مجله کشاورزی بوم‌شناختی (۲) ۲ (۱۳۹۱) ۵۷- ۴۲

ارزیابی سودمندی عملکرد و بهره‌وری اقتصادی کشت مخلوط سویا با ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)

میلاد باقری شیروان[۱،*]، فائزه زعفریان[۱]، وحید اکبرپور[۱] و قربانعلی اسدی[۲]

[۱] گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

[۲] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

[*] نویسنده مسئول: bagheri_mi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۱۰

باقری شیروان، م.، ف. زعفریان، و. اکبرپور و ق. اسدی. ۱۳۹۱. ارزیابی سودمندی عملکرد و بهره‌وری اقتصادی کشت مخلوط سویا با ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.). مجله کشاورزی بوم شناختی. ۲ (۲): ۵۷- ۴۷.

چکیده

استفاده از رابطه‌های ریاضی در بررسی سودمندی کشت مخلوط علاوه بر ارزیابی دقیق اقتصادی و رقابتی امکان مقایسه سیستم‌های مختلف کشت مخلوط را نیز فراهم می آورد. به منظور تحلیل بهره‌وری اقتصادی و رشدی سیستم‌های کشت مخلوط سویا (رقم ویلیامز) با ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officianalis* L.) که تحت آزمایشی به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و ۹ تیمار در سال ۱۳۹۰ در مزرعه‌ای واقع در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان شیروان (خراسان شمالی) اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی و ترکیب‌های جایگزینی سویا با دو گیاه مذکور در نسبت‌های ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ بودند. از شاخص‌های رقابتی نسبت برابری زمین (LER)، ضریب ازدحام نسبی (*K*)، غالبیت (A)، نسبت رقابت (CR)، شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)، کاهش عملکرد واقعی (AYL)، نسبت معادل سطح-زمان (ATER) و شاخص رقابت (CI) و از شاخص‌های اقتصادی سودمندی مالی (MAI) و سودمندی کشت مخلوط (IA) استفاده گردید. نتایج نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود. شاخص‌های غالبیت در تمام نسبت‌های کشت حاکی از غالبیت سویا در مقایسه با ریحان و گاوزبان اروپایی بود. بررسی نتایج نشان‌دهنده رابطه میان شاخص‌های رقابتی و اقتصادی بود، به طوری که تیمارهایی که در آنها نسبت برابری زمین و ضریب ازدحام نسبی بیشتر از یک مشاهده شد، از نظر اقتصادی نیز سودمند بودند. به طور کلی، در میان نسبت‌های کاشت به لحاظ سودمندی عملکرد و بهره‌وری اقتصادی در نسبت‌های ۷۵٪ سویا : ۲۵٪ ریحان و ۵۰٪ سویا : ۵۰٪ گاوزبان اروپایی در مقایسه با سایر نسبت‌ها برتری وجود داشت. بررسی شاخص‌ها بیانگر برتری رشدی و اقتصادی سیستم کشت مخلوط سویا با ریحان نسبت به گاوزبان اروپایی بود.

واژه‌های کلیدی: شاخص سودمندی مالی، ضریب ازدحام نسبی، غالبیت، معادل سطح و زمان.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

یکی از راه‌های ممکن برای افزایش غذا با حفظ سطح زیر کشت و مدیریت صحیح تولید محصولات زراعی که منجر به بهبود کارایی مصرف منابع نیز می‌شود، استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط است (Rezaee Chiane *et al.*, 2010) که به‌عنوان یکی از عناصر ضروری کشاورزی پایدار شناخته می‌شوند. این سیستم‌ها در کشورهای در حال توسعه نقش مهمی را در تولید غذا و معیشت مردم ایفا می‌کنند (Koocheki *et al.*, 2010a). تک‌کشتی‌ها اغلب نمی‌توانند به‌طور کامل از فضای در دسترس و منابع (نور و خاک) استفاده کنند، اما دو گونه کشت شده با یکدیگر درصورتی که نیچ‌های متفاوتی را اشغال کرده باشند، می‌توانند از منابع و فضا با کارایی بیشتری استفاده نمایند (Li *et al.*, 2011). به‌طور کلی، هدف کشت مخلوط، افزایش مشارکت گیاهی نسبت به رقابت گیاهی به منظور دستیابی به عملکرد بیشتر است (Ofosu-Anim and Limbani, 2007).

جایگاه ویژه کشت گیاهان دارویی در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران از یک طرف و تمایل به افزایش تولید گیاهان دارویی و نیز تقاضا برای محصولات طبیعی در جهان به‌ویژه در شرایط ارگانیک از طرف دیگر منجر به افزایش اهمیت این گیاهان شده است. علاوه‌بر این، چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از گیاهان دارویی در کشت مخلوط بدلیل خاصیت آللوپاتی در کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز امکان‌پذیر باشد (Koocheki *et al.*, 2010b). گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) گیاهی است یکساله که در طب سنتی ایرانیان، قسمت‌های هوایی آن (شامل گل و برگ) در درمان بیماری‌های گوارشی استفاده می‌شده است (Naghdi Badi and Sorooshzadeh, 2011). جنس *Ocimum* متعلق به تیره نعناعیان دارای حداقل ۶۰ گونه است که از میان آنها، ریحان (*O. basilicum*) اقتصادی‌ترین گونه محسوب شده و تقریبا در تمام مناطق گرم و معتدل کشت و کار می‌شود (Tahami Zarandi *et al.*, 2010). از ریحان نیز به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به عنوان سبزی استفاده می‌شود (Alizadeh *et al.*, 2010).

برتری عملکرد نسبت به تک‌کشتی مهم‌ترین توجیه برای رویکرد به کشت مخلوط است (Zaefarian *et al.*, 2010). به‌منظور توصیف برتری رقابتی و اقتصادی در کشت مخلوط از شاخص‌هایی مانند نسبت برابری زمین، ضریب ازدحام نسبی ، غالبیت، نسبت رقابت، شاخص سودمندی سیستم، کاهش عملکرد واقعی، نسبت برابری زمان-سطح، شاخص رقابت، سودمندی مالی و سودمندی کشت مخلوط استفاده می‌شود (Sherma and Behera, 2009; Lithourgidis *et al.*, 2011; Sarlak and Aghaalikhani, 2010; Agegnehu *et al.*, 2008) شاخص‌های ریاضی به محققان این امکان را می‌دهند که نتایج آزمایش رقابت گیاه را به طور خلاصه تفسیر کرده و گزارش کنند. این شاخص‌ها امکان مقایسه نتایج حاصل از مطالعات مختلف را نیز فراهم می‌کنند (Lithourgidis *et al.*, 2011). نقص شاخص‌های رقابتی در بیان سودمندی اقتصادی کشت مخلوط از طریق شاخص‌های اقتصادی جبران می‌شود. یکی از شاخص‌هایی که در بسیاری از ترکیبات کشت مخلوط به‌منظور تعیین سودمندی استفاده می‌شود نسبت برابری زمین است. برتری نسبت برابری زمین در سیستم‌های مختلف کشت مخلوط مانند ذرت (*Zea mays* L.) و ارزن دم روباهی (*Setaria italica* L.) (Shaygan *et al.*, 2008)، ذرت و ماش سبز (*Vigna radiata*) (Nakhzari Moghaddam *et al.*, 2009)، ذرت و کدو (*Cucurbita sp.*) (Ghanbari *et al.*, 2010a)، لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) و سورگوم (*Sorghum bicolor L.*) (Sharifi *et al.*, 2006)، ذرت با دو گیاه *Sphenostylis stenocarpa* Hoechst و کنف (*Dioscorea* sp.) (Adeniyan *et al.*, 2007)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) (Agegnehu *et al.*, 2008)، ذرت و لگوم‌ها (Sherma and Behera, 2009)، زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و عدس (*Lens culinaris*) (Jahani *et al.*, 2008) و زنیان (*Carum copticum*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) (Mirhashemi *et al.*, 2009) نسبت به تک-کشتی گزارش شده است. یکی دیگر از شاخص‌های رقابتی ضریب ازدحام نسبی است که برای نمونه در کشت مخلوط سورگوم و لوبیا در تیمارهای ۲۵٪ لوبیا + ۷۵٪ سورگوم در تراکم‌های ۱۰ بوته سورگوم و ۱۳/۳ بوته لوبیا چشم بلبلی و ۲۰ بوته سورگوم و ۴۰ بوته لوبیا چشم بلبلی به ترتیب

Archive of SID

www.SID.ir

برابر با ۲/۴۵ و ۲/۶۵ گزارش شده است (Sharifi *et al.*, 2006). در کشت مخلوط گندم و باقلا نیز بیشترین ضریب ازدحام نسبی و شاخص بهره‌وری سیستم در تیمار کشت مخلوط گندم و باقلا در نسبت ۱۰۰: ۳۷/۵ مشاهده شده است (Agegnehu *et al.*, 2008). بیان سودمندی اقتصادی کشت مخلوط نخود فرنگی (*Pisum arvense* L.) و گندم (Lithourgidis *et al.*, 2011) و عدم سودمندی اقتصادی کشت مخلوط پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) با سورگوم و لوبیا چشم بلبلی (Aasim *et al.*, 2007) نیز نمونه‌هایی از کاربرد شاخص‌های اقتصادی در کشت مخلوط است.

