مخلوط با گونه a، y_{bb}= عملکرد گونه b در حالت کشت خالص

در صورتی که LER بزرگ‌تر از یک باشد، کشت مخلوط از کشت خالص بهتر خواهد بود (مید و ویللی، ۱۹۸۰).

نتایج و بحث

آفتابگردان

ارتفاع بوته

اثر تیمار بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). بالاترین ارتفاع بوته (۱۶۰/۱ سانتی‌متر) در حالت ٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع وجود داشت (جدول ۳). در کشت مخلوط، آفتابگردان بر ذرت غلبه کرد. در چنین شرایطی تراکم هر دو گیاه پایین بود، در نتیجه رقابت برون و درون‌گونه‌ای کاهش یافت و فضای بیشتری در اختیار آفتابگردان قرار گرفت و به‌تبع آن رشد گیاه افزایش یافت و ارتفاع بیشتر شد. موسویان و سید محمدی (۱۳۹٤) با کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان و ذرت، گزارش کردند که به علت اختلافات مورفولوژی دو گیاه و استفاده بیشتر از منابع محیطی رشد بوته‌های آفتابگردان در حالت کشت مخلوط بیشتر شد. شفشک و همکاران (۱۹۸۹) با کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان و سویا عنوان کردند که ارتفاع آفتابگردان به‌صورت معنی‌داری در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص افزایش یافت. حسینی و همکاران (۱۳۸۳) نیز با کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی به روش جایگزینی اعلام کردند که ارتفاع بوته ارزن (*Panucum miliaceum* L.) در کشت مخلوط نسبت به خالص افزایش یافت.

قطر طبق

اثر تیمار بر قطر طبق معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین قطر طبق (۲۱/۸۳ سانتی‌متر) در حالت ٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع) به دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که آفتابگردان به علت برگ‌های درشت و پهن و همچنین خاصیت آللوپاتی بر ذرت غلبه کرد و در اثر آن رقابت برون گونه‌ای ذرت کاهش یافت و از آنجا که تراکم آفتابگردان نیز در این حالت پایین بود، رقابت درون‌گونه‌ای نیز کاهش یافت در نتیجه به علت کاهش رقابت برون و درون‌گونه‌ای، شرایط رشد و نمو برای بوته‌های آفتابگردان فراهم گشته و قطر طبق نیز افزایش یافته است. موسویان و سید محمدی (۱۳۹٤) با کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان و ذرت، گزارش کردند که قطر طبق آفتابگردان در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص به صورت معنی‌داری افزایش یافت. پورسخی و خواجه پور (۱۳۹۳) اعلام کردند که با افزایش تراکم آفتابگردان رقابت بر سر منابع محیطی افزایش یافته و قطر طبق آفتابگردان کاهش می‌یابد. ضیاء حسینی و برارپور (۱۳۸۱) نیز اعلام کردند که آفتابگردان برای ذرت دارای خاصیت آللوپاتی منفی بوده و باعث کاهش رشد ذرت می‌گردد. شفشک و همکاران (۱۹۸۹) نیز با کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان و سویا عنوان کردند که به علت کاهش رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای رشد آفتابگردان افزایش یافت و قطر طبق آفتابگردان به صورت معنی‌داری در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص افزایش یافت.

تعداد دانه در طبق

اثر تیمار بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار شد (جدول ۲). بالاترین تعداد دانه در طبق (۸۳۰/۲ عدد) در حالت ٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول ۳). از آنجا که بیشترین قطر طبق در این تیمار قرار داشت به تبع آن تعداد دانه در طبق افزایش یافت. موسویان و سید محمدی (۱۳۹٤) جین باهت و همکاران (۱۹۸۹) و هاشمی دزفولی و همکاران (۱۳۷۹) نیز اعلام کردند با کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت تعداد دانه در طبق آفتابگردان در حالت مخلوط نسبت به خالص افزایش یافت.

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات زراعی آفتابگردان در کشت مخلوط با ذرت

منابع تغییرات		میانگین مربعات					
	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	وزن صد دانه	عملکرد دانه در بوته	عملکرد دانه در هکتار
تکرار	۲	٤/۰٤۳^{ns}	۲/٤۱^{ns}	٦۸٤۲/۲^{ns}	۰/۷۷^{ns}	۳۲/۸٦^{ns}	۹۸۸۰۸/۹^{ns}
تیمار	۹	۵۲/۸**	٤/۳۲*	۷۲۱۱/۰۱*	۲/۰۵**	٦٦/۷۸*	٤٤۸۹۹۷/٤**
اشتباه آزمایشی	۱۸	٦/۰۲	۱/٦۱	۳۰۰۰/۸۲	۰/۳۳	۲۵/۳۳	۱۰۷۳۳۹/۱٦
ضریب تغییرات (٪)		۸/۸۵	٦/۵۱	۸/۳٤	٦/۹٦	۱۰/٤۹	۱۳/۹۵

* و ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و معنی‌دار نیست.

وزن صد دانه

اثر تیمار نوع کشت بر وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن صد دانه (۹/۳۷ گرم) در شرایط ٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع وجود داشت (جدول ۳). به علت کاهش رقابت برون گونه‌ای نسبت به درون‌گونه‌ای در کشت مخلوط فضای بیشتری در اختیار بوته‌ها قرار گرفت و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید شد و در اثر آن وزن صد دانه‌ها افزایش یافت. جین باهت و همکاران (۱۹۸۹) با کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت عنوان کردند که وزن صد دانه و عملکرد دانه آفتابگردان به صورت معنی‌داری در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص افزایش یافت. شفشک و همکاران (۱۹۸۹) نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا عنوان کردند که وزن صد دانه آفتابگردان به صورت معنی‌داری در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص افزایش یافت.

عملکرد دانه در بوته

اثر تیمار بر عملکرد دانه در بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه در بوته (٦۲/۵۹ گرم) در حالت ٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع به دست آمد (جدول ۳). ازآنجاکه بیشترین وزن صد دانه و تعداد دانه در طبق در این تیمار قرار داشت به تبع از آن عملکرد دانه در بوته افزایش یافت. توحیدی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۳) با کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان اعلام کردند که به علت اختلافات مورفولوژیکی رقابت برون گونه‌ای کاهش یافت و عملکرد آفتابگردان در کشت مخلوط به صورت معنی‌داری نسبت به کشت خالص این گیاه افزایش یافت. روبینسون (۱۹۸٤) نیز با کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان اعلام کرد که کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان باعث افزایش عملکرد آفتابگردان (۱۵ درصد) نسبت به کشت خالص این گیاه گردید. همچنین لازم به ذکر است که با افزایش نسبت کشت آفتابگردان رقابت درون‌گونه‌ای افزایش یافته و عملکرد کاهش می‌یابد و بیشترین عملکرد دانه در نسبت کشت پایین حاصل گردید. حسینی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی اعلام کردند که با افزایش نسبت کشت ارزن، عملکرد ارزن کاهش یافت.

جدول ۳ – میانگین صفات مختلف آفتابگردان در کشت مخلوط با ذرت.

	تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر طبق (سانتی‌متر)	تعداد دانه در طبق	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه در بوته (گرم)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)
خالص آفتابگردان	آفتابگردان ۸/۳ بوته در متر مربع (T1)	۱٤٦/۸e	۱۷/٤ c	٦٥۱/٥c	۷/۰۸e	٤٥/٥۷c	۳۷۹٦a
	آفتابگردان ۶/۶ بوته در متر مربع (T2)	۱٥۳/۳cd	۱۸/۳۳bc	۷۰٤/٦ bc	۷/۳٦e	٤۹/۷bc	۳۳۱۰ab
جایگزینی ۱:۲	آفتابگردان ۸/۳+ ذرت ۸/۳ بوته در متر مربع (T5)	۱٥۷/٤ abc	۲۰/۰۲ab	۷٦۷/۸ ab	۸/۸۳ abc	٥٤/۲٤ abc	۲۹۸۲bc
	آفتابگردان ۶/۶+ ذرت ۶/۶ بوته در متر مربع (T6)	۱٦۰/۱a	۲۱/۸۳a	۸۳۰/۲a	۹/۳۷a	٦۲/٥۹a	۲۷٥۱bc
	آفتابگردان ۶/۶+ ذرت ۸/۳ بوته در متر مربع (T7)	۱٥۸/۱ab	۲۰/۲۳ ab	۷۸۰/۱ab	۹/۲۸a	٥۷/۳٦ab	۲٥۲۱c
	آفتابگردان ۸/۳+ ذرت ۶/۶ بوته در متر مربع (T8)	۱٥۷/۷ abc	۲۰/۰٦ ab	۷۷۱/۳ ab	۸/۸۸ab	٥٥/۳۸ abc	۳۰٤٥ bc
جایگزینی ۱:۳	آفتابگردان ۸/۳+ ذرت ۸/۳ بوته در متر مربع (T9)	۱٥۰/۱ de	۱۸/۷۳ bc	۷۱۱/۳ bc	۷/٤٥ de	۵۰/۱۸bc	۳۱۳٥bc
	آفتابگردان ۶/۶+ ذرت ۶/۶ بوته در متر مربع (T10)	۱٥٥/٦ abc	۱۹/٤ abc	۷٦٥/٥ab	۸/٤۸abcd	٥۲/۹۲ bc	۲٦٤۳c
	آفتابگردان ۶/۶+ ذرت ۸/۳ بوته در متر مربع (T11)	۱٥٤/۰۱bcd	۱۹/۳۷bc	۷٤٥/۳ abc	۸/۱bcde	٥۲/۰۹bc	۲٦۰۲ c
	آفتابگردان ۸/۳+ ذرت ۶/۶ بوته در متر مربع (T12)	۱٥۰/٦de	۱۹/۱۳ bc	۷۳۹/۱ abc	۷/۷٦cde	۵۰/۳۲ bc	۳۱٤٤bc

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵٪).

عملکرد دانه در هکتار

تأثیر تیمار بر عملکرد دانه در هکتار معنی‌دار شد و بالاترین عملکرد دانه در هکتار (۳۷۹٦ کیلوگرم در هکتار) در حالت کشت خالص آفتابگردان با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول‌های ۲ و ۳). با اینکه عملکرد بوته‌های آفتابگردان در حالت کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود، ولی بالاترین عملکرد دانه در کشت خالص حاصل شد که این امر به علت بالا بودن تعداد بوته در حالت کشت خالص می‌باشد. نادی و هاکو (۲۰۰۸) گزارش کردند که عملکرد هرگونه در کشت مخلوط کمتر از عملکرد همان‌گونه در کشت خالص است، ولی قابلیت تولید کل در واحد سطح زمین در بسیاری از موارد در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص است؛ و هم‌چنین چون در حالت کشت خالص آفتابگردان با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع تراکم بالا بود، آفتابگردان با کارایی بیشتری از منابع محیطی استفاده کرده و بالاترین عملکرد حاصل گردید. بابایی اقدم و همکاران (۱۳۸۸) و عبادی و همکاران (۱۳۸۹) نیز طی آزمایش‌هایی روی تراکم‌های مختلف بوته آفتابگردان اعلام کردند که بالاترین عملکرد دانه در تراکم‌های بالا حدود ۹ بوته در مترمربع حاصل شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

ذرت

ارتفاع بوته

بین تیمارهای مختلف آزمایشی از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤). با وجود این بیشترین ارتفاع بوته (۲۱۰/۸ سانتی‌متر) در حالت ۷۵٪ آفتابگردان با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع + ۲۵٪ ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که در چنین شرایطی چون تراکم هر دو گیاه بالا بود و همچنین نسبت کشت آفتابگردان نیز بیشتر بود در اثر این عوامل رقابت برای منابع به ویژه نور بیشتر شده و در اثر آن ارتفاع بوته بیشتر شده است.

تعداد دانه در ردیف

تأثیر تیمار بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار شد (جدول ٤). بیشترین تعداد دانه در ردیف (٤٤/۷۳ عدد) در حالت کشت خالص ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول ۵). در کشت‌های مخلوط رقابت برون گونه‌ای آفتابگردان به علت برگ‌های پهن و گسترده خود نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای ذرت افزایش یافت و آفتابگردان با سایه‌اندازی باعث کاهش جذب تابش فعال فتوسنتزی توسط ذرت شد و در اثر آن ماده فتوسنتزی کمتری به بلال انتقال یافت که این امر باعث افزایش عقیمی دانه‌ها در بلال

شد و به تبع آن تعداد دانه در ردیف کاهش یافت. از آنجا که در شرایط کشت خالص ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع، تراکم ذرت در واحد سطح نیز پایین‌تر بود، رقابت درون‌گونه‌ای کاهش یافت و فضای بیشتری برای رشد و گسترش بوته‌های ذرت فراهم شد و این نیز به نوبه خود باعث گرده‌افشانی مطلوب بوته‌های ذرت گردید و در اثر آن تعداد دانه در ردیف ذرت افزایش یافت.. موسویان و سید محمدی (١٣٩٤) با کشت مخلوط جایگزینی آفتابگردان و ذرت، گزارش کردند که به علت بالا بودن رقابت برون گونه‌ای آفتابگردان طول بلال و تعداد دانه در ردیف بلال ذرت در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص به صورت معنی‌داری کاهش یافت. در آزمایش میرزاده (١٣٨٥) نیز بیشترین تعداد دانه در ردیف از پایین‌ترین تراکم ذرت (۵/۵ بوته در مترمربع) در کشت مخلوط با سویا به دست آمد.

تعداد ردیف دانه در بلال

اثر تیمار بر صفت تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار نشد (جدول ٤). به نظر می‌رسد این جزء از عملکرد کمتر تحت شرایط محیطی قرار می‌گیرد و به صورت ژنتیکی کنترل می‌گردد (شاه کرمی و رفیعی ٢٠٠٩). نصراله زاده اصل و همکاران (١٣٩٠) نیز با کشت مخلوط ذرت و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) اعلام کردند که تعداد ردیف دانه در بلال، تحت تأثیر کشت مخلوط قرار نگرفت.

وزن صد دانه

تأثیر تیمار روی وزن صد دانه ذرت معنی‌دار شد (جدول ٤). بیشترین وزن صد دانه (٢٤/٧۵ گرم) به حالت کشت خالص ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع تعلق داشت (جدول ۵). در کشت‌های مخلوط، آفتابگردان به علت برگ‌های پهن و گسترده خود نسبت به ذرت از نظر رقابتی غالب شد و با سایه‌اندازی باعث کاهش جذب تابش فعال فتوسنتزی توسط ذرت شد و در اثر آن مواد فتوسنتزی کمتری به دانه‌ها انتقال یافت که این امر باعث کاهش وزن دانه‌ها در بلال شد. همچنین در این حالت چون تراکم ذرت پایین بود رقابت درون‌گونه‌ای کاهش یافت و فضای بیشتری در اختیار گیاه ذرت قرار گرفت و با انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه‌ها وزن صد دانه بیشتر شد. جین باهت و همکاران (١٩٨٩) با کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت عنوان کردند که وزن صد دانه ذرت به صورت معنی‌داری در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص کاهش یافت. بهرامی و همکاران (١٣٩٠) نیز اعلام کردند که افزایش تراکم بوته ذرت باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود.

عملکرد دانه در بوته

تأثیر تیمار بر عملکرد دانه در بوته معنی‌دار شد (جدول ٤). بالاترین عملکرد دانه در بوته (٢٤/٧۵ گرم) در شرایط کشت خالص ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع به دست آمد (جدول ۵). از آنجا که در این تیمار وزن صد دانه و تعداد دانه در بلال بیشتر بود، طبیعی به نظر می‌رسد که بیشترین عملکرد دانه در بوته نیز به دست آید. در کشت‌های مخلوط آفتابگردان به علت غلبه بر ذرت باعث کاهش عملکرد آن نسبت به کشت خالص شد. امینی و همکاران (٢٠١٣)، موسویان و سید محمدی (١٣٩٤) و هاشمی دزفولی و همکاران (١٣٧٩) نیز اعلام کردند با کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت مقدار عملکرد ذرت در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص کاهش یافت. همچنین کاهش عملکرد ذرت در حالت کشت مخلوط با آفتابگردان می‌تواند به علت خاصیت آللوپاتی آفتابگردان باشد. ضیاء حسینی و برارپور (١٣٨١) اعلام کردند که آفتابگردان برای ذرت دارای خاصیت آللوپاتی منفی بوده و باعث کاهش عملکرد ذرت می‌گردد. کمترین عملکرد ذرت در کشت مخلوط با نسبت بالای کشت (١:٣) قرار داشت. با افزایش نسبت کاشت آفتابگردان رقابت برون گونه‌ای آفتابگردان افزایش یافته و عملکرد ذرت بیشتر کاهش یافته است. توحیدی‌نژاد و همکاران (١٣٨٣) نیز با کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان اعلام کردند که با افزایش نسبت کشت آفتابگردان عملکرد دانه ذرت کاهش یافت. منصوری (١٣٨٩) با کشت مخلوط ذرت و سویا اعلام کرد که با افزایش نسبت کشت ذرت رقابت برون گونه‌ای ذرت افزایش و عملکرد دانه سویا کاهش یافت.

جدول ٤- تجزیه واریانس برخی صفات زراعی ذرت در کشت مخلوط با آفتابگردان

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد بلال در بوته	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال	وزن صد دانه	عملکرد دانه در بوته	عملکرد دانه در هکتار
تکرار	۲	۰/۰۰ ns	۱۳/٤٥۷ ns	۱/۰۰۲ ns	۳/۰٥ ns	٥٥٤/۷٤ ns	۳۰٤٦٤۷/٥۱ ns
تیمار	۹	۰/۰۰ ns	٥۰/۷۷ *	۰/۴۱۱ ns	۲۱/۱٤ *	۲۷۱۳/٦ **	٤۷٦٤۷٤٥۱/۱ **
اشتباه آزمایشی	۱۸	۰/۰۰	۱٦/۳۷	۰/٤٥۳	٥/۱۰۲	۳۲۸/۰٥	۲۷۷۹۲٤/۱۷
ضریب تغییرات (٪)		۰/۰۰	۱۰/٤٥	٤/٥٦	۱۰/٦۲	۱٥/۳۱	۱۳/۱٤

*، ** و nsبه ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد و معنی‌دار نیست.

عملکرد دانه در هکتار

تأثیر تیمار بر عملکرد دانه در هکتار معنی‌دار شد (جدول ٤). بالاترین عملکرد دانه در هکتار (۱۲٤۸۰ کیلوگرم در هکتار) در حالت کشت خالص ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع به دست آمد (جدول ٥). این امر ممکن است به علت بالا بودن عملکرد و تعداد بوته‌ها در کشت خالص باشد و چون تراکم ذرت در این حالت بالاتر بود با کارایی بیشتری از منابع محیطی استفاده کرده و بیشترین عملکرد حاصل شده است. موسویان و سید محمدی (۱۳۹٤) و توحیدی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۳) نیز با کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان اعلام کردند که بیشترین عملکرد دانه ذرت در کشت خالص ذرت حاصل شد. لک و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند که با افزایش تراکم ذرت عملکرد افزایش یافت و بیشترین عملکرد در بالاترین تراکم، ۹ بوته در مترمربع حاصل شد.

جدول ٥- میانگین صفات مختلف ذرت در کشت مخلوط با آفتابگردان.

	تیمار	تعداد بلال در بوته	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال	وزن صد دانه(گرم)	عملکرد دانه در بوته (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
خالص ذرت	ذرت ۸/۳ بوته در متر مربع (T3)	۱	٤۲/۳۳ ab	۱٥/۱۷	۲٤/۱۷ ab	۱٤۹/۹ ab	۱۲٤۸۰ a
	ذرت ۶/۶ بوته در متر مربع (T4)	۱	٤٤/۷۳ a	۱٥/۲۲	۲٤/۷٥a	۱٦۳/۱ a	۱۰۸٦۰b
جایگزینی ۱:۲	آفتابگردان ۸/۳+ ذرت ۸/۳ بوته در متر مربع (T5)	۱	۳۸/۸ abc	۱٤/۷۳	۲۱/۱۷ abcd	۱۱٥/٥cdef	۳۲۷۰c
	آفتابگردان ۶/۶+ ذرت ۶/۶ بوته در متر مربع (T6)	۱	٤۱/٥۷ab	۱٥/۱۳	۲۳/۳۷ab	۱٤۱/٦abc	۳۲۰۷ c
	آفتابگردان ۶/۶+ ذرت ۸/۳ بوته در متر مربع (T7)	۱	٤۰/۱۷ ab	۱٤/۷۳	۲۱/۸۸ abcd	۱۲۳/۸bcde	۳٥۰۷c
	آفتابگردان ۸/۳+ ذرت ۶/۶ بوته در متر مربع (T8)	۱	٤۰/۸۳ab	۱٤/۸۷	۲۳/۰۸abc	۱۳٥/۸abcd	۳۰۷٦ c
جایگزینی ۱:۳	آفتابگردان ۸/۳+ ذرت ۸/۳ بوته در متر مربع (T9)	۱	۳۱/۳c	۱٤/۳۸	۱۷/۰۸e	۷۱/۰۲g	۱٤۷۹d
	آفتابگردان ۶/۶+ ذرت ۶/۶ بوته در متر مربع (T10)	۱	۳۸/۰۷abc	۱٤/٥۸	۲۰/۲۰bcde	۱۰٥/۸def	۱۷٦۲ d
	آفتابگردان ۶/۶+ ذرت ۸/۳ بوته در متر مربع (T11)	۱	۳٤/٥۷ bc	۱٤/۰۳	۱۸/۰۷de	۸۳/٤۱fg	۱۷۳۷ d
	آفتابگردان ۸/۳+ ذرت ۶/۶ بوته در متر مربع (T12)	۱	۳٤/۷۷bc	۱٤/۷	۱۸/۸۷cde	۹۲/۹٤efg	۱٥٤۸ d

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ٥٪).

ارزیابی سودمندی کشت مخلوط

مقادیر LER در کلیه تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک شد (جدول ٦). این موضوع، نشانگر سودمند بودن کشت مخلوط نسبت به حالت تک‌کشتی می‌باشد. دلیل آن می‌تواند وجود اختلافات مرفولوژیک دو گونه و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های مختلف و بهره‌برداری بهینه از منابع باشد. نقش اختلافات مرفولوژیک در دستیابی به LER بالاتر توسط مظاهری (۱۳۷۳) گزارش شده است. بالاترین مقدار LER (۱/۱٦) در شرایط ٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول ٦). این امر از تراکم مطلوب هر دو گونه در این شرایط و استفاده بهتر از منابع محیطی ناشی شده است و این دو گیاه در این تیمار با کارایی بیشتری توانسته‌اند از منابع محیطی استفاده کنند. هاشمی دزفولی و همکاران (۱۳۷۹)، توحیدی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۳) و موسویان و سید محمدی (۱۳۹٤) نیز اعلام کردند با کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت مقدار LERبه ترتیب به ۱/۱۸، ۱/۱۷ و ۱/۱٦ رسید. مظاهری (۱۳٦٤) نیز در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و لوبیاچیتی اظهار کرد که سودمندی کلیه مخلوط‌ها بیشتر از کشت خالص بود. بالاترین LER در نسبت پایین کشت (۱:۲) حاصل شد. در نسبت پایین کشت، دو گیاه توانستند اثرات مکملی بیشتری روی یکدیگر داشته باشند. حسینی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی عنوان کردند که بالاترین LER در نسبت پایین کشت (۱:۲) حاصل شد.

جدول ٦– مقادیر LER در تیمارهای کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت.

تیمار	عملکرد نسبی آفتابگردان	عملکرد نسبی ذرت	LER
T5	۰/۸۱۵	۰/۲۹۲	۱/۱۰۷
T6	۰/۸۵۹	۰/۳۰۱	۱/۱٦۰
T7	۰/۷۹۱	۰/۳۱۱	۱/۱۰۲
T8	۰/۸٤۲	۰/۲۹۳	۱/۱۳۵
T9	۰/۸۵٦	۰/۱٤۹	۱/۰۰۵
T10	۰/۸۲۸	۰/۱۹۲	۱/۰۲
T11	۰/۸۲۳	۰/۱۷۹	۱/۰۰۲
T12	۰/۸۵۸	۰/۱۷۳	۱/۰۳۱

T5= ۱:۲ (٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ۸/۳ + ۳٤٪ ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع)، T6= ۱:۲ (٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع)، T7= ۱:۲ (٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ + ۳٤٪ ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع)، T8= ۱:۲ (٦٦٪ آفتابگردان با تراکم ۸/۳ + ۳٤٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع)، T9= ۱:۳ (۷۵٪ آفتابگردان با تراکم ۸/۳ + ۲۵٪ ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع)، T10= ۱:۳ (۷۵٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ + ۲۵٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع)، T11= ۱:۳ (۷۵٪ آفتابگردان با تراکم ٦/٦ + ۲۵٪ ذرت با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع)، T12= ۱:۳ (۷۵٪ آفتابگردان با تراکم ۸/۳ + ۲۵٪ ذرت با تراکم ٦/٦ بوته در مترمربع).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتیجه آزمایش با این که عملکرد ذرت در حالت کشت مخلوط نسبت به خالص آن کمتر بود ولی افزایش عملکرد آفتابگردان در حالت مخلوط نسبت به خالص آن بیشتر از کاهش عملکرد ذرت بود و لذا بین دو گیاه در حالت کشت مخلوط حالت مکملی مثبت مشاهده شد و در کلیه حالات کشت مخلوط سودمندی مشاهده گردید که در این زمینه بیشترین سودمندی در نسبت کشت ۱:۲ و تراکم پایین هر دو گیاه وجود داشت به نحوی که نسبت برابری زمین در بیشترین حالت به ۱/۱٦ رسید که حدود ۱٦ درصد در سطح کشت صرفه‌جویی می‌گردد؛ بنابراین کشت مخلوط این دو گیاه به علت تولید بیشتر در واحد سطح و همچنین ایجاد تنوع در سامانه زراعی که یکی از ارکان مهم کشاورزی پایدار محسوب می‌شود مفید ارزیابی می‌گردد.

منابع

بابایی اقدم، ج.، م. عبدی و م. خیاوی. ۱۳۸۸. اثرات سطوح مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد آفتابگردان رقم آذرگل در منطقه تاکستان. مجله دانش نوین کشاورزی. جلد ۵، (١٤): ۱۲– ۱.

بهرامی، ا.، ع. نصراله زاده اصل و م. زهدی اقدم. ۱۳۹۰. اثر تراکم و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در شهرستان پلدشت. پژوهش در علوم زراعی. جلد ٤، (۱۳): ۱۲۹–۱۱۵.

پارسا، م. و ع. ا. باقری. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۵۲۲ صفحه.

پورسخی، ن. و م. ر. خواجه پور. ۱۳۹۳. تأثیر آرایش کاشت و تراکم بوته بر رشد و عملکرد آفتابگردان. نشریه زراعت. ١٠٤: ٥٤– ٦١.

توحیدی نژاد، ع.، د. مظاهری، و ا. قلاوند. ۱۳۸۳. بررسی کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان. پژوهش و سازندگی، جلد ۱۷، (٦٤): ٤٥–۳۹.

حسینی، س. م.، د. مظاهری و م. جهانسوز. ۱۳۸۳. تأثیر آرایش کشت بر عملکرد علوفه ارزن مرواریدی و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲۰، (۱): ۱۲۳ – ۱۱۷.

ضیاء حسینی، ث. س. و م. ت. برار پور. ۱۳۸۱. اثرات آللوپاتی مقادیر و مراحل مختلف رشد آفتابگردان روی ظهور و رشد ذرت. مجله علوم زراعی ایران، جلد ٤، (۲): ١١٦ – ١٠٧.

عبادی، س. م.، م. میرهادی، م. مبلغی و ح. باقری. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر تراکم بوته و آرایش کاشت بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه و ویژگی‌های کمی و کیفی آفتابگردان در منطقه دشت ناز ساری. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۲، (۱): ۷۸ – ٦٧.

کامکار، ب. و ع. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۷. مبانی کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۱۵ صفحه.

لک، ش.، ع. مدحج، م. علوی فاضل، م. مجد و م. گوهری. ۱۳۸۹. اثر تنش کمبود آب، سطوح نیتروژن و تراکم بوته بر شاخص های رشد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ در شرایط خوزستان –رامین. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۲، (۲): ٦٦ – ٤٥.

مظاهری، د. ١٣٦٤. کشت مخلوط ذرت و لوبیا. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران. جلد ١٦، (۱): ۲۵–۱۹.

مظاهری، د. ۱۳۷۳. زراعت مخلوط. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران. ٢٦٢ صفحه.

منصوری، ا. ۱۳۸۹. بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا در تاریخ‌های کاشت مختلف. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۳، (۱): ٢١٦– ٢٠٩.

موسویان، س. ن. و س. ع. سید محمدی. ١٣٩٤. اثر نیتروژن و الگوهای کشت بر صفات مورفولوژیک و شاخص های رشد در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۷، (٢٦): ۱۲۰– ۱۰۵.

میرزاده، ی. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر کشت مخلوط، تراکم کاشت و سرزنی ذرت بر خصوصیات رویشی و زایشی ذرت و سویا در شرایط ارومیه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه. ۸۷ صفحه.

هاشمی دزفولی، س. ا.، ع. ابدالی و س. ع. سیادت. ۱۳۷۹. تأثیر نسبت اختلاط و تاریخ کاشت بر روی عملکرد کمی و کیفی علوفه و دانه در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان در منطقه اهواز. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۲، (۲): ۱۲–۱.

Amini, R., M. Shamayeli, A. Dabbagh Mohammadinasab, S. Ghanepour and S. Alavi-Kia. 2013. Relative yield total of two- and three-species intercropping of soybean, maize and sunflower. Intl. J. Agri. Crop Sci. 11: 1260-1264.

Akunda, E. M. 2001. Intercropping and population density effects on yield component, seed quality and photosynthesis of sorghum and soybean. Afr. J. Food Sci. 6: 96 – 100.

Baumann, D. T., L. Bastians, I. Gaudian, H. H. Vanlar and M. J. Krof. 2002. Analyzing crop yield and plant quality in an intercropping system using an ecophysiological model for interplant competition. Agric. Sys. 13: 173 – 203.

Hussain, Z., K. Bahadar, F. Marwat and T. Bakht. 2013. Influence of intercropping in maize on performance of weeds and the associated crops. Pak. J. Bot., 45: 1729-1734.

Jean Baht, J. B., S. K. Zahirshah and A. Aayyun. 1989. Yield and yield components of maize and sunflower sown alone in different combinations under various levels of nitrogen. Sarhad J. Agric. Pak. 5: 49-58.

Mead, R. and Willy, R. W. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. Exp. Agric. 16: 217-218.

Nadi, L. A. and I. Haque. 2008. Forage legume-cereal systems: improvement of soil fertility and agricultural production with special reference to sub-Saharan Africa. ILCA, P.O. Box 5689, Addis Ababa, Ethiopia. from www.fao.org/Wairdocs /ILRI htm.

Olowe, V. I. O. and O. A. Adebimpe. 2009. Intercropping sunflower with soybeans enhances total productivity. Biol. Agric. Hortic. 26**:** 365-377.

-Robinson, R. G. 1984. Sunflower for strip row, and rely intercropping. Agron. J. 76: 43 – 46.

Saudy, H. S. and I. M. Elmetwally. 2009. Weed management under different patterns of sunflower – soybean intercropping. J. Central Eur. Agric10:41-52.

Singh, J. K. 2007. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and French bean (*Phaseolus vulgaris*) intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rainfed comditions of temperate Kashmir. India. J. Agron. 52: 36-45.

Shafshak, S. E., E. S. Shokr and B. A. Ahmar. 1989. Studies on soybean and sunflower intercropping, plant characteristics, yield and yield components of soybean and sunflower. Field Crops Res. 10: 41-56.

Shahkarami, G. and Rafiee, M. 2009. Response of corn (*Zea mays* L.) to planting pattern and density in Iran. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 5: 69-73.

Sullivan, P. 2003. Intercropping principles and practices. Available: http://www.attar.Ncat.org.

Evaluation of sunflower (*Heliantus annus* L.) and corn (*Zea mays* L.) intercropping based on replacement method in Khoy region

A. Nasrollahzadeh Asl [1], M. Talebi [2]

Received: 2015-06-14 Accepted: 2016-02-17

Abstract

In order to study the effect of intercropping sunflower and corn in a replacement method, an experiment was conducted as randomized complete blocks design with three replications and 12 treatments at Khoy in 2013. Treatments, were as follows: Eight treatments of replacement intercropping with 2:1 and 3:1 proportions of sunflower and corn (6.6 and 8.3 plants m^{-2} for sunflower and 6.6 and 8.3 plants m^{-2} for corn), two sole cropping of sunflower (6.6 and 8.3 plants m^{-2}) and two sole cropping of corn (6.6 and 8.3 plants m^{-2}). Results showed that the effect of intercropping was significant on sunflower plant height; diameter of head; seed per head, 100-seed weight and also seed yield per plant and the highest seed yield per plant were obtained from intercropping treatments. Effect of intercropping was significant on corn grains per row; 100-seed weight; grain yield per plant and also the highest grain yield per plant were obtained from sole cropping treatment of corn. The highest LER (1.16) was obtained with 66% sunflower with density of 8.3 plants m^{-2} + % 34 corn with density of 8.3 plants m-^{2}. These two crops have used more environmental resources and therefore this treatment is recommended the best intercropping pattern in this region.

Key words: Density, intercropping, yield and LER

1- Assistant prof., Department of Agronomy, Khoy Science and Research Branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran
2- M.Sc Graduated student Department of Agronomy, Khoy Science and Research Branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran