دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دهم، شماره سی و سوم، ۱۳۹۷

ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی در نسبت‌های گوناگون کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان

محمد قلی‌پور[۱]، پیمان شریفی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/٤/۳۰

چکیده

کشت مخلوط علاوه بر افزایش عملکرد در مقایسه با کشت خالص، سبب افزایش تنوع زیستی در اکوسیستم‌های کشاورزی می‌گردد. به منظور ارزیابی عملکرد دانه و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط آفتابگردان (Helianthus annuus L.) و لوبیای محلی گیلان (Phaseolus vulgaris L.)، آزمایشی در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان صومعه‌سرا، ایران، اجرا شد. نسبت‌های کشت شامل ۱۰۰:۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ (لوبیا:آفتابگردان) به روش جایگزینی بودند. نسبت‌های گوناگون کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه لوبیا و در آفتابگردان بر ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد طبق در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه داشتند. مقادیر نسبت برابری زمین (LER)، در نسبت‌های کشت ۲۵:۷۵ و ۵۰:۵۰ (لوبیا:آفتابگردان) کمتر از یک بود، حال آنکه در نسبت کشت ۷۵:۲۵ لوبیا:آفتابگردان، برابر با ۱/۱۵ گردید، که نشان می‌دهد این نسبت دارای سودمندی ۱۵ درصد در مقایسه با سامانه تک‌کشتی بود. ضریب ازدحام نسبی (RCC) در نسبت‌های کشت ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ (لوبیا:آفتابگردان) برای آفتابگردان بیشتر از یک بود، بنابراین این گونه به عنوان گیاه غالب بود و لوبیا با مقادیر RCC کمتر به عنوان گیاه مغلوب بود. شاخص نسبت رقابت (RC) در تمام نسبت‌های کشت برای لوبیا کمتر از یک بود، که نشان می‌دهد لوبیا در سامانه کشت مخلوط نسبت به آفتابگردان قابلیت رقابت کمتری دارد. در مجموع به نظر می‌رسد که سامانه کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان مزیت قابل توجهی در مقایسه با کشت خالص داشت و نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) بهترین نسبت کشت بود.

واژه‌های کلیدی: رقابت، ضریب ازدحام نسبی، نسبت برابری زمین، شاخص نسبت رقابت.

قلی پور، م. و پ. شریفی. ۱۳۹۷. ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی در نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۳: ۱۳۷-۱۲۷.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، رشت، ایران

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: Peyman.sharifi@gmail.com

مقدمه

کشت مخلوط، کشت دو یا چند گیاه در یک قطعه زمین و در طول یک سال زراعی، در سطح وسیعی از کشورهای پیشرفته و نیز کشورهای توسعه‌نیافته و در حال توسعه مناطق حاره‌ای رایج است (باومَن و همکاران، ۲۰۰۲) و دارای کارایی بالای در استفاده از عوامل محیطی و حفاظت بیشتر محصولات در مقابل ناملایمات طبیعی است (اِنجوکو و همکاران، ۲۰۰۷). کشت مخلوط بقولات و غیر بقولات با توجه به متفاوت بودن تغذیه آن‌ها از نیتروژن سبب افزایش عملکرد می‌شود، به نحوی که بقولات از نیتروژن جوی و غیر بقولات از نیتروژن موجود در خاک تغذیه می‌کنند و در نتیجه رقابت دو گونه از لحاظ نیتروژن کاهش می‌یابد و نتیجه این امر کاهش مصرف کود نیتروژنه و جلوگیری از آلودگی محیط زیست است (کوش‌واها و دِ، ۱۹۸۷؛ بانیک و همکاران، ۲۰۰۶). مزایای بالقوه کشت مخلوط بقولات با آفتابگردان شامل تثبیت نیتروژن، کنترل فرسایش خاک و بهبود ساختار و محتوای ماده آلی خاک می‌باشد (بیدرِبک و باومَن، ۱۹۹٤). از دیگر مزایای کشت مخلوط، مهار علف‌های هرز است، به‌طوری‌که مشخص شده است در کشت‌های مخلوط ذرت با لوبیا و آفتابگردان با لوبیا، مقدار علف‌های هرز، بیشتر از کشت خالص هر یک از اجزای کشت مخلوط مهار می‌گردد (وان درمیر، ۱۹۸۹). عملکرد نسبی اجزاء مخلوط بستگی به زمان کاشت، الگوی کاشت، کاربرد کود، رقابت گونه‌های زراعی مخلوط و آفات دارد (اُلوو و همکاران، ۲۰۰٦).

در زمینه کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان، پژوهش‌های متعددی انجام شده است. کندل و همکاران (۱۹۹۷) بقولات (یک‌ساله) را همزمان با آفتابگردان و در مراحل رشدی ٤ و ۱۰ برگ توسعه‌یافته آفتابگردان کاشتند و نتیجه گرفتند که بقولات همزمان کاشته شده به صورت قابل توجهی تولید زیست توده و عملکرد دانه آفتابگردان را کاهش دادند، که نتیجه رقابت برای منابع بین گونه‌های مخلوط بود. از سوی دیگر، زمانی که بقولات در مراحل رشدی ٤ و ۱۰ برگ توسعه‌یافته آفتابگردان کاشته شدند، رقابت برای منابع کمتر بود و در نتیجه تولید ماده خشک و عملکرد دانه آفتابگردان به طور معنی‌داری نسبت به شاهد تفاوت نداشت. آرایش آفتابگردان–ذرت–لوبیا گزینه مناسبی برای کشاورزان کوچک می‌باشد و می‌تواند منبع درآمد اضافی برای آن‌ها ایجاد کند (گومز و همکاران، ۲۰۱۵). نصراله‌زاده اصل و همکاران (۱۳۹۱) با کشت مخلوط آفتابگردان–لوبیا چیتی (Phaseolus vulgaris L.) نشان دادند که در آفتابگردان، اثر کشت مخلوط روی ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه در واحد سطح کشت معنی‌دار بود. بیشترین قطر طبق، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه در واحد سطح کشت در تیمار کشت خالص آفتابگردان وجود داشت. همچنین بالاترین نسبت برابری زمین (LER) به مقدار ۱/۳۵۳ به کشت مخلوط ۱۰۰ درصد آفتابگردان (چهار بوته در متر مربع) + ۵۰ درصد لوبیا چیتی (۲۰ بوته در متر مربع) تعلق داشت. مورالس و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا از منابع محیطی با کارایی بیشتری استفاده گردید و مقدار LERبه ۱/۸۰ رسید. همچنین ایبرار و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که با کشت مخلوط آفتابگردان و ماش (Vigna mungo L.)، میزان سودمندی نسبت به کشت خالص آنها بیشتر شد. رضائی چیانه و همکاران (۱۳۹٤) در پژوهشی نشان دادند که بیشترین عملکرد دانهٔ آفتابگردان و باقلا (Vicia faba L.) از کشت مخلوط ردیفی بدست آمد و همچنین بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۸۵) از کشت مخلوط چهار ردیف باقلا + دو ردیف آفتابگردان به‌دست آمد.