هدف از اجرای این آزمایش استفاده از شاخص‌های رقابتی و اقتصادی در کشت مخلوط سویا با دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی به منظور ارزیابی سودمندی یا عدم سودمندی کشت مخلوط این گیاهان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی کشت مخلوط سویا (رقم ویلیامز) با دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در مزرعه‌ای در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان شیروان (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۰۷۵ متر) اجرا گردید. منطقه دارای متوسط بارندگی سالیانه ۲۴۴/۲ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالیانه به ترتیب ۴۱/۱ و ۲۵/۲- درجه سانتیگراد می‌باشد. بافت خاک مزرعه لومی با اسیدیته ۸/۲، ماده آلی ۱/۶٪، نیتروژن ۰/۱۴٪، پتاسیم ۱۶۸ ppm، فسفر ۳۷/۸ ppm بود.

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار (شامل کشت خالص سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی و نسبت‌های کشت ۷۵٪ سویا + ۲۵٪ ریحان، ۷۵٪ سویا + ۲۵٪ گاوزبان اروپایی، ۵۰٪ سویا + ۵۰٪ ریحان، ۵۰٪ سویا + ۵۰٪ گاوزبان اروپایی، ۲۵٪ سویا + ۷۵٪ ریحان و ۲۵٪ سویا + ۷۵٪ گاوزبان اروپایی) و ۳ تکرار اجرا گردید. گیاهان در تاریخ ۱۵ خرداد ماه در کرت‌هایی به مساحت ۱۲ مترمربع شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شدند. فاصله روی ردیف برای سویا و ریحان، ۵ سانتی‌متر و در مورد گاوزبان اروپایی ۳۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شد. آبیاری کرت‌ها از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای به فاصله هر ۱۰ روز یکبار انجام گرفت. عملیات وجین در طول فصل رشد در دو نوبت به‌صورت دستی صورت پذیرفت. گلدهی گاوزبان اروپایی از اوایل مرداد شروع و تا اواسط مهرماه ادامه داشت. مجموع برداشت‌های مکرر هر کرت در طول دوره گلدهی از گل و سرشاخه‌های گل‌دار این گیاه پس از حذف حاشیه، از چهار ردیف میانی به‌عنوان عملکرد گل در نظر گرفته شد. خشک کردن گل‌های هر کرت پس از جمع‌آوری به منظور حفظ کیفیت مواد موثره از طریق پهن کردن گل در فضایی به دور از نور آفتاب و در دمای اتاق روی کیسه‌های پلاستیکی انجام گرفت (Naghdi Badi and Sorooshzadeh, 2011). برداشت ریحان در دو چین از ردیف‌های میانی هر کرت انجام شد. معیار برداشت در هر چین ۵ تا ۱۰ درصد گلدهی هر کرت قرار داده شد (Alizadeh *et al.*, 2010). پس از برداشت، اندام رویشی ریحان مربوط به مساحت یک متر مربع با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین و به عنوان عملکرد تر ریحان منظور گردید. عملیات برداشت سویا در زمان رسیدگی دانه و از چهار ردیف میانی هر کرت و از مساحت یک متر مربع صورت پذیرفت.

شاخص‌های رقابتی

به‌منظور ارزیابی سودمندی و کارایی کشت مخلوط و بررسی تاثیر رقابت بین دو گونه استفاده شده در کشت مخلوط از شاخص‌های رقابتی مختلفی استفاده شد، که به شرح ذیل می‌باشند:

۱. نسبت برابری زمین یا LER، از رابطه زیر محاسبه گردید (Lithourgidis *et al.*, 2011):

$$LER = (Ysi \div Ys) + (Ypi \div Yp) \quad (۱)$$

در این رابطه، Ysi و Ys، به ترتیب عملکرد سویا در کشت مخلوط و کشت خالص، Ypi و Yp، به ترتیب عملکرد ریحان یا گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط و تک‌کشتی می‌باشد. در رابطه (۱) در صورتی که نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک باشد، کشت مخلوط باعث افزایش رشد و عملکرد گونه‌های مورد اختلاط شده است. اما اگر این نسبت کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده اثرات منفی کشت مخلوط بر روی رشد و عملکرد گونه‌های کشت شده می‌باشد (Lithourgidis *et al.*, 2011).

Archive of SID

www.SID.ir

۲. ضریب ازدحام نسبی[1] یا K، از روابط زیر محاسبه گردید (Banik *et al.*, 2006):

$$Ksoy = \frac{Ysi\ Zpi}{(Ys-Ysi)Zsi} \quad (۲)$$

$$Kp = \frac{Ypi\ Zsi}{(Yp-Ypi)Zpi} \quad (۳)$$

$$K = Ksoy \times Kp \quad (۴)$$

مقدار ضریب ازدحام نسبی برای سویا در کشت مخلوط از معادله ۲ و برای دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی از معادله ۳ محاسبه می‌گردد. از حاصلضرب ضرایب ازدحام گونه‌های تشکیل دهنده کشت مخلوط، ضریب ازدحام نسبی کشت مخلوط (معادله ۴) بدست می‌آید. در این روابط، Zpi نسبت کاشت (درصد) گاوزبان اروپایی یا ریحان در کشت مخلوط و Zsi، نسبت کاشت (درصد) سویا در کشت مخلوط است. در معادله (۴) در صورتی که مقدار K بزرگتر از یک باشد، گونه‌ها دارای حداکثر رقابت هستند، اگر K مساوی با یک باشد، رقابتی بین گونه‌ها وجود ندارد و در صورتی که K کمتر از یک باشد، گونه‌ها کمترین کارایی را در استفاده از منابع دارند (Lithourgidis *et al.*, 2011).

۳. شاخص غالبیت[2] یا A، با استفاده از رابطه (۵) محاسبه گردید (Li *et al.*, 2001):

$$Asoy = \left(\frac{Ysi}{Ys\ Zsi}\right) - \left(\frac{Ypi}{Yp\ Zpi}\right) \quad (۵)$$

در این رابطه اگر شاخص غالبیت سویا (Asoy) برابر با صفر باشد، هر دو گیاه رقابت برابر دارند، اگر شاخص غالبیت سویا مثبت باشد، گیاه سویا در کشت مخلوط گونه غالب است و اگر منفی باشد، گیاه سویا در کشت مخلوط به‌عنوان گونه مغلوب شناخته می‌شود (Esmaeili *et al.*, 2011).

۴. نسبت رقابت[3] یا CR، برای هر یک از گیاهان با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید(Dhima *et al.*, 2007):

$$CRsoy = \left(\frac{LER\ soy}{LER\ p}\right)\left(\frac{Zpi}{Zsi}\right) \quad (۶)$$

$$CRp = \left(\frac{LER\ p}{LER\ soy}\right)\left(\frac{Zsi}{Zpi}\right) \quad (۷)$$

در این روابط LERsoy، LER جزئی سویا و LERp، LER جزئی ریحان یا گاوزبان اروپایی می‌باشد.

۵. شاخص سودمندی سیستم[4] یا SPI، با استفاده از رابطه (۸) محاسبه گردید (Oddo, 1991):

$$SPI = \left(\frac{Ssoy}{Sp}\right) Yp + Ysoy \quad (۸)$$

در این رابطه، Ssoy و Sp، به‌ترتیب میانگین عملکرد سویا و ریحان یا گاوزبان اروپایی در کشت خالص هستند و Ysoy و Yp، به‌ترتیب میانگین عملکرد سویا و ریحان یا گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط می‌باشند.

۶. شاخص کاهش عملکرد واقعی[5] یا AYL، با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Banik, 1996):

$$AYLsoy = \left\{\left[\frac{Ysi \div Zsi}{Ys \div Zs}\right] - 1\right\} \quad (۹)$$

$$AYLp = \left\{\left[\frac{Ypi \div Zpi}{Yp \div Zp}\right] - 1\right\} \quad (۱۰)$$

$$AYL = AYLsoy + AYLp \quad (۱۱)$$

عدد حاصل از معادله (۱۱) در صورتی‌که هدف مقایسه عملکرد بر اساس یک گیاه باشد، براساس سودمندی یا عدم سودمندی کشت مخلوط می‌تواند مثبت یا منفی باشد (Dhima *et al.*, 2007).

۷. نسبت معادل زمان- سطح[6] یا ATER، با استفاده از معادله (۱۲) محاسبه گردید (Hiebsch, 1978):

$$ATER = [\{(Ysi \div Ys) \times ts\} + \{(Ypi \div Yp) \times tp\}] \div T \quad (۱۲)$$

در این رابطه، ts و tp، به‌ترتیب بیانگر مدت زمان حضور گیاه سویا و مدت زمان حضور گیاه ریحان یا گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط است. T، نشان‌دهنده طول حضور سیستم کشت مخلوط است. با توجه به زمان حضور متفاوت هر یک از اجزا در این سیستم از این شاخص استفاده گردید (Sherma and Behera, 2009).

۸. شاخص رقابت[7] یا CI، با استفاده از معادله ۱۳ محاسبه گردید (Chaichi *et al.*, 2007):

(۱۳)

[1] Relative crowding coefficient
[2] Aggressivity
[3] Competitive ratio
[4] System productivity index
[5] Actual yield loss
[6] Area-time equivalent ratio
[7] Competitive index

Archive of SID

www.SID.ir

$$CI = [(Ys - Ysi)(Yp - Ypi)]/(Ysi \times Ypi)$$

در صورتی‌که مقدار این نسبت کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده سودمندی و اگر این مقدار بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده این است که سودمندی کشت مخلوط کمتر از کشت خالص است (Chaichi *et al.*, 2007).

شاخص‌های اقتصادی

۱. شاخص سودمندی مالی[8] یا MAI، با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Ghosh, 2004):

(۱۴)

$$MAI = [(Ysi \times Ps) + (Ypi \times Pp)] \times \frac{LER - 1}{LER}$$

در این رابطه Ysi و Ypi به‌ترتیب عملکرد سویا و ریحان/گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط است و Ps و Pp قیمت محصول نهایی هر یک از گیاهان می‌باشد.

۲. سودمندی کشت مخلوط[9] یا IA، با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (Banik *et al.*, 2000):

(۱۵)

$$IAsoybean = AYLsoybean \times Psoybean$$

(۱۶)

$$IAplants = AYLplants \times Pplant$$

(۱۷)

$$IA = IAsoybean + IAplants$$

در روابط بالا، IAsoybean و IAplants به ترتیب سودمندی سویا و سودمندی ریحان یا گاوزبان اروپایی است. Psoybean و Pplant به ترتیب بیانگر قیمت محصول اقتصادی سویا و ریحان یا گاوزبان اروپایی در سال اجرای آزمایش است که با استفاده از روابط زیر جایگزین گردید (Shaygan *et al.*, 2008):

$$Psoybean = \frac{Psoybean}{Psoybean + Pplants} \quad (۱۸)$$

$$Pplants = \frac{Pplants}{Psoybean + Pplants} \quad (۱۹)$$

در شاخص‌های رقابتی و اقتصادی ذکر شده وزن تر ریحان و وزن خشک گل گاوزبان اروپایی در هکتار به عنوان عملکرد اقتصادی این دو گیاه منظور گردید. به منظور تجزیه واریانس و مقایسه میانگین از نرم‌افزار SAS Ver9.2 (SAS, Institute, 2000) استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون LSD و در سطح ۵ درصد انجام گرفت. ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

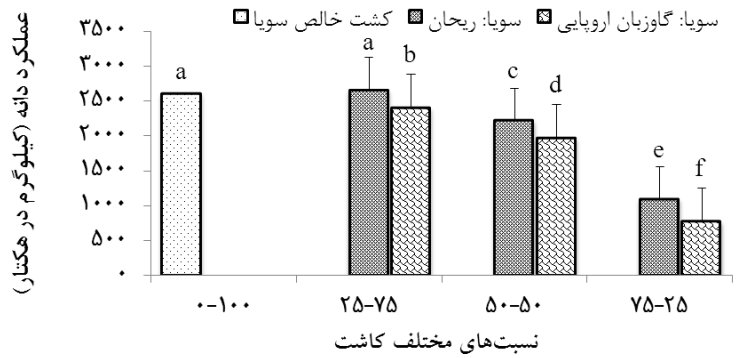
عملکرد سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی

تیمارهای کشت مخلوط سویا با دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی اثر معنی‌داری (P<۰/۰۰۱) بر عملکرد دانه سویا، وزن تر ریحان و عملکرد گل خشک گاوزبان اروپایی داشت (داده‌ها نشان داده نشده است). بیشترین عملکرد دانه سویا مربوط به نسبت ۷۵٪ سویا : ۲۵٪ ریحان (۲۶۵۶ کیلوگرم در هکتار) بود که با تک‌کشتی سویا (۲۶۰۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱). افزایش عملکرد در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص احتمالا به دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای و استفاده کارآمدتر از منابع رشدی توسط اجزای سیستم باشد (Ghanbari *et al.*, 2010b). افزایش عملکرد در برخی از نسبت‌های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص توسط بسیاری از محققان گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به افزایش عملکرد ذرت در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در کشت مخلوط جایگزینی ذرت و خلر (*Lathyrus sativus* L.) (Naghdizadeh *et al.*, 2012) و افزایش عملکرد ذرت و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص (Jamshidi *et al.*, 2008) اشاره کرد. در سایر تیمارها، همزمان با کاهش سهم سویا در مخلوط و کاهش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد سویا نیز کاهش یافت، به طوری که کمترین عملکرد دانه سویا (۷۶۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) در نسبت ۲۵٪ سویا : ۷۵٪ گاوزبان اروپایی مشاهده گردید (شکل ۱). کاهش عملکرد در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص در کشت مخلوط سویا و ذرت (Mbah *et al.*, 2007) و جو (*Hordeum vulgare*) و ماشک (*Vicia desycarpa*) (Mohsenabadi *et al.*, 2008) نیز گزارش شده است. به‌طور کلی عملکرد دانه سویا در کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی در مقایسه با ریحان افت بیشتری داشت (شکل ۱) که ممکن است به دلیل خالی شدن ردیف‌های ریحان در اثر برداشت اول و کاهش رقابت بین گونه‌ای بوده باشد (Alizadeh *et al.*, 2010).

[8] Monetary advantage index
[9] Intercropping advantage

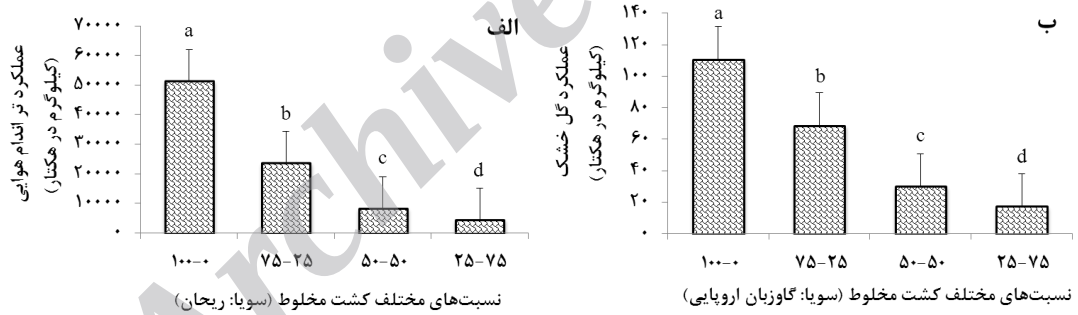
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- مقایسه عملکرد دانه سویا (کیلوگرم در هکتار) در شرایط کشت مخلوط با ریحان و گاوزبان اروپایی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

بیشترین عملکرد تر اندام هوایی ریحان (۵۱۲۸۶/۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کشت خالص این گیاه بود و با افزایش سهم سویا در کشت مخلوط از میزان عملکرد تر اندام هوایی ریحان کاسته شد (شکل ۲الف). بیشترین عملکرد گل خشک گاوزبان اروپایی (۱۱۰/۴۶۳ کیلوگرم در هکتار) نیز مربوط به کشت خالص این گیاه بود و همزمان با افزایش سایه‌اندازی سویا و کاهش تعداد ردیف گاوزبان اروپایی در مخلوط از عملکرد گل گاوزبان اروپایی کاسته شد (شکل ۲ب). عملکرد بیشتر در کشت خالص در مقایسه با نسبت‌های مخلوط به دلیل تراکم بالای ریحان و گاوزبان اروپایی در کشت خالص دور از انتظار نبود (Rezvani Moghaddam and Moradi, 2012). کاهش عملکرد گل خشک شده سه نوع بابونه (*Matricaria chamomilla, Tanacetum parthenium, Anthemis nobilis*) در کشت مخلوط با زعفران (*Cricus sativus* L.) در مقایسه با کشت خالص آنها نیز گزارش شده است (Naderi Darbaghshahi *et al*., 2012).



شکل ۲- تاثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط روی عملکرد رویشی تر اندام هوایی ریحان (الف) و عملکرد گل خشک گاوزبان اروپایی (ب) میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

ارزیابی کشت مخلوط

سودمندی رقابتی

نسبت برابری زمین نشان‌دهنده کارایی کشت مخلوط در جهت استفاده از منابع در مقایسه با کشت خالص است (Lithourgidis *et al*., 2011). نسبت برابری زمین در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصدی سویا با هر دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی، بالاتر از واحد بود (جدول ۱). نسبت برابری زمین جزیی سویا در کشت مخلوط با ریحان، بیشتر از کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی بود. به‌همین دلیل نسبت برابری زمین کل نیز در کشت مخلوط با ریحان بیشتر از کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی بود. بیشترین نسبت برابری زمین کل مربوط به نسبت ۷۵٪سویا : ۲۵٪ریحان بود و تیمار ۷۵٪سویا : ۲۵٪گاوزبان اروپایی در سطح بعدی قرار داشت (جدول ۱). افزایش نسبت برابری زمین جزیی سویا در همجواری با ریحان، می‌تواند به‌دلیل استفاده سویا از فضا و امکانات حاصل از خالی شدن ریحان پس از چین اول باشد، در این هنگام رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای در کمترین میزان قرار دارد

Archive of SID

www.SID.ir

(Alizadeh *et al.*, 2010). مقدار نسبت برابری زمین در نسبت ۷۵٪ سویا : ۲۵٪ ریحان (۱/۱۱) نشان داد که این نسبت ۱۱ درصد عملکرد کل را نسبت به تک‌کشتی افزایش داده است. نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک نشانگر سودمندی عملکرد کشت مخلوط در مقابل کشت خالص است که در نتیجه بهره‌برداری بهتر از زمین و استفاده مناسب از منابع محیطی در جهت رشد گیاهان حادث شده است (Lithourgidis *et al.*, 2011; Banik *et al.*, 2006).

نسبت برابری زمین می‌تواند به‌صورت مستقیم میزان افزایش یا کاهش محصول در کشت مخلوط دو گونه را تعیین نماید (Shaifi *et al.*, 2006). در بسیاری از تحقیقات نیز ارجحیت نسبت برابری زمین در کشت مخلوط بر تک‌کشتی گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به کشت مخلوط لوبیا و ریحان (Alizadeh *et al.*, 2010) اشاره کرد که حداکثر نسبت برابری زمین در آن مربوط به تیمار کشت مخلوط ردیفی گزارش شده است. در کشت مخلوط ذرت و سویا نیز بیشترین نسبت برابری زمین ۱/۳۳ مشاهده شده است (Zaefarian *et al.*, 2010). در کشت مخلوط ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa*) و ترتیکاله (*Triticosecale* Wittmack) نیز، برتری کشت مخلوط با اظهار نسبت برابری زمین ۱/۳۲ گزارش شده است (Shobeiri *et al.*, 2011).

نسبت رقابت ابزار مهمی به‌منظور شناخت درجه رقابت یک گونه گیاهی با دیگری است (Wahla *et al.*, 2009). نسبت رقابت سویا در تیمار ۵۰٪ سویا :۵۰٪ ریحان (۵/۲۶۴)، در حداکثر مقدار خود قرار داشت. این درحالی است که نسبت رقابت ریحان در این تیمار در حداقل است (۰/۱۹۱) (جدول ۱). حداقل نسبت رقابت سویا مربوط به کشت مخلوط این گیاه با گاوزبان اروپایی بود که در نسبت‌های ۲۵:۷۵ و ۷۵:۲۵ (سویا: گاوزبان اروپایی) مشاهده شد (جدول ۱). علاوه‌براین، نسبت رقابت گاوزبان اروپایی در تیمارهای مختلف کشت با سویا از نسبت رقابت ریحان بیشتر بوده که دال بر قدرت رقابتی بالاتر گاوزبان اروپایی نسبت به ریحان بود. حداکثر نسبت رقابت دو گیاه ریحان (۰/۳۷) و گاوزبان اروپایی (۰/۷۲۱) در نسبت اختلاط ۷۵ درصدی آن‌ها با سویا مشاهده شد (جدول ۱). با توجه به نسبت رقابتی پایین‌تر این گیاهان با سویا می‌توان این دو گیاه را گیاهانی مناسب برای کشت با سویا معرفی نمود (Wahla *et al.*, 2009).

جدول ۱- کارایی برابری زمین و نسبت رقابت در نسبت های مختلف اختلاط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی.

تیمارهای آزمایش	نسبت برابری زمین				نسبت رقابت		
	سویا	ریحان	گاوزبان اروپایی	کل	سویا	ریحان	گاوزبان اروپایی
کشت خالص سویا	۱/۰۰a	-	-	۱/۰۰b	-	-	-
کشت خالص ریحان	-	۱/۰۰a	-	۱/۰۰b	-	-	-
سویا۷۵٪: ریحان۲۵٪	۱/۰۲a	۰/۰۹d	-	۱/۱۱a	۳/۸۵۳b	۰/۲۶۱b	-
سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪	۰/۸۵c	۰/۱۶c	-	۱/۰۱b	۵/۲۶۵a	۰/۱۹۱c	-
سویا۲۵٪: ریحان۷۵٪	۰/۴۱e	۰/۴۶b	-	۰/۸۷c	۲/۷۱۶c	۰/۳۷a	-
کشت خالص گاوزبان اروپایی	-	-	۱/۰۰a	۱/۰۰b	-	-	-
سویا۷۵٪: گاوزبان اروپایی ۲۵٪	۰/۹۲b	-	۰/۱۵d	۱/۰۷ab	۲/۰۲۶d	-	۰/۵۰۷ab
سویا۵۰٪: گاوزبان اروپایی۵۰٪	۰/۷۵d	-	۰/۲۷c	۱/۰۲b	۲/۸۱۵c	-	۰/۳۵۹b
سویا۲۵٪: گاوزبان اروپایی۷۵٪	۰/۲۹f	-	۰/۶۲b	۰/۹۱c	۱/۴۱۷d	-	۰/۷۲۱a
حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) (۵٪)	۰/۰۶۳۷	۰/۰۱۶۳	۰/۰۴۹۹	۰/۰۷۶۷	۰/۶۴۸۳	۰/۰۵۴۳	۰/۲۶۶۸
خطای استاندارد	۰/۰۹۹۷	۰/۲۰۷۵	۰/۱۹۱۴	۰/۰۲۴۳	۰/۵۶۰۴	۰/۰۵۲۱	۰/۱۰۵۳

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

در کشت مخلوط سورگوم و لوبیای چشم بلبلی حداکثر نسبت رقابت برای سورگوم (۳/۶۸) در ترکیب ۲:۱ (سورگوم به لوبیا) و حداکثر نسبت رقابت برای لوبیای چشم بلبلی (۲/۷۵۴) در ترکیب ۲:۱ (لوبیا به سورگوم)

Archive of SID

www.SID.ir

گزارش شده است و با توجه به آن سورگوم در این کشت مخلوط رقابت‌پذیرتر معرفی شده است (Oseni, 2010). در بررسی نسبت رقابت ماشک و برخی از غلات در کشت مخلوط، جو و یولاف (*Avena sativa* L.) در مقایسه با گندم و ترتیکاله بیشتر عنوان شده و بر این اساس اظهار گردیده است که ماشک تحت تاثیر رقابت‌پذیری بیشتر جو و یولاف قرار دارد (Dhima *et al.*, 2007).

ضریب ازدحام نسبی میزان رقابت بین دو گونه که به روش جایگزینی با یکدیگر مخلوط شده‌اند را مشخص می‌کند (Sharifi *et al.*, 2006). این شاخص نشان‌دهنده غالبیت یک گونه نسبت به سایر گونه‌ها در کشت مخلوط است (Lithourgidis *et al.*, 2011). مقادیر ضریب ازدحام نسبی نیز با مقادیر حاصل از نسبت برابری زمین مطابقت داشت. مقدار ضریب ازدحام نسبی در نسبت‌های ۷۵ و ۵۰ درصدی سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی، بالاتر از یک بود. ضریب ازدحام نسبی سویا در تمامی نسبت‌ها بالاتر از یک و بیشتر از ضریب ازدحام نسبی ریحان و گاوزبان اروپایی بود (جدول ۲). حداکثر ضریب ازدحام نسبی سویا (۱۸/۴۱۳)، مربوط به تیمار ۷۵٪سویا : ۲۵٪ ریحان بود (جدول ۲). بالاترین عدد ضریب ازدحام نسبی دو گیاه ریحان (۰/۲۸۵) و گاوزبان اروپایی (۰/۵۵۳) نیز به‌ترتیب در نسبت‌های ۷۵ و ۲۵ درصدی این گیاهان با سویا مشاهده شد. به‌طور کلی ضریب ازدحام نسبی سویا در کشت مخلوط با ریحان بیشتر از کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی بود. بنابراین، ضریب ازدحام نسبی در کشت مخلوط سویا با ریحان نیز بیشتر از کشت مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی بود (جدول ۲). ضریب ازدحام نسبی جزیی گاوزبان اروپایی نیز در تمامی نسبت‌ها در کشت مخلوط با سویا از ضریب ازدحام نسبی جزیی ریحان بزرگتر بوده که نشان‌دهنده قدرت رقابت بیشتر این گیاه نسبت به ریحان در همجواری با سویا است. در گزارشی مبنی بر بررسی کشت مخلوط پنبه با سورگوم و لوبیای چشم بلبلی، با توجه به مقدار بالای ضریب ازدحام نسبی پنبه نسبت به دو گیاه دیگر، پنبه را در مقایسه با دو گیاه دیگر رقابت‌پذیرتر گزارش کرده‌اند (Aasim *et al.*, 2008). در کشت مخلوط ماش و تاج خروس (*Amaranthus cruentus* L.) با ذرت نیز، ضریب ازدحام نسبی ماش بیشتر از ضریب ازدحام نسبی تاج خروس گزارش شده و بر این اساس بیان گردیده که ماش رقابت‌پذیری بیشتری نسبت به تاج خروس در کشت مخلوط با ذرت دارد (Aynehband and Behrooz, 2011). در کشت مخلوط ماشک با چند غله نیز، مقدار ضریب ازدحام نسبی کل در نسبت ۵۵ : ۴۵ ماشک به گندم ۱/۲۴۴ گزارش شده است که بیانگر برتری عملکرد مخلوط به تک‌کشتی است. این در حالی است که در برخی از نسبت‌های کاشت مقدار ضریب ازدحام نسبی کمتر از یک گزارش شده است که دلالت بر عدم سودمندی عملکرد مخلوط می‌باشد (Dhima *et al.*, 2007).

جدول ۲- ضریب ازدحام نسبی وکاهش عملکرد واقعی در نسبت‌های مختلف اختلاط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی.

تیمارهای آزمایش	ضریب ازدحام نسبی				کاهش عملکرد واقعی		
	سویا	ریحان	گاوزبان اروپایی	کل	سویا	ریحان	گاوزبان اروپایی	کل
سویا۷۵٪: ریحان۲۵٪	۱۸/۴۱۳a	۰/۲۰۵b	-	۳/۷۶۵a	۰/۳۵۸bc	-۰/۶۴۵b	-	-۰/۲۸۶c
سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪	۶/۱۲۲b	۰/۱۹۳b	-	۱/۱۷۵c	۰/۷۰۱a	-۰/۶۷۶b	-	۰/۰۷۴ab
سویا۲۵٪: ریحان۷۵٪	۲/۱۵۸c	۰/۲۸۵a	-	۰/۶۱۵c	۰/۶۹a	-۰/۳۸۵a	-	۰/۲۸۴a
سویا۷۵٪: گاوزبان اروپایی۲۵٪	۳/۹۴۵bc	-	۰/۵۵۳a	۲/۱۱۲b	۰/۲۲۶c	-	-۰/۳۷۹b	-۰/۱۵۳bc
سویا۵۰٪: گاوزبان اروپایی ۵۰٪	۳/۰۴۹bc	-	۰/۳۷b	۱/۱۲c	۰/۵۰۵ab	-	-۰/۴۶۱b	۰/۰۴۴ab
سویا ۲۵٪: گاوزبان اروپایی ۷۵٪	۱/۲۷۵c	-	۰/۵۴۹a	۰/۷۲۳c	۰/۱۷۵c	-	-۰/۱۷۴a	۰/۰۰۱b
حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) (٪۵)	۳/۴۴۸۱	۰/۰۲۷۲	۰/۱۵۳	۰/۶۷۳۸	۰/۲۴۳۸	۰/۰۴۸۸	۰/۱۲۷۹	۰/۲۵۹۴
خطای استاندارد	۲/۶۰۷۲	۰/۰۲۸۹	۰/۰۶۰۳	۰/۴۸۶۴	۰/۰۹۰۸	۰/۰۹۲۳	۰/۰۸۵۳	۰/۰۸۰۲

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص کاهش عملکرد واقعی، می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری را نسبت به سایر شاخص‌ها در خصوص رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای و رفتار اجزای تشکیل دهنده کشت مخلوط در اختیار ما قرار دهد (Dhima *et al.*, 2007). شاخص کاهش عملکرد واقعی سویا در کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی و ریحان در تمامی نسبت‌های کاشت مثبت بود (جدول ۲). علامت مثبت این شاخص علاوه‌بر افزایش عملکرد نسبت به کشت خالص دال غالبیت سویا نسبت به دو گونه دیگر نیز می‌باشد. شاخص کاهش عملکرد واقعی سویا در نسبت‌های ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (سویا : ریحان) در بالاترین سطح آماری قرار داشت. سطح بعدی شاخص کاهش عملکرد واقعی سویا در کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی و در ترکیب ۵۰:۵۰ مشاهده شد (جدول ۲). شاخص کاهش عملکرد واقعی گاوزبان اروپایی و ریحان نشان دهنده کاهش عملکرد گل گاوزبان اروپایی (۱۷/۴ تا ۳۷/۹ درصد) و عملکرد رویشی ریحان (۳۵/۸ تا ۶۷/۶ درصد) بود. شاخص کاهش عملکرد واقعی سویا در کشت مخلوط با ریحان بیانگر افزایش عملکرد سویا (۳۵/۸ تا ۷۰/۱ درصد) در مقایسه با کشت خالص بود (جدول ۲). شاخص کاهش عملکرد واقعی کل نیز در نسبت‌های کاشت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (سویا : ریحان) و ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (سویا : گاوزبان اروپایی) حاکی از سودمندی کشت مخلوط بود. بیشترین افزایش عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی (۲۸/۴ درصد) در تیمار ۷۵:۲۵ (سویا : ریحان) مشاهده شد (جدول ۲). نسبت ۲۵:۷۵ (سویا : ریحان) به‌دلیل کاهش شدیدتر شاخص کاهش عملکرد واقعی ریحان (۰/۶۴۵-) نسبت به شاخص کاهش عملکرد واقعی سویا (۰/۳۵۸+) در مقایسه با کشت خالص ۲۸/۶ درصد کاهش عملکرد داشت. همانند ریحان، شاخص کاهش عملکرد واقعی گاوزبان اروپایی نیز در ترکیب ۷۵٪ سویا : ۲۵٪ گاوزبان اروپایی کاهش شدیدتری نسبت به شاخص کاهش عملکرد واقعی سویا داشت که نتیجه آن کاهش ۱۵/۳ درصدی عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود (جدول ۲). نکته قابل توجه دیگر در بررسی شاخص کاهش عملکرد واقعی این بود که شاخص کاهش عملکرد واقعی گاوزبان اروپایی در مقایسه با شاخص کاهش عملکرد واقعی ریحان کاهش کمتری داشت (جدول ۲) که بیانگر مقاومت گاوزبان اروپایی نسبت به کاهش عملکرد در کشت مخلوط می‌باشد (Yilmaz *et al.*, 2008). در کشت مخلوط نخود (*Cicer arientinum* L.) و گندم شاخص کاهش عملکرد واقعی جزیی هریک از گیاهان منفی گزارش شده است. بیشترین شاخص کاهش عملکرد واقعی کل (۰/۷۲۶-) در این کشت مخلوط در تیمار فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متر و تداخل دو علف هرز عنوان شده است (Banik *et al.*, 2006). در بررسی کشت مخلوط ذرت با لوبیای چشم بلبلی و لوبیای معمولی، اظهار شده است که با کاهش سهم ذرت در کشت مخلوط، شاخص کاهش عملکرد واقعی ذرت افزایش می‌یابد (Yilmaz *et al.*, 2008) دلیل این افزایش، قابلیت تثبیت نیتروژن توسط لگوم‌ها در کشت مخلوط ذکر شده است. در کشت مخلوط نخود فرنگی با برخی از غلات، شاخص کاهش عملکرد واقعی کل در تمام تیمارها مثبت بوده و بر اساس این شاخص در کشت مخلوط این گیاهان، ۲ تا ۶۳ درصد افزایش عملکرد نسبت به تک‌کشتی گزارش شده است (Lithourgidis *et al.*, 2011).

شاخص غالبیت نشان‌دهنده این است که افزایش عملکرد نسبی یک گونه در کشت مخلوط چه مقدار بزرگتر از گونه دیگر است (Lithourgidis *et al.*, 2011). حداکثر شاخص غالبیت سویا در کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی (۰/۹۶۶+) و با ریحان (۱/۳۷۷+) در نسبت‌های ۵۰:۵۰ مشاهده شد. کمترین شاخص غالبیت گاوزبان اروپایی و ریحان نیز مربوط به‌همین نسبت‌های کشت می باشد (جدول ۳). مثبت بودن شاخص غالبیت گندم در کشت مخلوط با نخود نیز گزارش شده است و دلیل آن قابلیت رقابتی بیشتر گندم برای تسخیر منابع در کشت مخلوط عنوان شده است (Banik *et al.*, 2006). علاوه بر این، در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و لوبیای چشم بلبلی نیز، غالبیت ذرت در اکثر تیمارها گزارش شده است (Jamshidi *et al.*, 2008). در این گزارش آمده است که با افزایش سهم هر یک از دو گیاه نسبت به دیگری در ترکیب مخلوط، آن گیاه غالب خواهد بود. به‌طورکلی در این آزمایش، نسبت رقابت سویا در کشت مخلوط بزرگ‌تر از دو گونه دیگر و شاخص غالبیت آن مثبت بود (جدول ۳). این امر بیانگر این است که سویا در کشت مخلوط نسبت به دو گونه دیگر از قدرت رقابتی بالاتری در جهت استفاده از منابع برخوردار است. علاوه‌بر این، مورفولوژی و ساختار اجزای تشکیل دهنده مخلوط نیز در غالب و مغلوب بودن گونه‌ها موثر است (Jamshidi *et al.*, 2008;

Archive of SID

www.SID.ir

Sharifi *et al.*, 2006). در این بررسی نسبت رقابت و شاخص غالبیت در نسبت‌های مختلف حکایتگر غالبیت سویا بر گاوزبان اروپایی و ریحان بود.

شاخص رقابت در نسبت‌های ۷۵٪ و ۵۰٪ سویا با گاوزبان اروپایی و ریحان کمتر از یک بود. در حالی که در نسبت ۷۵٪ گاوزبان اروپایی و همین طور ۷۵٪ ریحان این شاخص بزرگتر از یک بود (جدول ۳). کمتر بودن این شاخص از واحد دلالت بر فزونی ارزش کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است (Sarlak and Aghaalikhani, 2010). در کشت مخلوط یونجه و سورگوم حداقل شاخص رقابت در نسبت ۷۵٪ یونجه + ۲۵٪ سورگوم ۰/۲۱ گزارش شده و این نسبت مناسب‌ترین نسبت کشت به لحاظ تولید علوفه معرفی شده است (Chaichi *et al.*, 2007).

در صورتی که زمان تصرف زمین بوسیله گونه‌های شرکت‌کننده در کشت مخلوط متفاوت باشد، نسبت معادل سطح-زمان در مقایسه با نسبت برابری زمین شرایط ارزیابی بهتری را فراهم می‌نماید (Awal *et al.*, 2007). تمام مقادیر نسبت معادل سطح-زمان از مقادیر نسبت برابری زمین کمتر بود (جدول ۱ و ۳)، که کاهش نسبت معادل سطح-زمان در مقایسه با نسبت برابری زمین در کشت مخلوط پنبه با سورگوم و لوبیای چشم بلبلی (Aasim *et al.*, 2008)، تربچه (*Raphanus sativus* L.) و تاج خروس (Seran and Brintha, 2009) نیز گزارش شده است. افزایش عدد نسبت برابری زمین در مقایسه با نسبت معادل سطح-زمان دلالت بر تخمین بیش از حد نسبت برابری زمین از بهره‌وری منابع توسط اجزای کشت مخلوط دارد. این شاخص در مقایسه با نسبت برابری زمین از مشکلات ناشی از تخمین بیش از حد بهره‌وری منابع مستثنی است (Aasim *et al.*, 2008).

نسبت معادل سطح-زمان در کشت مخلوط سویا با ریحان (۱/۰۹۳) و گاوزبان اروپایی (۱/۰۵۸)، تنها در نسبت ۷۵٪ سویا بالاتر از یک بود (جدول ۳). در هر دو سیستم مخلوط، کمترین عدد این شاخص مربوط به نسبت ۲۵ درصدی سویا با این گیاهان بود (جدول ۳). مقدار نسبت معادل سطح-زمان نشان داد که نسبت ۲۵:۷۵ (سویا: ریحان) ۹/۳ درصد و نسبت ۲۵:۷۵ (سویا:گاوزبان اروپایی) ۵/۸ درصد افزایش عملکرد نسبت به تک‌کشتی دارد. در حالی که، سایر نسبت‌های اختلاط با گاوزبان اروپایی (۱۵/۴- ۱ درصد) و ریحان (۱۹/۵- ۱/۴ درصد) کاهش عملکرد نسبت به تک‌کشتی داشتند. این افزایش موکد این است که برای رسیدن به سودمندی در تک‌کشتی سویا و گاوزبان اروپایی، ۵/۸ درصد روز در هر هکتار و برای رسیدن به سودمندی در تک‌کشتی سویا و ریحان، ۹/۳ درصد روز در هکتار بیشتر زمان لازم است (Egbe *et al.*, 2010). نسبت معادل سطح-زمان در تیمارهای کشت مخلوط ذرت با ماش و لوبیا چشم بلبلی بالاتر از یک و در تیمارهای مخلوط ذرت با سویا و بادام زمینی کمتر از یک گزارش شده است (Sherma and Behara, 2009). در کشت مخلوط جو و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) نیز نسبت معادل سطح-زمان تنها در تیمار دو ردیف بادام زمینی و یک ردیف جو بالاتر از یک گزارش شده است (Awal *et al.*, 2007). در مطالعه کشت مخلوط پنبه با دو گیاه سورگوم و لوبیا چشم بلبلی نسبت معادل سطح-زمان بالاتر از یک و سودمندی ۵ تا ۱۳ درصدی عملکرد مخلوط در اختلاط پنبه و لوبیا چشم بلبلی و نسبت معادل سطح-زمان پایین‌تر از یک و کاهش ۹ تا ۲۳ درصدی عملکرد مخلوط در اختلاط پنبه و سورگوم گزارش شده است (Aasim *et al.*, 2008).

حداکثر شاخص سودمندی سیستم مربوط به تیمار ۷۵ درصدی سویا با ریحان بود و با تیمار ۷۵٪ سویا : ۲۵٪ گاوزبان اروپایی اختلاف چندانی نداشت (جدول ۳). کمترین عدد این شاخص مربوط به تیمارهای ۷۵ درصدی ریحان و گاوزبان اروپایی با سویا بود (جدول ۳). در مطالعه کشت مخلوط ذرت با دو گیاه ماش و تاج خروس، حداکثر شاخص سودمندی سیستم در تیمار ۷۵:۲۵ (ذرت:ماش) گزارش شده است (Aynehband and Behrooz, 2011). در کشت مخلوط نخودفرنگی با چند غله نیز بیشترین شاخص سودمندی سسیستم مربوط به نسبت۲۰:۸۰ کشت مخلوط نخودفرنگی با ترتیکاله و گندم اظهار شده است (Lithourgidis *et al.*, 2011). در گزارش دیگری نیز بیشترین عدد شاخص سودمندی سیستم در تیمار دو ردیف سورگوم با یک ردیف لوبیا چشم بلبلی مشاهده شده است (Oseni *et al.*, 2010).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- شاخص غالبیت، شاخص رقابت، نسبت برابری سطح-زمان و شاخص سودمندی سیستم در نسبت‌های مختلف اختلاط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی.

تیمارهای آزمایش	شاخص غالبیت			شاخص رقابت	نسبت برابری سطح- زمان	شاخص سودمندی سیستم
	سویا	ریحان	گاوزبان اروپایی			
سویا۷۵٪: ریحان۲۵٪	+۱/۰۰۳b	-۱/۰۰۳a	-	۰/۱۹c	۱/۰۹۳a	۲۸۸۷/۳۸a
سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪	+۱/۳۷۷a	-۱/۳۷۷b	-	۰/۹۱۶b	۰/۹۸۶b	۲۶۳۹/۰۱b
سویا۲۵٪: ریحان۷۵٪	+۱/۰۵۴b	-۱/۰۵۴a	-	۱/۶۴a	۰/۸۰۵c	۲۲۹۰/۷۲c
سویا۷۵٪: گاوزبان اروپایی ۲۵٪	+۰/۶۰۵c	-	-۰/۶۰۵ab	۰/۴۷۳bc	۱/۰۵۸ab	۲۸۰۱/۸ab
سویا۵۰٪: گاوزبان اروپایی ۵۰٪	+۰/۹۶۶b	-	-۰/۹۶۶b	۰/۸۹۳b	۰/۹۹b	۲۶۶۳/۷b
سویا۲۵٪: گاوزبان اروپایی ۷۵٪	+۰/۳۴۹c	-	-۰/۳۴۹a	۱/۵۹۳a	۰/۸۴۶c	۲۳۷۵/۹c
حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) (٪۵)	۰/۲۵۸۳	۰/۲۵۵۱	۰/۴۳۵۴	۰/۵۳۸۵	۰/۰۷۹۷	۲۱۵/۰۱
خطای استاندارد	۰/۱۴۷۹	۰/۱۱۷۱	۰/۱۷۹	۰/۲۳۸	۰/۰۴۶۸	۹۵/۶۰۲

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

سودمندی اقتصادی

نتایج نشان داد که بیشترین سودمندی کشت مخلوط سویا مربوط به تیمارهای۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (سویا : ریحان) و کمترین میزان این شاخص در سویا مربوط به تیمار کشت مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی بوده است (جدول ۴). این شاخص در ریحان و گاوزبان اروپایی منفی بود. بیشترین مقدار منفی در گاوزبان اروپایی مربوط به تیمار ۵۰:۵۰ و در ریحان مربوط به تیمار ۲۵٪ سویا : ۷۵٪ ریحان بود (جدول ۴). سودمندی کشت مخلوط کل تنها در تیمارهای ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (سویا : ریحان) مثبت بود (جدول ۴). این عدد مثبت دال بر سودمندی اقتصادی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است (Lithourgidis *et al.*, 2011) و احتمالا ناشی از استفاده بهتر اجزای کشت مخلوط از منابع موجود مانند نور، آب، مواد غذایی و غیره می‌باشد (Shaygan *et al.*, 2008). در سایر تیمارها مقدار شاخص سودمندی کل منفی بود. کمترین مقدار شاخص کل مربوط به تیمارهای ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ (سویا : گاوزبان اروپایی) بود (جدول ۴). به‌طور کلی این شاخص در کشت مخلوط سویا با ریحان بیشتر از گاوزبان اروپایی بود. عدم سودمندی اقتصادی کشت مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی امکان دارد به‌دلیل اختلاف قیمت اجزای سیستم باشد (قیمت دانه سویا در هر کیلو ۸۰۰۰ ریال و درمقابل گل گاوزبان اروپایی در هر کیلو ۷۵۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است). این اختلاف قیمت باعث می‌شود تا اجزای کشت مخلوط قادر به جبران آن نباشند. در موردی مشابه عدم سودمندی اقتصادی کشت مخلوط پنبه با لوبیا چشم بلبلی و سورگوم به‌دلیل اختلاف قیمت اجزای کشت مخلوط گزارش شده است (Aasim *et al.*, 2008). در کشت مخلوط ماشک با برخی از غلات، بیشترین مقدار سودمندی کشت مخلوط در تیمارهای ۴۵:۵۵ (ماشک : گندم) و ۳۵:۶۵ (ماشک : جو) گزارش شد (Dhima *et al.*, 2007).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- شاخص سودمندی کشت مخلوط و شاخص سودمندی مالی در نسبت‌های مختلف اختلاط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی.

تیمارهای آزمایش	سودمندی کشت مخلوط				شاخص سودمندی مالی
	سویا	ریحان	گاوزبان اروپایی	کل	
سویا۷۵٪: ریحان۲۵٪	۰/۲۲۵b*	-۰/۱۴a	-	-۰/۰۱۴b	۳۲۸/۱a
سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪	۰/۴۴a	-۰/۲۳b	-	۰/۱۸۹a	۵۲/۵ab
سویا۲۵٪: ریحان۷۵٪	۰/۴۲a	-۰/۲۵b	-	۰/۲۷۷a	-۱۳۱۹/۱c
سویا۷۵٪: گاوزبان اروپایی۲۵٪	۰/۰۰۲۴c	-	-۰/۳۷۵b	-۰/۳۷۳d	۳b
سویا۵۰٪: گاوزبان اروپایی۵۰٪	۰/۰۰۵۳c	-	-۰/۴۵۶b	-۰/۴۵۱d	۱/۱b
سویا۲۵٪: گاوزبان اروپایی۷۵٪	۰/۰۰۱۸c	-	-۰/۱۷۲a	-۰/۱۷b	-۷/۵b
حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) (۵٪)	۰/۰۷۷۳	۰/۰۱۸	۰/۱۲۶	۰/۱۱۷	۳۱۱/۲۵
خطای استاندارد	۰/۰۸۵۸	۰/۰۳۳۸	۰/۰۸۴۵	۰/۱۲	۲۳۸/۲۳۲

*میانگین‌های دارای حروف مشترک ۰در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

بررسی سودمندی اقتصادی کشت مخلوط از طریق شاخص سودمندی مالی نشان داد که به‌غیر از نسبت‌های ۷۵:۲۵ (سویا : ریحان و گاوزبان اروپایی) در سایر نسبت‌ها کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی به‌لحاظ اقتصادی سودمند است (جدول ۴).

بیشترین عدد این شاخص مربوط به تیمار ۷۵٪ سویا : ۲۵٪ ریحان بود (جدول ۴). اعداد منفی در این شاخص نشان داد که کمترین نسبت سویا در کشت مخلوط با ریحان و گاوزبان اروپایی از نظر اقتصادی به‌صرفه نیست. در بررسی کشت مخلوط نخود فرنگی با گندم، چاودار و ترتیکاله مقدار شاخص سودمندی مالی در تمامی نسبت‌ها به‌غیر از نسبت ۴۰:۶۰ (نخودفرنگی : گندم) مثبت گزارش شده است (Lithourgidis *et al.*, 2011). در کشت مخلوط پنبه با دوگیاه سورگوم و لوبیا چشم بلبلی نیز شاخص سودمندی مالی در تمامی سیستم‌های کشت مخلوط مثبت عنوان شده است (Aasim *et al.*, 2008). نتایج حاصل از شاخص سودمندی مالی با نتایج حاصل از نسبت برابری زمین و ضریب ازدحام نسبی مطابقت داشت. به‌طوری که نسبت‌هایی که مقدار نسبت برابری زمین و ضریب ازدحام نسبی در آنها بیشتر از واحد بود از لحاظ اقتصادی نیز سودمند بودند. رابطه نزدیک بین شاخص سودمندی مالی با شاخص‌های رقابتی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Dhima *et al., 2007;* Ghosh *et al.*, 2004; Esmaeili *et al.*, 2011).

لازم به ذکر است که اختلافات موجود بین سودمندی سیستم‌های کشت مخلوط از لحاظ اقتصادی می‌تواند ناشی از اختلاف عوامل مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی، نیازهای غذایی مختلف گونه‌ها و نحوه استفاده آنها از منابع رشدی و همچنین غالبیت یک گونه نسبت به دیگری باشد (Dhima *et al.*, 2007).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش بر این امر اذعان دارد که شاخص‌های رقابتی و اقتصادی سیستم مخلوط نسبت به تک‌کشتی رجحان داشت. این برتری احتمالا به‌دلیل استفاده بهتر اجزای مخلوط از منابع رشدی مانند نور، آب و مواد غذایی در مقایسه با تک‌کشتی است. با بررسی شاخص رقابت و نسبت رقابتی مشخص شد که ریحان نسبت به گاوزبان اروپایی از قابلیت رقابتی کمتری در مقابل سویا برخوردار است و همان‌طور که شاخص‌های سودمندی رقابتی و اقتصادی نشان می‌دهند، سیستم مخلوط سویا با ریحان به لحاظ اقتصادی و رشدی بر کشت مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی ارجحیت دارد. به‌طور نسبی بهترین نسبت‌های کاشت در کشت مخلوط سویا با ریحان نسبت‌های ۷۵٪ سویا : ۲۵٪ ریحان و ۵۰٪ سویا : ۵۰٪ گاوزبان اروپایی بود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Aasim, M., Umer, E.M. and Karim, A., 2008. Yield competition indices of intercropping cotton (*Gossypium hirsutum* L.) using different planting patterns. Tarim Bilimleri Dergisi. 14(4), 326-333.

Adeniyan, O.N., Akande, S.R., Balogun, M.O. and Saka, J.O., 2007. Evaluation of Crop Yield of African Yam Bean, Maize and Kenaf Under Intercropping Systems. American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Science. 2(1), 99-102.

Agegnehu, G., Ghizaw, A. and Sinebo, W., 2008. Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean mixed intercropping. Agronomy for Sustainable Development. 28, 257-263.

Alizadeh, Y., Koocheki, A. and Nasiri Mahallati, M., 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology. 2(3), 383-397.

Awal, M.A., Pramanik, M.H.R. and Hossen, M.A., 2007. Interspecies competition, growth and yield in Barley-Peanut intercropping. Asian Journal of Plant Sciences. 6(4), 577-584.

Aynehband, A. and Behrooz, M., 2011. Evaluation of Cereal-legume and Cereal-Pseudocereal intercropping systems through forage productivity and competition ability. American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Science. 10(4), 675-683.

Banik, P., 1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. Journal of Agronomy and Crop Science. 176, 289-294.

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

Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K. and Bagchi, D.K., 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series systems. Journal of Agronomy and Crop Science. 185, 9-14.

Chaichi, M.R., Daryaei, F. and Aghaalikhani, M., 2007. Forage production of sorghum and alfalfa in sole and intercropping systems. Asian Journal of Plant Sciences. 6(5), 833-838.

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

Egbe, O.M., Alibo, S.E. and Nwueze, I., 2010. Evaluation of some extra-early-and early-maturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern Guinea Savanna of Nigeria. Agriculture and Biology Journal of North America. 1(5), 845-858.

Esmaeili, A., Sadeghpour, A., Hosseini, S.M.B., Jahanzad, E., Chaichi, M.R. and Hashemi, M., 2011. Evaluation of seed yield and competition indices for intercropped barley (*Hordeum vulgare*) and annual medic (*Medicago scutellata*). International Journal of Plant Production. 5(4), 395-404.

Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghafari Moghaddam, M. and Safar, M., 2010a. Evaluation of corn (*Zea mays* L.)-Squash (*Cucurbit asp*.) intercropping system and their effects on weed control. Iranian Journal of Field Crops Research. 41(1), 43-55. (In Persian with English abstract).

Ghanbari, A., Nasirpour, M. and Tavassoli, A., 2010b. Evaluation of ecophysiological characteristics of intercropping of millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Journal of Agroecology. 2(4), 556-564.

Ghosh, P.K., 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research. 88, 227-237.

Hiebsch, C.K. and McCollum, R.E., 1987. Area-Time equivalency ratio: A method for evaluation the productivity of intercrops. Agronomy Journal. 79, 15-22

Jamshidi, K.H., Mazaheri, D., Majnoun Hosseini, N., Rahimian, H. and Peyghambari, S.A., 2008. Evaluation of yield in intercropping of maize and cowpea. Pajouhesh and Sazandei. 80, 110-118. (In Persian with English abstract).

Jahani, M., Koocheki, M. and Nasiri Mahallati, M., 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crops Research. 6(1), 67-78. (In Persian with English abstract).

Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M., Khoramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teimouri, M. and Sanjani, S., 2010a. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. Journal of Agroecology. 2(1), 27-36.

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Feizi, H., Amirmoradi, S. and Mondani, F., 2010b. Effect of strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phasaelous vulgaris* L.) on yield and land equivalent ratio in weedy

Archive of SID

www.SID.ir

and weed free conditions. Journal of Agroecology. 2(2), 225-235.

Li, C.J., Li, Y., Yu, C.B., Sun, J.H., Christie, P., An, M., Zhang, F.S. and Li, L., 2011. Crop nitrogen use and soil mineral nitrogen accumulation under different crop combinations and patterns of strip intercropping in northwest China. Plant and Soil. 342, 221-231.

Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S. and Pengel, Z., 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. Field Crops Research. 71, 123-137.

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A. and Damalas, C.A., 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy. 34, 287-294.

Mbah, E.U., Muoneke, C.O. and Okpara, D.A., 2007. Effect of compound fertilizer on the yield and productivity of soybean and maize in soybean/maize intercrop in southeastern Nigeria. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 7, 87-95.

Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M. and Nasiri Mahallati, M., 2009. Evaluation benefit of Ajowan and Fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research. 7(1), 259-269. (In Persian with English abstract).

Mohsenabadi, G.R., Jahansooz, M.R., Chaichi, M.R., Rahimian Mashhadi, H., Liaghat, A.M. and Savaghebi, G.R., 2008. Evaluation of barley-vetch intercrop at different nitrogen rates. Journal of Agricultural Science and Technology (JAST). 10, 23-31.

Naderi Darbaghshahi, M., Banitaba, A. and Bahari, B., 2012. Evaluation the possibility of saffron and chamomile mixed culture. African Journal of Agricultural Research. 7(20), 3060-3065.

Nakhzari Moghaddam, A., Chaichi, M.R., Mazahri, D., Rahimian Mashhadi, H., Majnoun Hosseini, N. and Nouri nia, A., 2009. The effects of corn (*Zea mays* L.) and green gram (*Vgna radiata*) intercropping on some quantity characteristics of forage and weed biomass. Iranian Journal of Field Crops Research. 40(4), 151-159. (In Persian with English abstract).

Naghdi Badi, H. and Sorooshzadeh, A., 2011. Evaluting potential of borage (*Borago officinalis* L.) in bioremediation of saline soil. African Journal of Biotechnology. 10(2), 146-153.

Odo, P.E., 1991. Evaluation of short and tall sorghum varieties in mixtures with cowpea in the Sudan savanna of Nigeria: Land equivalent ratio, grain yield and system productivity index. Experimental Agriculture. 27, 435-441.

Ofosu-Anim, J. and Limbani, N.V., 2007. Effect of Intercropping on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.). International Journal of Agriculture and Biology. 9(4), 594-597.

Oseni, T.O., 2010. Evaluation of sorghum-cowpea intercrop productivity in savanna agro-ecology using competition indices. Journal of Agricultural Science. 2(3), 229-234.

Rezaee Chiane, E., Dabagh Mohammadinasab, A., Shakiba, M.R., Ghaemi Golazani, K. and Aharizadeh, S., 2010. Evaluation of light intercropping and canopy characteristics in mono-cropping and intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Agroecology. 2(3), 437-447.

Rezvani Moghaddam, P. and Moradi, R., 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iranian Journal of Field Crops Research. 43(2), 217-230.

Sarlak, S.H. and Aghaalikhani, M., 2010. Effect of plan density and mixing ratio on crop yield in sweet corn (*Zea mays* L. var Saccharata) and mungbean (*Vigna radiata*) intercropping. Iranian Journal of Crop Science. 11(4), 367-380. (In Persian with English abstract).

SAS Institute, 2000. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.2. SAS Institute Inc., Cary. NC. USA.

Seran, T.H. and Brintha, I., 2009. Biological and economic efficiency of radish (*Raphanus sativus* L.) intercropped with vegetable amaranthus (*Amaranthus tricolor* L.). The Open Horticulture Journal. 2, 17-21.

Sharifi, Y., Aghaalikhani, M., Modares Sanavi, A.M. and Sorooshzadeh, A., 2006. Effect of interference proportion and density on foliage production in intercropping of sorghum (*Sorghum bicolor*) with cowpea (*Vigna unguiculata*). Iranian Journal of Agronomy Sciences. 37-1(2), 363-370. (In Persian with English abstract).

Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H. and Peyghambari. S.A., 2008. Effect of planting date and intercropping maize (*Zea mays* L.) and foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. Iranian Journal of Crop Sciences. 10(1), 31-46. (In Persian with English Abstract).

Sherma, A.R. and Behera, U.K., 2009. Recycling of legume residues for nitrogen economy and higher productivity in maize (*Zea mays* L.) –

Archive of SID

www.SID.ir

wheat (*Triticum aestivum*) cropping system. Nutrient Cycling in Agroecosystem. 83, 197-210.

Shobeiri, S.S., Habibi, D., Kashani, A., Pak Nejad, F., Jafari, H. and Lamei, J., 2011. Study of dry forge yield and quality hairy vetch and triticale in pure stand and mixed cropping. Iranian Journal of Crop Sciences. 13(2), 269-281. (In Persian with English abstract).

Tahami Zarandi, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P. and Jahan, M., 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology. 2(1), 63-74.

Wahla, I.H., Ahmad, R., Ehsanullah, Ahmad, A. and Jabbar, A., 2009. Competitive functions of components crops in some barley based intercropping systems. International Journal of Agriculture and Biology. 11(1), 69-72.

Yilmaz, S., Atak, M. and Erayman, M., 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east Mediterranean region. Turk Journal of Agriculture. 32, 111-119.

Zaefarian, F., Aghaalikhani, M., Rahimian Mashadi, H., Zand, E. and Rezvani, M., 2010. Yield and growth indices of corn/soybean intercrops under simultaneous competition of redroot pigweed and jimsonweed. Iranian Journal of Weed Science. 5(1), 107-125. (In Persian with English abstract).

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of yield advantage and economic productivity of soybean (*Glycine max* L.) intercropping with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.)

Milad Bagheri Shirvan,[1,*] Faezeh Zaefarian,[1] Vahid Akbarpour[1] and GhorbanAli Asadi[2]

[1]Department of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Sari, Sari, Iran.

[2]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

[*]Corresponding author: bagheri_mi@yahoo.com

Abstract

The mathematical formulas for evaluation of intercropping advantage provides accurately assess of intercropping systems based on economic and competitive parameters. In order to study the economic and competitive indices on intercropping of soybean with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officianalis* L.) an experiment was performed in a randomized complete block design with 9 treatments and 3 replications in 2011 at a field located 10 km of Shirvan (Northern Khorasan). Treatments were included different ratios of intercropping of soybean with sweet basil and borage (100: 0, 75: 25, 50: 50, 25: 75, and 0: 100, soybean: sweet basil or borage). In this experiment, we used the indices of land equivalent ratio (LER), relative crowding coefficient (*K*), aggressivity (A), competitive ratio (CR), system productivity index (SPI), actual yield loss (AYL), area-time equivalent ratio (ATER) and competitive index (CI) and economic indices of monetary advantage (MAI) and intercropping advantage (IA). The results showed that intercropping had superiority compared to monoculture. In all ratios, aggressivity indices indicated that soybean was dominant compared to sweet basil and borage. The results suggested that there was a relationship between economic and competitive indices, so that economic advantageous was observed in treatments with LER and *K* higher than one. In general, treatments of 75% soybean: 25% sweet basil and 50% soybean: 50% borage were superior than other treatments. The indices indicated that intercropping soybean with sweet basil has a high efficiency when compared to intercropping soybean with borage.

Keywords: Aggressivity, Area-time equivalent, Monetary advantage index, Relative crowding coefficient.

Archive of SID

www.SID.ir