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد لوبیای محلی گیلان و آفتابگردان در نسبت‌های کشت خالص و مخلوط آن‌ها و تعیین سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳، بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در استان گیلان و در یکی از اراضی پیرامون شهرستان صومعه‌سرا (با طول جغرافیایی ٤۱ درجه و عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا) به اجرا درآمد. محل آزمایش از نظر آب و هوا و طبقه‌بندی اقلیمی جزو مناطق معتدل و مرطوب محسوب می‌شود که دارای متوسط بارش سالیانه حدود ۱۰۵۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه حدود ۱٦/۲ درجه سانتی‌گراد است. میانگین دمای روزانه طی انجام آزمایش، ۲۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۸۱ درصد بود. همچنین در طول دوره آزمایش، ۲۰۰ میلی‌متر بارندگی رخ داد. نتایج حاصل از تجزیهٔ خاک مزرعه آزمایشی نشان داد که pH خاک ٦/۱، هدایت الکتریکی خاک (EC) حدود ۰/۳۷۲ دسی زیمنس بر متر، بافت خاک از نوع لوم، رسی، شنی و با درصد لوم، رس و شن به ترتیب برابر با ۲۵/۸، ۲۷/٦، ٤٦/٦ بود.

در این تحقیق از رقم آفتابگردان رکورد و توده محلی لوبیای گیلان استفاده شد. تیمارها شامل ۵ نسبت کشت لوبیا:آفتابگردان (۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰) بودند. رقم رکورد آفتابگردان از بخش دانه‌های روغنی موسسه اصلاح نهال و بذر کرج تهیه شد. توده محلی لوبیای گیلان، که ژنوتیپ رایج در استان گیلان است، از مرکز تحقیقات کشاورزی استان گیلان تهیه گردید. جهت تهیه بستر کشت، شخم نسبتاً عمیقی در اویل بهار زده شد و پس از آن زمین دیسک زده شد و پیش از اجرای آزمایش تسطیح شد. هر بلوک شامل ۵ کرت بود، که فاصله هر بلوک از بلوک دیگر ۲ متر بود. ابعاد هر کرت ۳ × ٤ متر و با ٦ ردیف کشت و فاصله‌ی بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر بودند. فاصله بوته‌های آفتابگردان روی ردیف کشت ۵۰ سانتی‌متر و لوبیا ۱۰ سانتی‌متر بود. خط‌های نخست و ششم هر کرت، در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط به آفتابگردان اختصاص داده شد و نسبت‌های کشت با توجه به اختصاص چهار خط میانی، تعین شدند. زمین محل آزمایش در سال قبل آیش بود و در پاییز سال قبل شخم زده شده بود. در فروردین معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (٤٦٪ نیتروژن) و ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به صورت سوپر فسفات تریپل روی زمین پاشیده شد و به وسیله دیسک با خاک مخلوط گردید. نصف دیگر کود اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت سرک و در مرحلهٔ ۷–۸ برگی آفتابگردان به صورت سرک در مزرعه توزیع شد. کشت بذور آفتابگردان و لوبیا در تاریخ ۱۵ اردیبهشت انجام شد. اعمال دورهای آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها (۱۵ روز پس از کاشت) صورت گرفت. به نحوی که در طول دوران رشد عملیات آبیاری طبق عرف منطقه هر ٤–۵ روز یکبار انجام گرفت. برداشت لوبیای محلی در اواخر تیر و برداشت آفتابگردان در اوایل شهریور انجام شد.

یادداشت‌برداری صفات از خطوط میانی به جهت کاهش اثرات حاشیه‌ای در مراحل مختلف رشد از جوانه‌زنی تا رسیدگی انجام شد. صفات مورد بررسی در لوبیا شامل عملکرد دانه خشک، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف و وزن صد دانه بود. همچنین صفات مورد بررسی در آفتابگردان شامل ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد طبق در بوته، **تعداد** دانه در طبق، وزن صد دانه و عملکرد دانه بود. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه آفتابگردان، برداشت در زمانی انجام شد کـه پشـت طبق‌ها کاملاً قهوای شده بود (رطوبت ۲۰ درصد). نمونه‌های دانه هر دو گونه گیاهی به طور جداگانه در پاکت‌های کاغذی در آون تهویه‌دار با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ٤۸ ساعت قرار داده شدند، تا رطوبت آنها به ۱۲ درصد برسد.

برای ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از پارامترهای زیر استفاده شد:

برای تعیین نسبت برابری زمین[1] (LER)، عملکرد نسبی هر جزء محاسبه و از مجموع آنها میزان LER محاسبه شد (دِهیما و همکاران، ۲۰۰۷).

$$LER_b = \frac{Y_b}{Y_s}$$

که در آن، LER_b، نسبت برابری زمین جزئی لوبیا، Y_b عملکرد لوبیا در کشت مخلوط و Y_s عملکرد لوبیا در کشت خالص است.

$$LER_h = \frac{Y_h}{Y_s}$$

که در آن، LER_h، نسبت برابری زمین جزئی آفتابگردان، Y_h عملکرد گونه آفتابگردان در کشت مخلوط و Ys عملکرد گونه آفتابگردان در کشت خالص است.

نسبت برابری زمین در دو گونه کشت شده از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$LER = \frac{Y_b}{Y_s} + \frac{Y_h}{Y_s}$$

در فرمول بالا، LER نسبت برابری زمین، Y_b عملکرد گونه لوبیا در کشت مخلوط، Y_hعملکرد گونه آفتابگردان در کشت مخلوط و Y_s عملکرد هر کدام از گونه‌ها در کشت خالص است.

برای محاسبه ضریب ازدحام نسبی[2] (RCC) که در واقع معرف میزان رقابت بین لوبیا (b) و آفتابگردان (h) است، ابتدا با استفاده از رابطه زیر، ضریب ازدحام نسبی هر یک از دو گونه محاسبه شد و سپس ضریب ازدحام نسبی کل به دست آمد (ییلماز، ۲۰۰۸):

$$k_{bean} = \frac{Y_{bh} \times Z_{hb}}{(Y_{bb} - Y_{bh}) Z_{bh}}$$

در این رابطه k_{bean}، ضریب ازدحام نسبی گونه b (لوبیا)، Y_{bh} عملکرد گونه b (لوبیا) در زراعت مخلوط، Y_{bb} عملکرد گونه b (لوبیا) در کشت خالص، Z_{bh} نسبت مخلوط گونه b

1. Land equivalence ratio
2- Relative Crowding Coefficient

(لوبیا) و Z_{hb} نسبت مخلوط گونه h (آفتابگردان) می‌باشد (پیلماز، ۲۰۰۸).

$$k_{\text{sunflower}} = \frac{Y_{hb} \times Z_{bh}}{(Y_{hh} - Y_{hb}) Z_{hb}}$$

در این رابطه $k_{sunflower}$، ضریب ازدحام نسبی گونه h (آفتابگردان)، Y_{hb} عملکرد گونه h (آفتابگردان) در زراعت مخلوط، Y_{hh} عملکرد گونه h (آفتابگردان) در کشت خالص و Z_{bh} نسبت مخلوط گونه b (لوبیا)، Z_{hb} نسبت مخلوط گونه h (آفتابگردان) می‌باشد.

$$RCC = k_{sunflower} \times k_{bean}$$

ضریب ازدحام نسبی (RCC) از حاصلضرب ضریب ازدحام نسبی دو گونه محاسبه شد. اگر این شاخص بزرگتر از یک باشد، بیانگر سودمند بودن زراعت مخلوط است و اگر مساوی با یک باشد، نشان می‌دهد که در کشت مخلوط نسبت به سامانه تک‌کشتی هیچگونه کاهش یا افزایش محصول اتفاق نمی‌افتد و نشاندهنده برقراری تعادل یا موازنه در کشت مخلوط است. همچنین اگر این شاخص کمتر از یک باشد، بیانگر این است که میزان محصول بدست آمده از زراعت مخلوط کمتر از محصول تک‌کشتی است (شریفی و همکاران، ۲۰۰۶).

شاخص نسبت رقابت[1] (CR=) نشاندهنده نسبت مقادیر LER جزئی هر کدام از دو گونه گیاهی است و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (دِهیما و همکاران، ۲۰۰۷)::

$CR_{sunflower}=(LER_{sunflower}/LER_{bean})(Z_{bh}/Z_{hb})$,
$CR_{bean}=(LER_{bean}/LER_{sunflower})(Z_{hb}/Z_{bh})$

شاخص دیگری که برای ارزیابی سودمندی رقابت محاسبه شد، سهم عملکرد هر کدام از ارقام بود که با استفاده از روابط زیر ارزیابی شد (مظاهری، ۱۹۹۸):

$$P_b = \frac{LER_b}{LER}$$

$$P_b = \frac{LER_h}{LER}$$

که در روابط فوق P_b و P_h به ترتیب سهم عملکرد لوبیا و آفتابگردان را نشان می‌دهند. LER_b، LER_h و LER به ترتیب نشاندهنده نسبت برابری زمین جزئی لوبیا و آفتابگردان و نیز نسبت برابری زمین جزئی هستند. شاخص سهم عملکرد یا عملکرد نسبی برای ارزیابی سود تولید (آسکولتز و همکاران، ۱۹۸۲) و برتری کشت مخلوط در ارتباط با LER (الکساندر و جنتر، ۱۹۶۲) در شرایط استفاده از کشت مخلوط به کار برده می‌شود. این شاخص نشان می‌دهد که ترکیبات کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری دارد و سودمندی کشت خالص و کشت مخلوط با استفاده از این شاخص نشان داده می‌شود (ویلی، ۱۹۹۰).

تجزیه آماری بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. برای این محاسبات از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات

تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط فقط بر تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۱). در آفتابگردان، تأثیر کشت مخلوط بر صفات ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد طبق در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌های صفات لوبیا تحت تأثیر کشت مخلوط نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۲/۹۰) در شرایط کشت خالص لوبیا و پس از آن نسبت کشت ۲۵:۷۵ (لوبیا:آفتابگردان) ایجاد شد. کاهش تعداد غلاف لوبیا در مقایسه با کشت خالص آن را می‌توان به رقابت شدید لوبیا با آفتابگردان نسبت داد. بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه به ترتیب با مقادیر ۲۱۶۰ و ۳۲۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط کشت‌های خالص لوبیا و نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) بدست آمد (جدول ۳). در تطابق با نتیجه پژوهش حاضر، نصرالله‌زاده اصل و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که بالاترین عملکرد دانه لوبیا چیتی (Phaseolus vulgaris L.) در واحد سطح کشت در شرایط کشت خالص لوبیا حاصل گردید. به نظر می‌رسد که حداکثر بودن تراکم لوبیا در شرایط کشت خالص موجب شده باشد که این گیاه از عوامل محیطی به نحو بهینه‌ای استفاده کرده باشد و در نتیجه حداکثر عملکرد دانه تولید شده باشد.

1- Competition Ratio

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد و سایر صفات لوبیای محلی گیلان در نسبت‌های گوناگون کشت مخلوط لوبیا:آفتابگردان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	طول غلاف	وزن صد دانه	تعداد غلاف در بوته	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۳/۶۸^{ns}	۰/۱۳^{ns}	٦۰۰^{ns}	۱۰/۵٦^{ns}	۲/۸٦^{ns}	۹۰۳۱/٦٤^{ns}
کشت مخلوط	۳	۳۲/٦۲^{ns}	۰/٤٤^{ns}	۵۱۰^{ns}	۹/۵^{ns}	٤/۸۲*	۱٦۸٦۲۳٤/۳۷**
خطای آزمایشی	٦	۱٦/۱۸	۰/۷۰	۰/۳۱	۱۷/٦٤	۱/۰۲	۱۱۵٦۷/۵۷
ضریب تغییرات		۷/۵۱	۱٤/۹۹	٤/۷۵	۷/۷۷	۸/۸۸	۹/۳۱

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

جدول ۲-تجزیه واریانس عملکرد و سایر صفات آفتابگردان در نسبت‌های گوناگون کشت مخلوط لوبیا:آفتابگردان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد طبق در بوته	قطر طبق	ارتفاع بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	تعداد دانه در طبق	تعداد برگ در بوته
تکرار	۲	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۹۱^{ns}	۵٤/٤۸^{ns}	۰/۲۹^{ns}	۹۰۱/٦۹^{ns}	۳۵۸۵٦/۳۳^{ns}	۳/۰۵^{ns}
کشت مخلوط	۳	۰/۰۵۸*	٤/۸٦*	۲۳٦۳/۰۸*	۰/۵٤*	٦۲۳۲۱٦٤/۷۱**	٤٦۲٤۱/۰*	۱/۸٤^{ns}
خطای آزمایشی	٦	۰/۰۱۲	۰/۳۵	۳۲۰/٦۹	۰/۰۸۸	۱٦۲۳۸٦/۰۷	۷۵٦۵/۳۳	۱/۷۷
ضریب تغییرات		۹/۵٦	۳/۵۷	۹/۰۵	۲/۹۵	۱۵/٤۸	۱۷/۳۸	٦/٤۵

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

مقایسه میانگین‌های صفات آفتابگردان نشان داد که بیشترین تعداد طبق در بوته (۱/۳۵) در شرایط کشت خالص بدست آمد که با نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان ارتفاع بوته (۲۲۰/۱۰ سانتی‌متر) در نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با کشت خالص نداشت. اما در دو نسبت دیگر کشت مخلوط، ارتفاع بوته آفتابگردان کوتاه‌تر بود و باهم تفاوت معنی‌داری نداشتند. به نظر می‌رسد که به علت بالا بودن تراکم بوته در تیمار کشت خالص آفتابگردان و نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان)، رقابت نوری افزایش یافته و در اثر آن ارتفاع بوته آفتابگردان بیشتر شده باشد. سایر پژوهشگران نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا (Phaseolus vulgaris L.) گزارش کردند که بیشترین میزان ارتفاع بوته آفتابگردان در حالت کشت مخلوط حاصل شد که با نتیجه این پژوهش مطابقت دارد (الوبو و همکاران، ۲۰۱۳). همانطور که نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تأثیر کشت مخلوط بر تعداد برگ در بوته آفتابگردان معنی‌دار نشد، این نتیجه در تطابق با نتایج پژوهش‌های سینگ (۲۰۰۷) و نصرالله‌زاده اصل و همکاران (۱۳۹۱) می‌باشد، که نشان دادند کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا (Phaseolus vulgaris L.) تعداد برگ‌های آفتابگردان را تحت تأثیر قرار نداد. از آنجا که این صفت بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می باشد، لذا کشت مخلوط تأثیری بر آن نداشته است. بیشترین قطر طبق (۱۸/۳۸ سانتی‌متر) در شرایط کشت خالص آفتابگردان حاصل شد که با سه نسبت کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین تعداد دانه در طبق در شرایط کشت خالص (٦٦۱/۳۳) و پس از آن نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) بدست آمد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، در حالیکه این دو تیمار با نسبت‌های کشت ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ (لوبیا:آفتابگردان)، اختلاف معنی‌دار داشتند. در تطابق با نتیجه پژوهش حاضر مبنی بر کاهش تعداد دانه در طبق در کشت مخلوط، نصرالله‌زاده اصل و همکاران (۱۳۹۱) نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا چیتی اعلام کردند که در کشت مخلوط رقابت برون‌گونه‌ای افزایش یافت و در اثر آن قطر و تعداد دانه در طبق آفتابگردان کاهش یافت. این نتیجه همچنین در تطابق با نتیجه پژوهش یوج جینا ایج و همکاران (۱۹۹۱) در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیای سودانی (Cajanus cajan) و مورالس و همکاران (۲۰۰۹) در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا سبز است. بیشترین و کمترین وزن صد دانه به ترتیب در شرایط کشت خالص آفتابگردان

(۱۰/۵۰ گرم) و نسبت کشت (۲۵:۷۵) لوبیا:آفتابگردان حاصل شد. هرچند بین کشت خالص و نسبت‌های کشت ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ لوبیا:آفتابگردان از نظر وزن صد دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در تطابق با این قسمت از نتایج پژوهش حاضر، مبنی بر عدم اختلاف معنی‌دار بین کشت خالص و نسبت‌های کشت ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ (لوبیا:آفتابگردان)، مورالس و همکاران (۲۰۰۹) و نصرالله‌زاده اصل و همکاران (۱۳۹۱) نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و به ترتیب لوبیا سبز و لوبیا چیتی اعلام کردند که وزن صد دانه آفتابگردان تحت تأثیر کشت مخلوط قرار نگرفت. عملکرد دانه آفتابگردان در واحد سطح به شدت تحت تأثیر کشت مخلوط قرار گرفت، به طوری که بیشترین میزان آن در شرایط کشت خالص (۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن (۷۷۹/۱۷ کیلوگرم در هکتار) با نسبت کشت ۲۵:۷۵ (لوبیا:آفتابگردان) بدست آمد. این نتیجه در تطابق با نتایج تحقیق مورالس و همکاران (۲۰۰۹) و نصرالله‌زاده اصل و همکاران (۱۳۹۱) می‌باشد. به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط، رقابت برون‌گونه‌ای برای منابع به ویژه نور افزایش یافته و عملکرد دانه آفتابگردان کاهش یافته باشد. کاندهِرو و همکاران (۲۰۰۷) طی آزمایشی با کشت مخلوط آفتابگردان و ماش (Vigna mungo L.) اعلام کردند که به علت افزایش یافتن رقابت برون‌گونه‌ای، عملکرد دانه آفتابگردان در حالت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ۲۲ درصد کاهش یافت.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های برخی از صفات لوبیا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا:آفتابگردان

نسبت کشت (لوبیا؛ آفتابگردان)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد غلاف در بوته	وزن صد دانه (گرم)	طول غلاف (سانتی‌متر)	تعداد شاخه فرعی در بوته	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
ل:ل:ل:ل (۱۰۰:۰)	۲۱۶۰/۰۰^{a}	۱۲/۹۰^{a}	۵۲/۵۰^{a}	۱۲/۳۰^{a}	۵/۷۰^{a}	۵۶/۲۰^{a}
ل:ل:ل:آ (۷۵:۲۵)	۱۱۸۱/۲۵^{b}	۱۱/۸۰^{b}	۵۶/۰۰^{a}	۱۱/۹۷^{a}	۵/۳۳^{a}	۴۹/۸۰^{a}
ل:آ:ل:آ (۵۰:۵۰)	۹۰۷/۵۰^{c}	۹/۸۷^{b}	۵۵/۰۰^{a}	۱۱/۸۳^{a}	۵/۲۷^{a}	۵۶/۴۰^{a}
ل:آ:آ:آ (۲۵:۷۵)	۴۷۱/۲۵^{d}	۹/۱۳^{b}	۵۲/۵۰^{a}	۱۱/۳۰^{a}	۶/۱۰^{a}	۵۱/۷۰^{a}
LSD 5%	۲۱۴/۸۸	۲/۰۲	۸/۳۹	۱/۱۲	۱/۶۷	۸/۰۳

ل: لوبیا؛ آ: آفتابگردان

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترکی هستند،اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD5%).

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های برخی از صفات آفتابگردان در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا:آفتابگردان

نسبت کشت (:لوبیا؛ آفتابگردان)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر طبق (سانتی‌متر)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	تعداد برگ در بوته
ل:ل:ل:آ (۲۵:۷۵)	۷۷۹/۱۷^{c}	۹/۵۰^{b}	۱۸۱/۵۰^{b}	۱۵/۸۵^{b}	۱/۱۰^{b}	۳۶۹/۳۳^{b}	۲۰/۴۷^{a}
ل:آ:ل:آ (۵۰:۵۰)	۲۲۱۲/۵۰^{b}	۱۰/۰۰^{ab}	۱۶۶/۶۰^{b}	۱۶/۱۷^{b}	۱/۰۷^{b}	۴۴۸/۳۳^{b}	۱۹/۶۰^{a}
ل:آ:آ:آ (۷۵:۲۵)	۳۸۱۸/۷۵^{a}	۱۰/۲۵^{a}	۲۲۰/۱۰^{a}	۱۶/۵۰^{b}	۱/۲۰^{b}	۵۲۱/۶۷^{ab}	۲۱/۱۳^{a}
آ:آ:آ:آ(۱۰۰:۰)	۴۱۰۰/۰۰^{a}	۱۰/۵۰^{a}	۲۱۲/۸۳^{a}	۱۸/۳۸^{a}	۱/۳۵^{a}	۶۶۱/۳۳^{a}	۲۱/۳۳^{a}
LSD 5%	۸۰۵/۰۹	۰/۵۹	۳۵/۷۷	۱/۱۹	۰/۲۲	۱۷۳/۷۷	۲/۶۶

ل: لوبیا؛ آ: آفتابگردان

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترکی هستند،اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD5%)

سودمندی کشت مخلوط

نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین (LER)، در تیمارهای کشت مخلوط متفاوت بودند، به طوری که در نسبت‌های کشت ۲۵:۷۵ و ۵۰:۵۰ (لوبیا:آفتابگردان)، این مقادیر کمتر از یک بود، حال آنکه در نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان)، مقدار این شاخص برابر با ۱/۱۵ گردید. حالت LER=۱، بیانگر یکسان بودن محصول زراعت‌های تک‌کشتی و مخلوط است و مقادیر LER>۱ و LER<۱ به ترتیب نشان‌دهنده سودمندی و عدم سودمندی کشت مخلوط است (دِهیما و همکاران، ۲۰۰۷؛ سرلک و

آقاعلیخانی، ۱۳۸۸). مقدار LER=۱/۱۵ برای نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان)، نشانگر سودمند بودن کشت مخلوط با این نسبت می‌باشد و بیان می‌دارد که این نسبت کشت مخلوط لوبیا:آفتابگردان توانسته است مقدار محصول را نسبت به سامانه تک‌کشتی به میزان ۱۵ درصد افزایش دهد (جدول ۵). محققین دیگری هم گزارش کردند که در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا چیتی در شهرستان خوی (نصرالله‌زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۱)، آفتابگردان و لوبیای سودانی (Cajanus cajan) (یوج ج ینا ایج و همکاران، ۱۹۹۱) و آفتابگردان و لوبیا سبز در کشمیر (سینگ، ۲۰۰۷) مقدار LER بیشتر از یک بود. دلیل این سودمندی نسبی می‌تواند وجود اختلافات مورفولوژیک دو گونه و بهره‌برداری بهینه از منابع باشد. همچنین به علت تراکم مطلوب گیاهی در نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) و استفاده بهتر از منابع محیطی، این دو گیاه در این نسبت کشت مخلوط توانسته‌اند با کارایی بیشتری از منابع محیطی استفاده کنند. در تطابق با نتیجه حاصل از تحقیق حاضر، سادی و المِتولی (۲۰۰۹) طی آزمایشی اعلام کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا (Glycine max (L.) Merrill)، مقدار LER به ۱/۳۷ رسید. ایبرار و همکاران (۲۰۰۲) نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و ماش (Vigna mungo L.) نشان دادند که در حالت کشت مخلوط میزان سودمندی نسبت به کشت خالص آنها بیشتر بود. ساهو و همکاران (۲۰۰۳) با کشت مخلوط آفتابگردان و بادام زمینی (Arachis hypogea L.) اعلام کردند که در حالت کشت مخلوط سودمندی افزایش یافت و مقدار LER به ۱/٤٥ رسید. همچنین در تطابق با یافته‌های حاضر، در پژوهش دیگری فوئنته و همکاران (۲۰۱٤) در کشت مخلوط سویا (Glycine max (L.) Merrill) و آفتابگردان مقدار LER را برابر با ۱/۲۷ برآورد کردند که نشان می‌داد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هر دو گیاه، از کارایی بیشتری برخوردار بود. اِلوبو و همکاران (۲۰۱۳) با کشت مخلوط لوبیا قرمز و آفتابگردان با نسبت ۱:۱، مقدار LER را برابر با ۱/٤٨ برآورد کردند. همچنین اُلوو و آدبیمپِ (۲۰۰۹) در کشت مخلوط آفتابگردان رقم رکورد و سویا (Glycine max (L.) Merrill) در آرژانتین مقدار LER را برابر با ۱/۵۸ برآورد نمودند. در پژوهشی دیگر مقایسه‌ای بین سیستم‌های مختلف کشت مخلوط شامل آفتابگردان: ذرت، آفتابگردان: لوبیای چشم بلبلی (Vigna unguiculata) و آفتابگردان: لوبیا (Phaseolus vulgaris) انجام شد و نتایج نشان داد که مقادیر LER برای کشت مخلوط آفتابگردان: لوبیا بیشتر از آفتابگردان: ذرت بود، که احتمالاً به دلیل استفاده بیشتر گونه‌های بقولات از آب، نور و مواد مغذی باشد (گومز و همکاران، ۲۰۱۵).

بررسی نسبت برابری زمین اجزای مخلوط نیز نشان داد که مقادیر LER، لوبیا در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط پایین بود، در حالیکه مقادیر LER جزئی آفتابگردان در دو نسبت کشت ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ (لوبیا:آفتابگردان) به ترتیب برابر با ۰/۹۳ و ۰/٥٤ بود. کشت مخلوط بقولات همراه با سایر گیاهان می‌تواند سبب انتقال نیتروژن تثبیت‌شده توسط بقولات در خاک به گیاه همراه در کشت مخلوط شود و در نتیجه منجر به افزایش محصول گیاه همراه گردد (بانیک و همکاران، ۲۰۰٦). در تأیید این نظر، کوش‌واها و دِ (۱۹۸۷) گزارش کردند که نسبت کشت (٦٦:۳۳) نخود (Cicer arietinum L.)-خردل (Brassica juncea L.) دارای بیشترین تعداد گره تثبیت‌کننده نیتروژن و کمترین میزان نیتروژن موجود در خاک در مقایسه با سایر نسبت‌های کشت بود. بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن می‌تواند به عنوان عامل موثر دیگری در بهبود عملکرد در نسبت کشت مخلوط ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) به شمار آید.

جدول۵- اثر نسبت‌های مختلف کشت بر کارایی کشت مخلوط لوبیا:آفتابگردان

نسبت کشت (لوبیا؛ آفتابگردان)	RCC	K_h	K_b	CR_b	CR_h	P_h	P_b	LER	LER_h	LER_b
ل:ل:ل:آ (۲۵:۷۵)	۰/۲۸	۰/۷۰	۰/٤۰	۰/۹٦	۱/۰٤	۰/۲٦	۰/۷٤	۰/۷٤	۰/۱۹	۰/۵۵
ل:آ:ل:آ (۵۰:۵۰)	۱/۷۰	۲/۳٤	۰/۷۲	۰/۷۸	۱/۲۸	۰/۵٦	۰/٤٤	۰/۹٦	۰/۵٤	۰/٤۲
ل:آ:آ:آ (۷۵:۲۵)	۱/۷۹	٤/۵۳	۰/۸٤	۰/۷۰	۱/٤۲	۰/۸۱	۰/۱۹	۱/۱۵	۰/۹۳	۰/۲۲

ل: لوبیا؛ آ: آفتابگردان

p_b: سهم عملکرد لوبیا؛ p_h: سهم عملکرد آفتابگردان؛ CR_b: شاخص نسبت رقابت لوبیا؛ CR_h: شاخص نسبت رقابت آفتابگردان؛ k_b: ضریب ازدحام نسبی لوبیا؛ k_h: ضریب ازدحام نسبی آفتابگردان؛ RCC: ضریب ازدحام نسبی ؛ LER: نسبت برابری زمین؛ LER_h: نسبت برابری زمین جزئی آفتابگردان؛ LER_b: نسبت برابری زمین جزئی لوبیا

ضریب ازدحام نسبی

ضریب ازدحام یا تراکم نسبی (RCC) در دو نسبت کشت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) به ترتیب برابر با ۱/۷۰ و ۱/۷۹ و در نسبت کشت ۲۵:۷۵ (لوبیا:آفتابگردان) کمتر از یک (۰/۲۸) بود. این شاخص، میزان رقابت بین دو گونه را مشخص می‌کند که به روش جایگزینی با یکدیگر مخلوط شده‌اند. بنابر نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، زراعت مخلوط در نسبت‌های کشت ۲۵:۷۵ (لوبیا:آفتابگردان) به دلیل دارا بودن ضرایب تراکم نسبی کمتر از واحد سودمند نخواهد بود، اما بالاتر از یک بودن این ضریب در دو نسبت کشت دیگر، بیانگر سودمند بودن زراعت مخلوط در دو نسبت کشت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) بود.

چنانچه ضریب ازدحام نسبی برای هر دو گونه برابر با واحد باشد، نشاندهنده برقراری تعادل یا موازنه در کشت مخلوط است. اما اگر ضریب ازدحام نسبی برای هر گونه برابر با واحد نباشد، گیاهی که ضریب آن بیشتر است، گیاه غالب خواهد بود (سرلک و آقاعلیخانی، ۱۳۸۸). ضریب ازدحام نسبی در نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) برای آفتابگردان بیشتر از واحد (٤/۵۳) و برای لوبیا نزدیک به یک (۰/۸٤) بود. از آنجا که ضریب ازدحام نسبی برای لوبیا در تمام نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان در مقایسه با آفتابگردان کمتر بود و همچنین مقدار آن کمتر از واحد بود، این نشان می‌دهد که عامل رقابت در مورد گیاه لوبیا در تمام نسبت‌های کشت با شدت بیشتری اعمال شده است و گونه لوبیا، گونه مغلوب بوده است. با توجه به تفاوت‌های مورفولوژیک و ویژگی‌های فیزیولوژیک این دو گونه، انتظار بروز چنین نتیجه‌ای می‌رود، زیرا آفتابگردان به عنوان یک گیاه زراعی با ارتفاع بوته بلند، از سرعت رشد بالایی برخوردار است و در بهره‌برداری از منابع به ویژه نور بر جزء دوم کشت مخلوط (لوبیا) غلبه کرده است. برتری ضریب تراکم نسبی آفتابگردان نسبت به لوبیا این نتیجه‌گیری را تایید می‌کند. از آنجا که رشد سریعتر و پوشش گیاهی گسترده‌تر بقولات، باعث پوشش سریع خاک و در نتیجه کاهش تبخیر می‌گردد (خان و همکاران، ۲۰۰۵)، این موضوع می‌تواند منجر به افزایش کارایی استفاده از آب و در نتیجه بهبود عملکرد گیاه غالب آفتابگردان گردد. علاوه بر آن افزایش نفوذ تابش به درون پوشش گیاهی حاصل از کشت مخلوط و استفاده از نیتروژن آلی تثبیت شده در خاک نیز می‌تواند عامل موثر دیگری در افزایش عملکرد گونه‌های همراه با بقولات در کشت مخلوط به حساب آید. در ارتباط با برتری کشت مخلوط نسبت به سامانه تک‌کشتی، اختلاف ارتفاع و تفاوت دورهٔ رویش دو گونه گیاهی یکی از علل اصلی برتری کشت مخلوط نسبت به سامانه تک کشتی است. در همین راستا می توان جداسازی آشیان‌های اکولوژیک در جذب منابع و برقراری سازوکار کاهش رقابت را به عنوان توجیهی علمی برای سودمندی کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا نسبت به سامانه تک‌کشتی آنها ارائه کرد (سینگ، ۲۰۰۷).

شاخص نسبت رقابت (CR)

شاخص نسبت رقابت در تمام نسبت‌های کشت برای آفتابگردان بالاتر از واحد و برای لوبیا کمتر از یک بود. بیشترین میزان این شاخص (۱/٤۲) مربوط به آفتابگردان بود که در نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) حاصل شد. کمتر بودن این شاخص برای لوبیا نسبت به آفتابگردان نشان می‌دهد که لوبیا در سامانه کشت مخلوط نسبت به آفتابگردان کمتر قابلیت رقابت دارد. بر طبق نظر ویلی و رائو (۱۹۸۰)، CR معیار مناسب‌تری برای اندازه‌گیری قابلیت رقابت گیاه را فراهم می‌آورد و می‌تواند در مقایسه با RCC شاخص بهتری باشد. در زراعت مخلوط، سودمندی زمانی حاصل می‌شود که گیاهان تشکیل‌دهندهٔ مخلوط از نظر نحوه رشد و میزان جذب عوامل مؤثر در رشد (نور، آب و عناصر غذایی) با یکدیگر متفاوت باشند، زیرا در این صورت رقابت برون گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای می‌شود و با تقلیل رقابت، سودمندی کشت مخلوط تضمین می شود (مظاهری، ۱۹۹۸).

شاخص عملکرد نسبی (p_i)

تعیین درصد عملکرد هر جزء در کشت مخلوط نشان داد که ۸۱ درصد عملکرد در نسبت کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) مربوط به آفتابگردان بود. سهم این گونه در دو الگوی کشت مخلوط ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ نیز به ترتیب ٥٦ و ۲٦ درصد بود (جدول ۵). عملکرد نسبی جزء در شرایطی مورد استفاده قرار می‌گیرد که کشاورز به عملکرد بالای یکی از گونه‌ها در اجزای مخلوط نیاز بیشتری داشته باشد (وان درمیر، ۱۹۸۹).

از معایب عمده کشت مخلوط محدودیت در استفاده از ماشین‌های کشاورزی و متفاوت بودن نیازهای غذایی و سموم شیمیایی دو گونه گیاهی است. محدودیت استفاده از ماشین‌های کشاورزی در کشت مخلوط، زمانی مطرح می‌شود که کشت مخلوط به صورت دستپاشی و درهم انجام شود. در حالی که اگر زراعت مخلوط به صورت ردیفی انجام شود و یا کشت مخلوط

به منظور تولید علوفه باشد، مشکل چندانی از نظر مکانیزاسیون پیش نخواهد آورد (مظاهری، ۱۳۷۳). متفاوت بودن نیازهای غذایی در بعضی موارد مشکلاتی از نظر محاسبه و تأمین متناسب کودهای شیمیایی به وجود می آورد. همچنین کاربرد علف‌کش و یا سموم شیمیایی ممکن است باعث کاهش عملکرد در این نوع زراعت شود. اما با توجه به نتایج بدست آمده در پژوهش‌های متعدد (کوش‌واها و دِ، ۱۹۸۷؛ بیدِربک و باومَن، ۱۹۹٤؛ بانیک و همکاران، ۲۰۰٦)، گیاهان مخلوط شونده معمولاً مکمل یکدیگر بوده و در نتیجه در شرایط تغذیه یکسان، امکان افزایش میزان عملکرد آن‌ها نیز وجود دارد.

نتیجه‌گیری

کشت مخلوط آفتابگردان با لوبیای محلی گیلان به دلیل تعلق این گیاهان به دو خانواده مختلف و جنبه هم‌یاری و همزیستی مکملی موجب می‌شود تا بهره‌برداری از واحد سطح، بیشتر از کشت خالص آنها باشد. در مجموع در تحقیق حاضر، نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ (لوبیا:آفتابگردان) به عنوان نسبت اختلاط برتر معرفی می‌شود، زیرا این نسبت بالاترین میزان ماده خشک را برای دو محصول تولید کرد. تجزیه و تحلیل شاخص‌های ارزیابی در مورد سودمندی کشت مخلوط با توجه به داشتن بالاترین نسبت برابری زمین، ضریب ازدحام نسبی، شاخص نسبت رقابت آفتابگردان و سهم عملکرد آفتابگردان نیز این نتیجه‌گیری را تائید می‌کند. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، آفتابگردان گونه غالب و لوبیای محلی گیلان گونه مغلوب بودند.

منابع

حسینی، م.ب، د. مظاهری، م.ر. جهانسوز و ب.یزدی صمدی. ۱۳۸۲. تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن علوفه ای و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط. مجله پژوهش و سازندگی. ۵۹: ٦۰-٦۸.

رضائی چیانه، ا.، س. خرم‌دل و پ. قره‌چالی. ۱۳۹٤. ارزیابی اثر کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا بر عملکرد و کارایی استفاده از زمین. مجله به‌زراعی کشاورزی. ۱۷(۱):۱۸۳-۱۹٦.

سرلک، ش. و م. آقاعلیخانی. ۱۳۸۸. اثر تراکم بوته و نسبت اختلاط بر عملکرد کشت مخلوط ذرت شیرین (Zea mays L. var Saccharata) و ماش سبز (Vigna radiate). مجله علوم زراعی ایران، ۱۱(٤): ۳٦۷-۳۸۰.

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

نصراله‌زاده اصل، ع.، ع. چاوشقلی، ا. ولیزادگان، ر. ولیلو و و. نصراله‌زاده. ۱۳۹۱. ارزیابی کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا چیتی به روش افزایشی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲(۲):۷۹-۹۰.

Alexander, M.W., C.F. Genter. 1962. Production of corn and soybean in alternate pairs of rows. Agron. J. 54: 233-234.

Banik, B., A. Midya, B.K. Sarkar and S.S. Ghose. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. Europ. J. Agron. 24: 325-332.

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

Biederbeck, V.O. and O.T. Bouman. 1994. Water use by annual green manure legumes in dryland cropping systems. Agron. J. 86: 543–549.

Dhima, K.V., A.A. Lithourgidis, I.B. Vasilakoglou, C.A. Dordas. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Res. 100: 249-256.

Elobu, P., J.R. Ocan, J. Olinga and W.O. Anyanga. 2013. Intercropping sunflower with beans, groundnuts, maize and sorghum in Uganda. Afric. Crop Sci. Conf. Proc. 11:73 –77.

Fuentea, E.B., S.A. Suárez, A.E. Lenardis and S.L. Poggio. 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems: Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. NJAS - Wageningen J. Life Sci. 71: 47–52.

Gomes, A.H.S., L.H.G. Chaves and H.O.C. Guerr. 2015. Drip irrigated sunflower intercropping. Americ. J. Plant Sci. 6: 1816-1821.

Ibrar, R., S. Ahmad and A. Malik. 2002. Sunflower summer legumes intercropping systems under rainfed conditions: yield and yield components. Pakistan J. Agric. Res. 17: 231-236.

Kandel, H.J., A.A. Schneiter, B.L. Johnson. 1997. Intercropping legumes into sunflower at different growth stages. Crop Sci. 37: 1532–1537.

Kandhro, M.N., S.D. Tunio, H.R. Memon and M.A. Ansari. 2007. Growth and yield of sunflower under influence of mungbean intercropping. Pakistan J. Agric. Res. 23: 9-13.

Khan, M., R. Khan, A. Wahab and A. Rashid. 2005. Yield and yield components of wheat as influenced by intercropping of chickpea, lentil and rapeseed in different proportions. Pak. J. Sci. 42(3-4): 1-3.

Kushwaha, B.L. and R. De. 1987. Studies of resource use and yield of mustard and chickpea grown in intercropping systems. J. Agric. Sci. 108: 487-495.

Morales, R.E.J., E.J.A. Escalante, C.L. Sosa and H.V.H. Volke. 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of Helianthus annus L in sole crop and intercropped with Phaseolus vulgaris L. in high valleys of Mexico. Tropic. Subtrop. Agr. Ecos. 10: 431 – 439.

Njoku, S.C., C.O. Muoneke, D.A. Okpara and F.M.O. Agbo. 2007. Effect of intercropping varieties of sweet potato and okra in an ultisol of southeastern Nigeria. Afric. J. Biotech. 6: 1650-1654.

Olowea, V.I.O. and O.A. Adebimpeb 2009. Intercropping sunflower with soyabeans enhances total crop productivity. Biol. Agric. Horti. 26: 365-377.

Olowe, V.I.O., J.A. Ajayi and A.S. Ogunbayo. 2006. Potential of intercropping soybeans (Glycine max (L.) Merrill and cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) with sunflower (Helianthus annuus L.) in the transition zone of south west Nigeria. Tropic. Agric. Res. Exten. 9: 91–96.

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

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

Schultz, B., C. Philips, P. Rosset, J.H. Vandermeer. 1982. An experiment in intercropping cucumbers and in southern Michigan, U.S.A. Sci. Hort .18: 1-8.

Singh, J.K. 2007. Response of sunflower (Helianthus annuus) and french bean (Phaseolus vulgaris) Intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rainfed conditions of temperate Kashmir. Indian J. Agron. 52: 36-39.

Ujjinaiah, U.S., B.G. Rajashekar, N. Venugopal and K. Seenappa. 1991. Sunflower pigeon pea intercropping. J. Oil seed Res. 8 : 72 - 80.

Vandermeer, J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, 1989. 237 pp.

Willey, R.W. and M.R. Rao. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Exp. Agric. 16 (2): 117–125.

Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping systems. Agric. Water Manag. 17: 215–231.

Yilmaz, F., M. Atak and M.N. Erayman. 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east mediterranean region. Turkish J. Agric. For. 32: 111-119.

Yield and productivity indices of common bean and sunflower intercropping in different planting ratios

M. Gholipour[1], P. Sharifi[2]

Received: 2016-5-29 Accepted: 2016-7-20

Abstract

Intercropping beside of increasing of yield than sole crops, enhance heterogeneity and biodiversity in agroecosystems. To evaluate yield and productivity indices of Guilan lanrace bean (Phaseolus vulgaris L.) and sunflower (Helianthus annuus L.) intercropping, a field experiment was conducted as randomized complete block design with three replications in 2014-15 growing season, at Somea-Sara, Iran. The planting ratios were 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0 (bean: sunflower) using replacement method. Intercropping had significant effect on pods per plant and seed yield of bean, and it had significant on plant height, head diameter, heads per plant, 100 seed weight, seeds per head and grain yield of sunflower. The land equivalent ratio (LER) were less than one in 75:25 and 50:50 (bean: sunflower) intercropping ratios, while it was equal to 1.15 in 25:75 bean-sunflower intercropping ratio, which indicates the intercropping cultivation of beans-sunflower had the highest efficiency by 15%. Sunflower in the planting ratios of 25:75 and 50:50 (bean: sunflower) had the highest relative crowding coefficient (RCC), therefore it was a dominant crop and bean had the least RCC and was a reccesive crop. The competitive ratio value (CR) of bean was less than one, which this means that bean was less competitive than sunflower in the intercropping system. It is concluded that sunflower and bean intercropping system have a substantial advantage compared to sole cropping systems and the intercroping ratios of 25:75 (bean-sunflower) was as superior planting ratio.

Keywords: Competition, competitive ratio, land equivalent ratio, relative crowding coefficient

1- Ms.C. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
2- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran