



مجله پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد نوزدهم، شماره سوم، ۱۳۹۱

<http://jopp.gau.ac.ir>

ارزیابی شاخص‌های رشد سویا، ریحان رویشی و گاوزبان اروپایی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط

*میلاذ باقری^۱، فائزه زعفریان^۲، وحید اکبرپور^۳، قربانعلی اسدی^۴ و بهاره بیچرانلو^۵

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، آستادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، آمری گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، آستادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ^۵ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان

چکیده

یکی از روش‌های ارزیابی بهره‌وری سیستم‌های کشت مخلوط استفاده از شاخص‌های رشد است. به همین منظور و در جهت بررسی شاخص‌های رشدی سویا، ریحان و گاوزبان در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط آزمایشی در خراسان شمالی به صورت طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۹ تیمار در سال ۱۳۹۰ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص هر یک از گیاهان، نسبت‌های جایگزینی ۷۵ درصد سویا و ۲۵ درصد ریحان، ۵۰ درصد سویا و ۵۰ درصد ریحان و ۲۵ درصد سویا و ۷۵ درصد ریحان و عینا در همین نسبت‌ها با گاوزبان بود. نتایج نشان داد که تیمار ۲۵:۷۵ سویا: ریحان نسبت به سایر تیمارهای مخلوط و تک‌کشتی سویا از تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول بالاتری در طول فصل رشد برخوردار بود. سرعت رشد نسبی سویا در نسبت‌های ۷۵:۲۵ سویا: ریحان و سویا: گاوزبان نسبت به سایر تیمارها ارجحیت داشت و با افزایش سهم سویا از میزان آن کاسته شد. سرعت جذب خالص تک‌کشتی سویا نیز با شروع رقابت درون‌گونه‌ای نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت. شاخص‌های رشدی تک‌کشتی گاوزبان در مقایسه با سایر نسبت‌ها در بالاترین سطح خود قرار داشت و با افزایش سهم سویا از میزان آنها کاسته شد.

نسبت برابری زمین براساس شاخص سطح برگ و ماده خشک بالاتر از یک در اکثر تیمارهای مخلوط نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط بر تک‌کشتی بود.

واژه‌های کلیدی: نسبت برابری زمین، سرعت جذب خالص، سرعت رشد نسبی، کشت مخلوط جایگزینی

مقدمه

کشت مخلوط عبارت است از تولید دو یا چند محصول به‌طور همزمان در یک قطعه زمین که به‌منظور افزایش نسبت برابری زمین انجام می‌گیرد (موسویان و همکاران، ۲۰۱۰). این سیستم یکی از عملیات کشاورزی پایدار و فاکتورهای مهم پایداری در کشاورزی است که در بیشتر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه اجرا می‌شود (مافی و ماکسیارلی، ۲۰۰۳). از این رو در بسیاری پژوهش‌ها از آن با عنوان کاربرد عملی قوانین پایه اکولوژی مانند تنوع و رقابت نامبرده می‌شود (شانی و همکاران، ۲۰۱۰). کشت مخلوط به‌دلیل فراهم نمودن شرایط به منظور استفاده کارآمدتر از منابع و کاهش تداخل علف‌های هرز، حشرات و آفات اغلب بازده بیشتری نسبت به تک‌کشتی اجزای خود دارد (اکارته و همکاران، ۲۰۱۱). آنالیز رشد گیاه ابزاری است که هم‌اکنون به‌طور گسترده در زمینه‌های مختلف از جمله اصلاح نباتات، فیزیولوژی و اکولوژی گیاهی کاربرد دارد (پرتر و گارنر، ۱۹۹۶). شاخص‌های رشد نشان‌دهنده استفاده گیاه و اندام‌های مختلف آن از منابع موجود است (ال دایر و همکاران، ۲۰۰۲) که بسته به عامل کلیدی رشد می‌توان از شاخص‌های مختلف رشد استفاده نمود. در مخلوط‌های گیاهی استفاده از شاخص‌های سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص مرسوم است (ولایتی و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به استفاده کارآمدتر از منابع، گزارشات بسیاری بیانگر برتری شاخص‌های رشد گیاهان در شرایط کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در دسترس است. در بررسی کشت مخلوط کنجد و شاهدانه بیش‌ترین مقدار سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک شاهدانه در تیمار ۵۰:۵۰ کنجد و شاهدانه گزارش شده است (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۰). پورامیر و همکاران (۲۰۱۰) نیز در بررسی کشت مخلوط کنجد و نخود اعلام کردند که شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک در تک‌کشتی نسبت به تیمارهای کشت مخلوط در سطح پایین‌تری قرار دارند. البته در کنار برتری شاخص‌های رشدی در کشت مخلوط، به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای بین اجزای آن گزارشات گوناگونی نیز از کاهش این شاخص‌ها نسبت به

مجله پژوهش‌های تولید گیاهی (۱۹)، شماره (۳) ۱۳۹۱

تک‌کشتی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به کاهش شاخص سطح برگ ماش در ترکیب با سیاهدانه (رضوانی مقدم و همکاران، ۲۰۰۹) و کاهش تجمع ماده خشک در مخلوط نخود فرنگی و برخی از غلات نسبت به تک‌کشتی آن‌ها (لیتورگیدیز و همکاران، ۲۰۱۱) اشاره نمود. هدف از انجام این پژوهش بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰ در مزرعه‌ای واقع در ۱۰ کیلومتری شهرستان شیروان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ارتفاع ۱۰۷۵ متر از سطح دریا انجام گرفت. متوسط بارندگی سالیانه ۲۴۴/۲ میلی‌متر و بیش‌ترین و کم‌ترین دمای مطلق سالیانه به‌ترتیب ۴۱/۱ و ۲۵/۲- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بافت خاک مزرعه لومی با اسیدیته ۸/۲، ماده آلی ۱/۶ درصد، نیتروژن ۰/۱۴ درصد، پتاسیم ۱۶۸ ppm، فسفر ۳۷/۸ ppm بود. این آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در جهت بررسی نسبت‌های جایگزینی اختلاط سویا (رقم ویلیامز)، ریحان (رقم محلی) و گاوزبان اروپایی با ۹ تیمار (شامل کشت خالص سویا، ریحان و گاوزبان و نسبت‌های کشت ۷۵ درصد سویا + ۲۵ درصد ریحان، ۷۵ درصد سویا + ۲۵ درصد گاوزبان، ۵۰ درصد سویا + ۵۰ درصد ریحان، ۵۰ درصد سویا + ۵۰ درصد گاوزبان، ۲۵ درصد سویا + ۷۵ درصد ریحان و ۲۵ درصد سویا + ۷۵ درصد گاوزبان) و ۳ تکرار اجرا گردید. گیاهان در ۱۵ خرداد ماه در کرت‌هایی به مساحت ۱۲ مترمربع شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شدند. به‌منظور حفظ تراکم مطلوب (برای سویا و ریحان، ۵ سانتی‌متر و در مورد گاوزبان ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف) در مرحله ۴-۳ برگی گیاهان اضافه تنک گردید. آب مورد نیاز کرت‌ها به فاصله هر ده روز یکبار از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای تامین گردید. وجین علف‌های هرز به صورت دستی و در دو مرحله انجام شد. جهت ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد اجزای مخلوط، از زمان ۴۰ روز پس از کاشت به فاصله هر ۱۴ روز یکبار، پنج مرحله نمونه‌برداری تخریبی از سطح مزرعه انجام شد. در هر مرحله گیاهان واقع در ۳۰ سانتی‌متر طولی از ۴ ردیف میانی هر واحد آزمایشی برداشت شدند. به همین منظور اندازه‌گیری سطح برگ سویا و گاوزبان توسط دستگاه (Laser leaf area meter (CID, Inc.; CI-203) و اندازه‌گیری سطح برگ ریحان به‌وسیله دستگاه (ADS (Bioscientific, Ltd.) انجام گرفت. پس از

اندازه‌گیری سطح برگ، جهت تعیین وزن خشک نمونه‌های گیاهی و مطالعه روند تجمع ماده خشک، نمونه‌ها درون آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان رسیدن به وزن خشک ثابت، قرار داده شدند و سپس وزن گردیدند. به‌منظور بیان تغییرات شاخص سطح برگ سویا و گاوزبان نسبت به روزهای کاشت از معادله لجستیک- پیک (معادله ۱) استفاده گردید (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۹ الف؛ بیات و همکاران، ۲۰۰۹).

$$LAI = a + b * 4 * (\exp(-(x-c)/d))/((1+\exp(-(x-c)/d))^2) \quad \text{معادله ۱}$$

در این معادله LAI شاخص سطح برگ برآورد شده در زمان؛ a، عرض از مبدا؛ b، حداکثر شاخص سطح برگ؛ c، زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و d، نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود. x، نیز زمان بر حسب روزهای پس از کاشت است. جهت ارزیابی تغییرات ماده خشک سویا در زمان معادله سیگموئیدی (معادله ۲) بهترین برازش را با داده‌های به‌دست آمده داشت (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۹- ب؛ امینی و فاتح، ۲۰۱۱). با مشتق گرفتن از معادله ۲، معادله سرعت رشد سویا (معادله ۳) برآورد گردید (امینی و فاتح، ۲۰۱۱).

$$TDM_{soybean} = a/(1+\exp(-(x-x_0)/b)) \quad \text{معادله ۲}$$

$$CGR_{soybean} = TDM/b\{1-(TDM/a)\} \quad \text{معادله ۳}$$

در این معادلات TDM، تجمع ماده خشک در زمان، a، حداکثر تجمع ماده خشک، b، شیب افزایش ماده خشک و x_0 ، زمانی است که گیاه بیشترین افزایش ماده خشک را دارد و CGR سرعت رشد سویا می‌باشد.

بهترین معادله برای ارزیابی تغییرات ماده خشک گاوزبان در واحد زمان معادله درجه دوم (معادله ۴) تعیین گردید، که با مشتق‌گیری از آن، معادله RGR گاوزبان (معادله ۵) به‌دست آمد (اوزنی دواجی و همکاران، ۲۰۰۸؛ زعفریان و همکاران، ۲۰۰۹).

$$TDM_{borage} = \text{EXP}(ax^2+bx+c) \quad \text{معادله ۴}$$

$$RGR_{borage} = 2ax+b \quad \text{معادله ۵}$$

پس از ارزیابی شاخص‌های مذکور، RGR سویا از تقسیم معادله CGR آن بر معادله TDM به‌دست آمد. در خصوص گاوزبان نیز از حاصل‌ضرب معادله RGR در TDM، سرعت رشد گاوزبان محاسبه گردید. همچنین از حاصل تقسیم سرعت رشد محصول (CGR) بر شاخص سطح برگ

(LAI)، سرعت فتوسنتز خالص (NAR) برآورد گردید (راعی و همکاران، ۲۰۰۷؛ زعفریان و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به ثابت نشدن شاخص سطح برگ و ماده خشک به دلیل چین رویشی در ریحان به منظور برآورد تغییرات ماده خشک و سطح برگ این گیاه از معادله خطی استفاده شد (علی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰). به همین منظور از برآورد سایر شاخص‌های رشد در مورد این گیاه صرف نظر گردید. به منظور تعیین کارایی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از نسبت برابری زمین (بر اساس شاخص سطح برگ و ماده خشک در مرحله غلاف‌دهی سویا) طبق معادله ۶ استفاده شد (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۰).

$$LER_{\text{Growth Index}} = \sum \frac{GI_{\text{intercropping}}}{GI_{\text{monoculture}}} \quad \text{معادله ۶:}$$

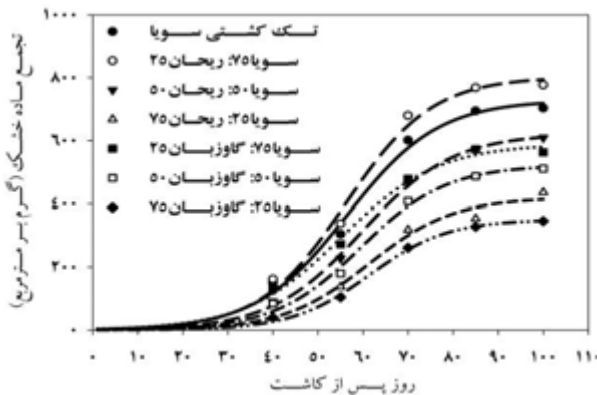
در این معادله $GI_{\text{intercropping}}$ شاخص سطح برگ یا ماده خشک هر محصول در مرحله غلاف‌دهی سویا در کشت مخلوط و $GI_{\text{monoculture}}$ شاخص سطح برگ یا ماده خشک همان محصول در مرحله غلاف‌دهی سویا در کشت خالص است.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها (در سطح احتمال ۵ درصد و براساس آزمون دانکن) با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.2) انجام گرفت. به منظور برازش مدل شاخص‌های رشد و رسم نمودارهای آن از نرم افزارهای Sigma plot (Ver. 11) و Slidewrite (Ver. 7.0) و Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجمع ماده خشک: بین تیمارهای مختلف از نظر تجمع ماده خشک سویا در روزهای ابتدایی تغییرات چندانی وجود نداشت. از حدود ۳۰ روز پس از کاشت اختلاف میان تیمارهای مختلف از لحاظ تغییرات ماده خشک نمود پیدا کرد و در حدود ۸۵ روز پس از کاشت به بیش‌ترین مقدار خود رسید و از آن پس سیر تقریباً ثابتی را دنبال کرد (شکل ۱). به‌طورکلی تجمع ماده خشک سویا در طول زمان از یک رابطه سیگموئیدی تبعیت کرد (جدول ۱). بیش‌ترین تجمع ماده خشک سویا مربوط به تیمار ۲۵:۷۵ سویا: ریحان بود (شکل ۱). به نظر می‌رسد در این نسبت، کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های سویا منجر به افزایش جذب نور و مواد غذایی و بهبود فتوسنتز شده و به دنبال آن تجمع ماده

خشک افزایش یافته است (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۰). بالا بودن میزان ماده خشک در برخی از تیمارهای مخلوط نسبت به کشت خالص می‌تواند نشان‌دهنده تاثیر مثبت کشت مخلوط باشد، به طوری که باعث بهبود توانایی سویا در استفاده از پتانسیل محیط شده است (زعفریان و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش تجمع ماده خشک در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۰)، کنجد و نخود (پورامیر و همکاران، ۲۰۱۰) و زنیان و شنبلیله (میرهاشمی و همکاران، ۲۰۰۹) نیز گزارش شده است.



شکل ۱- روند تجمع ماده خشک سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ریحان و گاوزبان.

جدول ۱- ضرایب معادله (۲) برای تجمع ماده خشک سویا در روزهای بعد از کاشت در نسبت‌های مختلف کشت.

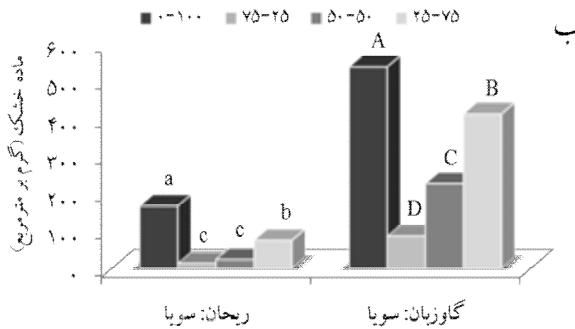
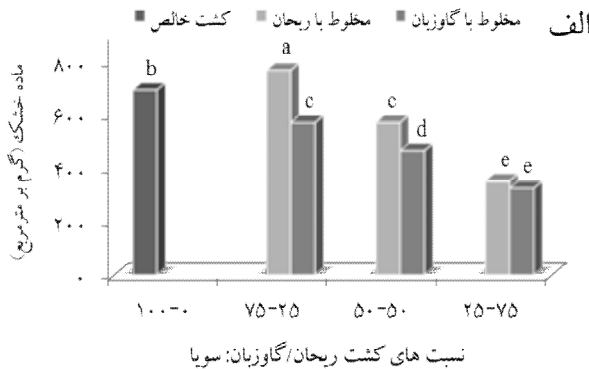
تیمار	$TDM_{soybean} = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$			
	حداکثر تجمع ماده خشک (a)	شیب افزایش ماده خشک (b)	زمان بیشترین افزایش ماده خشک (x_0)	ضریب تبیین (R^2)
کشت خالص سویا	۷۲۸/۶۷۵	۱۰/۱۴۷	۵۶/۴۶۴	۰/۹۸۸
۷۵/سویا: ۲۵/ریحان	۸۰۲/۳۹۴	۹/۶۳۴	۵۶/۱۸۳	۰/۹۹۹
۵۰/سویا: ۵۰/ریحان	۶۲۱/۷۴	۱۰/۱۳۴	۵۹/۶۶۵	۰/۹۹۹
۲۵/سویا: ۷۵/ریحان	۴۲۰/۱۷۵	۹/۴۶۲	۶۱/۲۴۸	۰/۹۸۱
۷۵/سویا: ۲۵/گاوزبان	۵۸۹/۰۰۳	۱۰/۷۳۷	۵۵/۲۰۹	۰/۹۹۱
۵۰/سویا: ۵۰/گاوزبان	۵۲۲/۰۸	۹/۵۲۳	۵۹/۴۱۸	۰/۹۹۹
۲۵/سویا: ۷۵/گاوزبان	۳۵۱/۲۷۱	۸/۶۴۴	۶۱/۴۴۴	۰/۹۹۹

از حدود ۷۰ روز پس از کاشت، بیش‌ترین ماده خشک سویا پس از تیمار ۲۵:۷۵ سویا: ریحان و تک‌کشتی سویا، مربوط به تیمار ۵۰:۵۰ سویا: ریحان بود. در سایر تیمارها با کاهش سهم سویا از میزان ماده خشک آن کاسته شد (شکل ۱). در کشت مخلوط سویا و سورگوم نیز، کاهش تجمع ماده خشک سویا با افزایش تراکم سورگوم به دلیل افزایش رقابت بین‌گونه‌ای گزارش شده است (راعی و همکاران، ۲۰۰۷). در مرحله غلاف‌دهی سویا، بین تیمارهای مختلف به لحاظ تجمع ماده خشک اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0/001$) وجود داشت (جدول ۲). بیش‌ترین وزن خشک سویا (۷۶۸/۱۳ گرم بر مترمربع) در این مرحله، مربوط به تیمار ۲۵:۷۵ سویا: ریحان بود. در مقابل، حداقل وزن خشک سویا در این مرحله در تیمارهای ۷۵:۲۵ سویا با ریحان (۳۵۳/۷۲ گرم بر مترمربع) و گاوزبان (۳۲۸/۰۶ گرم بر متر مربع) مشاهده شد (شکل ۲، الف). اختلافی میان تیمارهای ۵۰:۵۰ سویا: ریحان با ۲۵:۷۵ سویا: گاوزبان مشاهده نشد که بیانگر برتری نسبت ۵۰:۵۰ سویا: ریحان می‌باشد (شکل ۲، الف). به‌طور کلی، وزن خشک سویا در کشت مخلوط با ریحان در مقایسه با کشت مخلوط با گاوزبان بیشتر بود (شکل ۲، الف).

جدول ۲- تجزیه واریانس تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ، نسبت برابری زمین کل و جزیی سویا در مرحله غلاف‌دهی سویا.

منابع تغییرات	درجه آزادی	تجمع ماده خشک	شاخص سطح برگ	نسبت برابری زمین جزیی سویا			
				LER _{TDM}	LER _{LAI}	LER _{TDM}	LER _{LAI}
بلوک	۲	۳۲۲۴/۶۳۰۲ ^{n.s.}	۰/۰۰۴۰۲ ^{n.s.}	۰/۰۳۳۸۵ ^{**}	۰/۰۰۱۱۵ ^{n.s.}	۰/۰۵۰۴ [*]	۰/۰۰۲۶۱ ^{n.s.}
تیمار	۶	۸۰۲۲۷/۲۹۷ ^{**}	۱/۳۱۲۴ ^{**}	۰/۱۶۷۷ ^{**}	۰/۱۳۴۶۲ ^{**}	۰/۰۴۲۷۳ [*]	۰/۰۹۲۲۸ ^{**}
خطا	۱۲	۱۶۸۶/۷۳۹	۰/۰۱۰۳۸	۰/۰۰۳۱۷	۰/۰۰۱۲۲	۰/۰۱۲۲۵	۰/۰۰۳۹۳
ضریب تغییرات	-	۷/۶۱	۴/۴	۷/۱۹	۴/۱۷	۱۰/۲۲	۴/۸۷

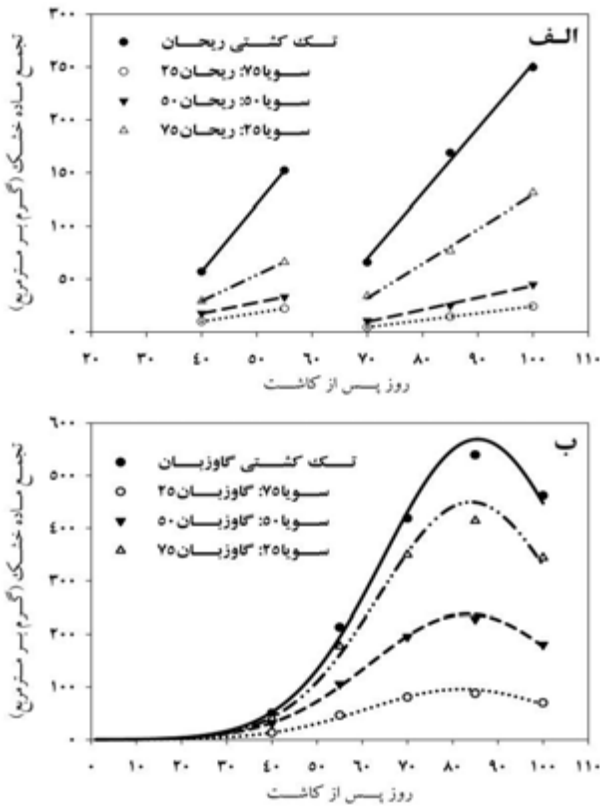
^{n.s.}، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد.



شکل ۲- ماده خشک اندام هوایی سویا (الف) و ریحان و گاوزیان (ب) در مرحله غلاف‌دهی سویا. میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ندارند.

در هر دو دوره رشدی ریحان، تجمع ماده خشک در تک‌کشتی بیش از سایر تیمارها بود. تفاوت بین تیمارها در چین دوم نسبت به چین اول مشهودتر است (شکل ۳، الف). در کشت مخلوط ریحان و لوبیا نیز گزارش شده است که در برداشت اول گیاه ریحان تفاوت چندانی بین تیمارها وجود نداشته است، زیرا دقیقاً زمانی که می‌بایست اثرات مثبت کشت مخلوط خود را نشان دهد گیاه برداشت گردیده است و علاوه بر این در اوایل فصل رشد به دلیل تراکم کم‌تر گیاه ریحان در تیمارهای مخلوط از نور رسیده به‌صورت بهینه استفاده نشده است. رشد سریع و دستیابی به ماده خشک بالا پس از برداشت اول در کشت مخلوط ریحان و لوبیا نیز گزارش شده است (علی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰). در مرحله غلاف‌دهی سویا، بین تیمارهای مختلف ریحان از لحاظ وزن خشک اختلاف معنی‌دار مشاهده

شد ($P \leq 0.01$) (جدول ۴). بیش‌ترین وزن خشک ریحان (۱۶۸/۶۷ گرم بر مترمربع) در این مرحله مربوط به کشت خالص بود (شکل ۲، ب). میان تیمارهای ۲۵:۷۵ و ۵۰:۵۰ سویا: ریحان نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲، ب). در مرحله پرشدن دانه سویا که هم‌زمان با برداشت چین دوم ریحان بود نیز همین روال در تجمع ماده خشک ریحان مشهود بود (داده‌ها نشان داده نشده است).



شکل ۳- روند تجمع ماده خشک ریحان (الف) و گاوزبان (ب) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سویا.

جدول ۳. ضرایب معادله (۴) برای تجمع ماده خشک گاوزبان در روزهای بعد از کاشت در نسبت‌های مختلف کشت.

$TDM_{\text{borage}} = \text{EXP}(ax^2+bx+c)$				
تیمار	ضریب رگرسیون درجه ۲ (a)	ضریب رگرسیون خطی (b)	عرض از مبدا (c)	ضریب تبیین (R ²)
کشت خالص گاوزبان	-۰/۰۰۱۱۵۰۴۳۹۶	۰/۱۹۶۸۲۹۱۷۶۲	-۲/۰۷۴۸۵۶۰۰۸۲	۰/۹۹۶
۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان	-۰/۰۰۱۱۰۶۲۲۲۴	۰/۱۸۱۷۱۷۳۹۲	-۲/۹۰۰۹۷۷۵۱۹	۰/۹۹۳
۵۰٪ سویا: ۵۰٪ گاوزبان	۰/۰۰۱۰۶۴۸۱۳۲	۰/۱۷۷۵۱۱۴۱۴۸	-۱/۹۲۶۸۸۰۱۰۸۷	۰/۹۹۸
۲۵٪ سویا: ۷۵٪ گاوزبان	-۰/۰۰۱۲۱۷۷۳۰۹	۰/۲۰۴۶۵۶۵۰۹۶	-۲/۴۹۰۲۱۲۲۰۲۷	۰/۹۹۴

تجمع ماده خشک گاوزبان در تیمارهای مختلف از روند مشابهی پیروی کرد، تولید ماده خشک از زمان سبز شدن تا ۸۵ روز پس از کاشت افزایش یافت، بعد از آن در اثر ریزش برگ‌ها، میزان ماده خشک روند نزولی پیدا کرد (شکل ۳، ب). تغییرات ماده خشک گاوزبان در طی زمان از رابطه درجه دوم تبعیت کرد (جدول ۳). بیش‌ترین تجمع ماده خشک مربوط به کشت خالص گاوزبان بود و با کاهش سهم گاوزبان در کشت مخلوط از میزان تجمع ماده خشک نیز کاسته شد (شکل ۳، ب). این روند در مرحله غلاف‌دهی نیز مشاهده شد (شکل ۲، ب). افزایش سهم سویا بیش از ۲۵ درصد در کشت مخلوط با گاوزبان و قرارگیری گاوزبان در سایه‌انداز سویا، به میزان قابل توجهی ماده خشک گاوزبان را تحت تاثیر قرار داد، به‌طوری‌که تجمع ماده خشک گاوزبان در تیمارهای ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سویا: گاوزبان نسبت به دو تیمار دیگر کاهش چشم‌گیری داشت (شکل ۳، ب). داس و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی کشت مخلوط گندم با نخود و عدس اظهار داشتند که در تمام مراحل رشد کشت خالص هر یک از گیاهان نسبت به کشت مخلوط از تجمع ماده خشک بیش‌تری برخوردار بود.

سرعت رشد سویا و گاوزبان: بیش‌ترین سرعت رشد سویا مربوط به تیمار ۲۵:۷۵ سویا: ریحان بود. این درحالی است که سرعت رشد اجزای مخلوط سویا و لوبیای سودانی (*Cajanus cajan* (L) Mill sp.) در کشت خالص بیش‌تر از کشت مخلوط گزارش شده است (گاش و همکاران، ۲۰۰۶). از حدود ۵۵ روز پس از کاشت، سرعت رشد سویا در تیمار ۵۰:۵۰ سویا: ریحان و سویا: گاوزبان از تیمار ۲۵:۷۵ سویا: گاوزبان بیش‌تر شد (شکل ۴، الف).

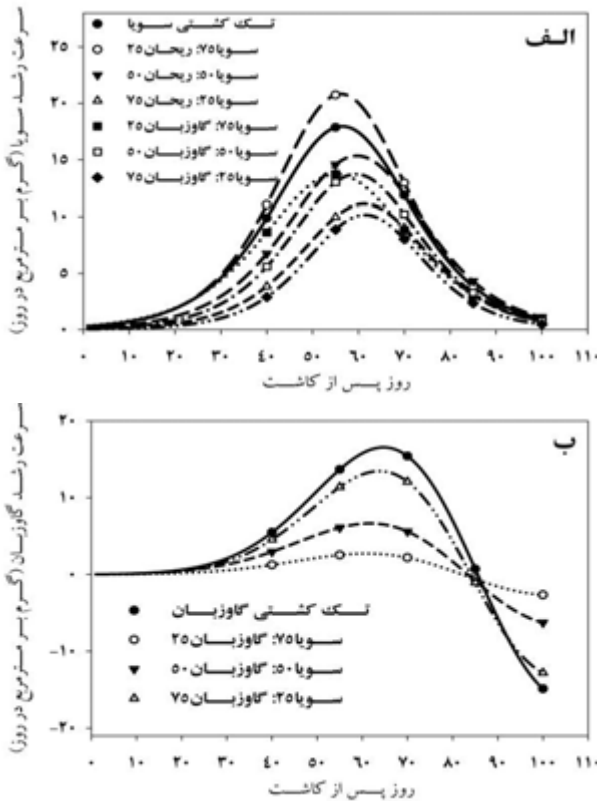
جدول ۴- تجزیه واریانس تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ و نسبت برابری زمین جزئی گاووزبان و ریحان در مرحله غلاف‌دهی سویا.

منابع تغییرات	درجه آزادی	تجمع ماده خشک		شاخص سطح برگ		نسبت برابری زمین جزئی			
		گاووزبان	ریحان	گاووزبان	ریحان	LER _{TDM}		LER _{LAI}	
						گاووزبان	ریحان	گاووزبان	ریحان
بلوک	۲	۱۳۴۴/۶۴۰۹ ^{n.s.}	۷/۶۴۱۴ ^{n.s.}	۰/۰۰۲۰۰۷ ^{n.s.}	۰/۰۰۸۷۳ ^{n.s.}	۰/۰۱۷۸۳ ^{n.s.}	۰/۰۱۷۵۹ ^{n.s.}	۰/۰۰۳۴۰۱ ^{n.s.}	۰/۰۰۳۰۵ ^{n.s.}
تیمار	۳	۱۱۹۲۲۰/۳۸۹۵ ^{**}	۱۴۸۶۹/۳۴ ^{**}	۰/۹۳۵۴۷ ^{**}	۰/۹۷۶۲۳ ^{**}	۰/۴۱۶۰۸۱ ^{**}	۰/۵۱۸۹۷۸ ^{**}	۰/۴۱۶۷۳ ^{**}	۰/۳۷۴۶۹ ^{**}
خطا	۶	۳۰۳۲/۲۷۵۸	۳۰۵/۳۹۳	۰/۰۰۳۸۰۴	۰/۰۰۰۶۴۲	۰/۰۱۰۰۹۳	۰/۰۰۵۷۸	۰/۰۰۱۱۹۳	۰/۰۰۰۷۲۶
ضریب تغییرات	-	۱۷/۳۴	۲۴/۵۱	۶/۹۱	۸/۸۹	۱۶/۸۵	۱۷/۷۵	۵/۷۹	۴/۸۱

^{n.s.} و ^{**} به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری در سطح ۱ درصد.

تیمار ۵۰:۵۰ سویا ریحان از ۷۰ روز پس از کاشت مقدار مشابهی با تک‌کشتی سویا و تیمار ۲۵:۷۵ سویا: ریحان پیدا کرد (شکل ۴، الف). به نظر می‌رسد دلیل این افزایش، کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های سویا و ایجاد کانوپی موجی بوده است که در نتیجه نور بیشتری به برگ‌های پایینی رسیده و باعث افزایش فتوسنتز و به دنبال آن سرعت رشد محصول در این تیمار نسبت به سایر تیمارهای مخلوط شده است (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۰؛ میرهاشمی و همکاران، ۲۰۰۹). علاوه بر این احتمال است که در تراکم گیاهی متوسط به دلیل تعادلی شدن رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای سرعت رشد سویا افزایش یابد (چعب و همکاران، ۲۰۰۹). بیش‌ترین سرعت رشد سویا در تیمارهای تک‌کشتی، ۲۵:۷۵ سویا: ریحان و سویا: گاووزبان در ۵۵ روز پس از کاشت اتفاق افتاد. این درحالی بود که با کاهش نسبت سویا در کشت مخلوط زمان رسیدن به حداکثر سرعت رشد سویا نیز به تاخیر افتاد (شکل ۴، الف). پس از رشد صعودی و رسیدن به حداکثر سرعت رشد به دلیل ریزش برگ‌های مسن پایینی و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر اندام‌های فتوسنتزکننده پایینی سرعت رشد روند نزولی پیدا کرد (اوزنی دواجی و همکاران، ۲۰۰۸؛ زعفریان و همکاران، ۲۰۰۹). راعی و همکاران (۲۰۰۷) نیز در بررسی اثر تداخل سورگوم بر سویا گزارش کردند که تراکم‌های ۴۰ و ۵۰ بوته سریع‌تر از تراکم‌های ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع به حداکثر CGR رسید و زودتر نیز حالت نزولی پیدا کرد. آنها دلیل این امر را افزایش رقابت درون‌گونه‌ای بوته‌های سویا در تراکم‌های بالا نسبت داده‌اند. بیش‌ترین سرعت رشد سویا در کشت مخلوط با ریحان بیش‌تر از کشت مخلوط با گاووزبان بود (شکل ۴، الف). به‌طورکلی،

برخی از محققان معتقدند که سرعت رشد محصول رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتزکننده دارد، به طوری که در تراکم‌های مطلوب توزیع بوته‌ها و سطح برگ در واحد سطح یکنواخت‌تر شده و برگ‌ها موقعیت مناسب‌تری برای جذب تابش و فتوسنتز پیدا می‌کنند و در نتیجه سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد (اوزنی دواجی و همکاران، ۲۰۰۸).

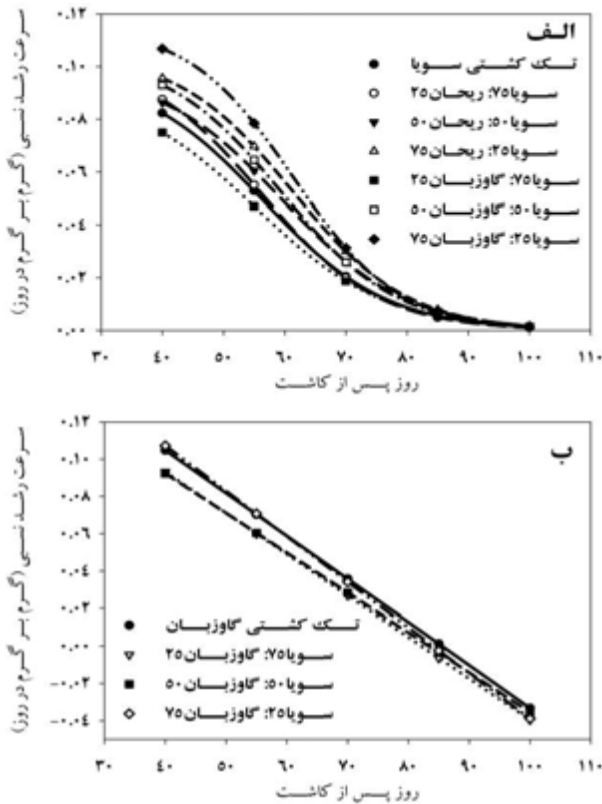


شکل ۴- سرعت رشد سویا (الف) و گاوزبان (ب) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط.

در اوایل رشد، به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب تابش، کوتاه بودن روزها و دمای پایین هوا، گیاه گاوزبان از سرعت رشد کم‌تری برخوردار بود. با خروج از مرحله رزت و افزایش سطح برگ و در نتیجه بهره‌گیری بهتر از تابش خورشیدی، میزان تولید ماده خشک در واحد

سطح افزایش یافت و به‌دنبال آن سرعت رشد گیاه نیز روند افزایشی پیدا کرد (اوزنی دواجی و همکاران، ۲۰۰۸). بیشترین سرعت رشد گاوزبان مربوط به تک‌کشتی گاوزبان بود و با کاهش سهم گاوزبان در کشت مخلوط از سرعت رشد آن کاسته شد (شکل ۴، ب). در بررسی رقابت سیب‌زمینی با علف‌های هرز نیز گزارش شده است که بیش‌ترین سرعت رشد سیب‌زمینی مربوط به شرایط بدون علف‌هرز می‌باشد (حاج سیدهادی و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این، چعب و همکاران (۲۰۰۹) نیز کاهش سرعت رشد ذرت را در اثر واکنش ذرت به افزایش فشار رقابتی ناشی از علف‌های هرز گزارش کرده‌اند. همچنین بالاتر بودن سرعت رشد سویا در شرایط عاری از علف‌هرز نسبت به تیمارهای آلوده به‌علت بالا بودن شاخص سطح برگ و به‌دنبال آن بالا بودن وزن خشک تولیدی نیز گزارش شده است (سمائی و همکاران، ۲۰۰۸). شیب کاهش سرعت رشد گاوزبان در تک‌کشتی آن و تیمار ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان بیش‌تر از سایر تیمارها بود (شکل ۴، ب). از ۸۵ روز پس از کاشت سرعت رشد این دو تیمار در مقایسه با سایر تیمارها کاهش بیش‌تری یافت (شکل ۴، ب)، احتمالاً این امر ناشی از تاثیر بیش‌تر رقابت درون‌گونه‌ای گاوزبان است. بنابراین می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که کشت مخلوط باعث کاهش فشار رقابت درون‌گونه‌ای و افزایش شاخص سطح برگ و وزن خشک اجزای مخلوط در پایان دوره رشد می‌شود.

سرعت رشد نسبی سویا و گاوزبان: سرعت رشد نسبی سویا و گاوزبان در تمامی نسبت‌های کاشت در طول زمان روند نزولی داشت (شکل ۵، الف و ب). افزایش سن برگ‌ها، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی روی برگ‌های پایین‌تر و همچنین تخصیص منابع از برگ‌ها به ریشه‌ها با افزایش اندازه گیاه از دلایل مهم کاهش RGR در طول زمان است (زعفریان و همکاران، ۲۰۰۹).



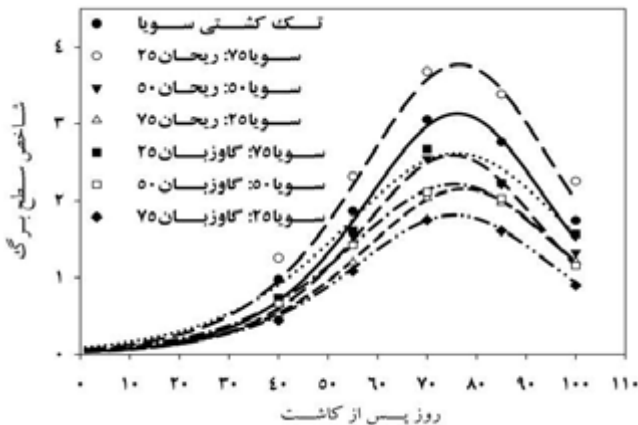
شکل ۵- سرعت رشد نسبی سویا (الف) و گاوزبان (ب) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط.

بیشترین سرعت رشد نسبی سویا مربوط به تیمار ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان بود (شکل ۵، الف). از حدود ۸۵ روز پس از کاشت اختلاف بین تیمارها به حداقل رسید، به طوری که در صدمین روز پس از کاشت اختلاف چندانی میان تیمارها مشهود نبود (شکل ۵، الف). به طور کلی با کاهش تراکم سویا در کشت مخلوط میزان سرعت رشد نسبی سویا نیز افزایش یافت، به طوری که تیمارهای تک کشتی، ۲۵:۷۵ سویا: ریحان و سویا: گاوزبان از کم‌ترین میزان سرعت رشد نسبی برخوردار بودند (شکل ۵، الف)، که احتمالاً به دلیل شدت بالای رقابت درون‌گونه‌ای در تراکم‌های بالاتر سویا و وجود فضای کافی برای رشد و نمو در تراکم‌های پایین آن باشد (راعی و همکاران، ۲۰۰۷).

بیش‌ترین سرعت رشد نسبی گاوزبان مربوط به کشت خالص و تیمار ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان بود. درمقابل دو تیمار ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سویا: گاوزبان، کم‌ترین مقدار این پارامتر را به خود اختصاص داده

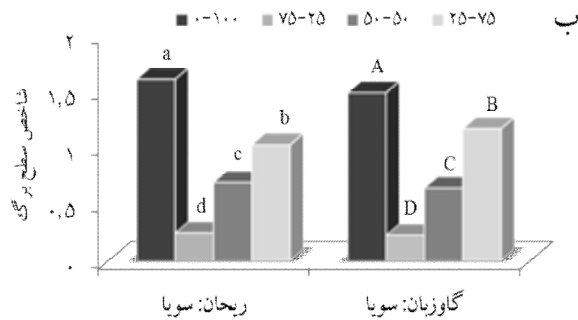
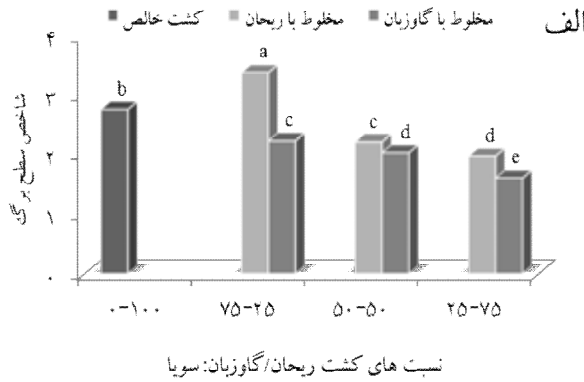
بودند. بین دو تیمار کشت خالص گاوزبان و ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان و دو تیمار ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سویا: گاوزبان تا حدود ۸۰ روز پس از کاشت اختلافی وجود نداشت. پس از آن سرعت رشد نسبی تیمار ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان شروع به کاهش کرد و پایین‌تر از سرعت رشد نسبی ۵۰:۵۰ سویا: گاوزبان قرار گرفت (شکل ۵، ب).

شاخص سطح برگ: تغییرات شاخص سطح برگ سویا و گاوزبان در طی زمان از رابطه لجستیک پیک تبعیت کرد (جدول ۵). همانند روند تجمع ماده خشک بیش‌ترین شاخص سطح برگ نیز مربوط به تیمار ۲۵:۷۵ سویا: ریحان بود (شکل ۶). افزایش شاخص سطح برگ در این تیمار نسبت به کشت خالص می‌تواند به دلیل برخورداری بیش‌تر سویا از فضای رشد و به‌دنبال آن توسعه بیش‌تر برگ‌ها باشد (زعفریان و همکاران، ۲۰۰۹). شاخص سطح برگ سویا در کشت مخلوط با ریحان بیش‌تر از کشت مخلوط با گاوزبان بود (شکل ۶). این برتری در مرحله غلاف‌دهی نیز مشاهده شد (شکل ۷، الف). در تمامی تیمارها زمان رسیدن به بیش‌ترین شاخص سطح برگ برای تمامی تیمارها یکسان و در حدود ۷۵ روز پس از کاشت اتفاق افتاد (شکل ۶). پس از آن با افزایش سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور به داخل کانوپی و به دنبال آن کاهش فعالیت فتوسنتزی و زرد شدن و ریزش برگ‌های پایین کانوپی شاخص سطح برگ روند نزولی پیدا کرد.



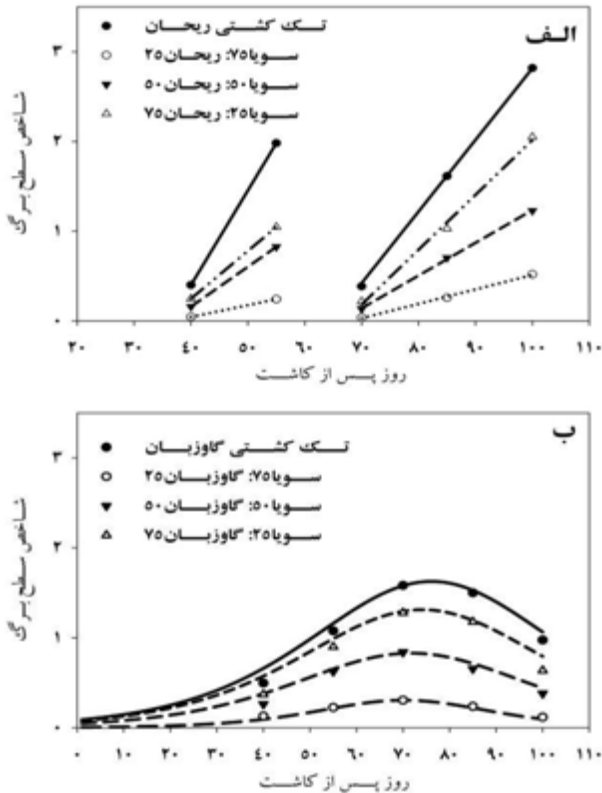
شکل ۶- تغییرات شاخص سطح برگ سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ریحان و گاوزبان.

در مرحله غلاف‌دهی، تیمارهای مختلف از نظر شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0/001$) داشتند (جدول ۲). بیش‌ترین شاخص سطح برگ سویا (۳/۳۸) مربوط به تیمار ۲۵:۷۵ سویا:ریحان بود، در مقابل حداقل شاخص سطح برگ سویا (۱/۶۱) در تیمار ۷۵:۲۵ سویا:گاوزبان مشاهده شد (شکل ۷، الف). شاخص سطح برگ سویا در این مرحله در تیمارهای مخلوط با ریحان بیش‌تر از مخلوط با گاوزبان بود. این اختلاف در نسبت ۲۵:۷۵ سویا:ریحان مشهودتر بود (شکل ۷، الف).



شکل ۷- شاخص سطح برگ سویا (الف) و ریحان و گاوزبان (ب) در مرحله غلاف‌دهی سویا. میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ندارند.

بیش‌ترین شاخص سطح برگ ریحان در هر دو دوره رشدی، مربوط به کشت خالص بود و با افزایش سهم سویا در کشت مخلوط از شاخص سطح برگ ریحان کاسته شد (شکل ۸ الف). قبل از برداشت چین اول، اختلاف میان دو تیمار ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ سویا: ریحان کم‌تر از سایر تیمارها بود (شکل ۸ الف). علت عمده کاهش میزان و سرعت شاخص سطح برگ ریحان با افزایش سهم سویا می‌تواند مربوط به سایه‌اندازی سویا بر ریحان باشد. در کشت مخلوط لوبیا و ریحان نیز گزارش شده است که در تراکم‌های بالاتر لوبیا، سرعت افزایش شاخص سطح برگ ریحان به دلیل سایه‌اندازی لوبیا کاهش یافته است (علی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۸- شاخص سطح برگ ریحان (الف) و گاوزبان (ب) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سویا.

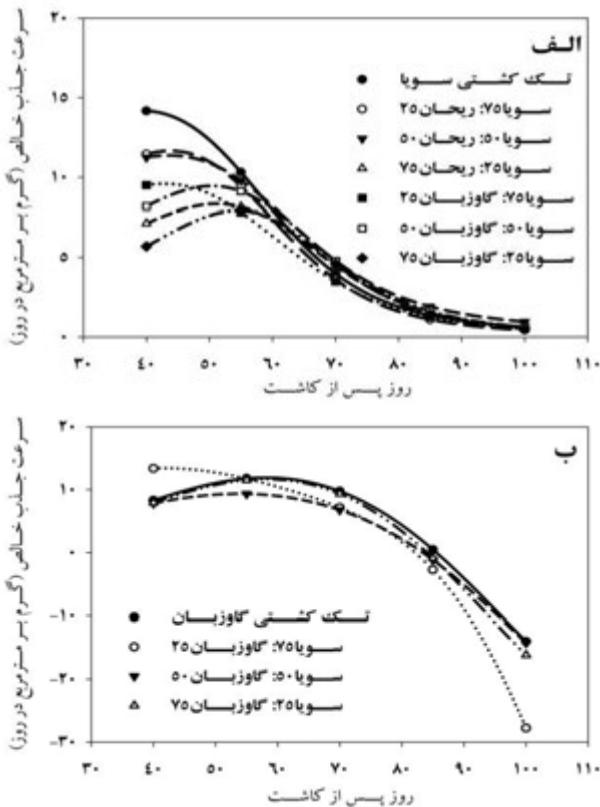
شاخص سطح برگ گاوزبان نیز نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ این گیاه مربوط به تک‌کشتی آن بود و با افزایش سهم سویا در کشت مخلوط از میزان شاخص سطح برگ گاوزبان کاسته شد (شکل ۸ ب). در مرحله غلاف‌دهی سویا، شاخص سطح برگ ریحان و گاوزبان بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۲).

بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ ریحان در این مرحله به‌ترتیب مربوط به کشت خالص (۱/۶۱) و تیمار ۲۵:۷۵ سویا: ریحان (۰/۲۵) بود (شکل ۷ ب). شاخص سطح برگ گاوزبان نیز مانند ریحان در این مرحله با افزایش سهم سویا کاهش یافت (شکل ۷ ب). سایه‌اندازی بیش‌تر و تسریع رسیدگی در تیمارهای مخلوط احتمالاً دلیل کاهش سطح برگ این گیاهان نسبت به تک‌کشتی آنها می‌باشد. در کشت مخلوط بامیه و کاساوا نیز شاخص سطح برگ بامیه در تک‌کشتی بیش‌تر از کشت مخلوط گزارش شده است. علت این کاهش در تیمارهای مخلوط در نتیجه افزایش رقابت بین گونه‌ای بین بامیه و کاساوا اظهار شده است (مونک و مبا، ۲۰۰۷). در مرحله پرشدن دانه سویا نیز که تقریباً هم‌زمان با برداشت چین دوم ریحان بود، شاخص سطح برگ ریحان از روند مشابهی تبعیت کرد (داده‌ها نشان داده نشده است).

جدول ۵- ضرایب معادله (۱) برای روند شاخص سطح برگ سویا و گاوزبان در روزهای بعد از کاشت در نسبت‌های مختلف کشت.

تیمار	LAI = a + b * 4 * (exp(-(x-c)/d))/((1+exp(-(x-c)/d))^2)				ضریب تبیین (R ²)
	عرض از مبدا (a)	حداکثر شاخص سطح برگ (b)	زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ (c)	نقطه عطف منحنی (d)	
کشت خالص سویا	۰/۳۷۲۸۷۲	۲/۷۶۳۳۰۸	۷۶/۱۰۳۸۳۴	۱۳/۰۴۷۹۹	۰/۹۹۴
۷۵/سویا: ۲۵٪ ریحان	۰/۴۰۱۳۵۱	۳/۳۷۰۷۸۵۸	۷۶/۵۱۴۰۱	۱۴/۰۰۰۵۶	۰/۹۹۴
۵۰/سویا: ۵۰٪ ریحان	۰/۲۰۱۷۳۲	۲/۳۹۱۵۳۲۷۵	۷۵/۱۷۱۰۱	۱۲/۹۱۳۰۵	۰/۹۹۵
۲۵/سویا: ۷۵٪ ریحان	-۰/۰۲۵۲۴	۲/۱۷۸۵۴	۷۷/۳۲۰۸۲	۱۴/۱۷۷۰۷	۰/۹۹۹
	-۰/۲۳۶۹۱	۲/۸۵۵۳۳۶۹	۷۵/۹۲۸۹۵	۱۶/۰۰۱۳۷	۰/۹۶۸
	-۰/۰۳۵۵۳	۲/۲۵۰۷۵۹	۷۵/۴۳۱۷	۱۴/۸۶۰۰۶	۰/۹۹۸
۲۵/سویا: ۷۵٪ گاوزبان	-۰/۰۸۵۸۹	۱/۸۹۹۶۰۴۵	۷۵/۵۵۲۲۹	۱۴/۲۲۲۰۵	۰/۹۹۹
۲۵/سویا: ۷۵٪ گاوزبان	-۰/۲۷۴۸۳	۱/۹۰۱۱۹۱۱	۷۶/۱۲۸۲۶	۱۷/۶۶۹۶۴	۰/۹۹۹
	۰/۰۴۰۶۲۴	۲/۶۵۰۰۲۵۴	۷۰/۱۷۵۳۸	-۱۲/۵۹۵۸	۰/۹۹۴
	-۰/۱۸۲۰۴	۱/۰۱۰۶۹۳۱	۷۱/۷۷۵۹۹	-۱۶/۸۵۲۸	۰/۹۸۹
۲۵/سویا: ۷۵٪ گاوزبان	-۰/۳۷۰۹۴	۱/۶۸۳۶۵۹۸	۷۴/۰۸۹۶۱	۱۷/۵۱۳۶۲	۰/۹۹۸

سرعت جذب خالص سویا و گاوزبان: سرعت افزایش ماده خشک در واحد سطح برگ در زمان (NAR)، بیان‌کننده کارایی فتوسنتزی برگ‌ها در پوشش گیاهی می‌باشد (پرتر و گارنر، ۱۹۹۶). بیش‌ترین سرعت جذب خالص سویا تا قبل از ۵۵ روز پس از کاشت مربوط به تک‌کشتی سویا بود (شکل ۹، الف). پس از آن با افزایش سطح برگ و سایه‌اندازی و همین‌طور افزایش رقابت درون‌گونه‌ای نسبت به تیمارهای ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ سویا: ریحان و سویا: گاوزبان کاهش یافت (شکل ۹، الف). این امر نشان‌دهنده تاثیر مثبت کشت مخلوط بر کارایی فتوسنتزی برگ‌ها می‌باشد.



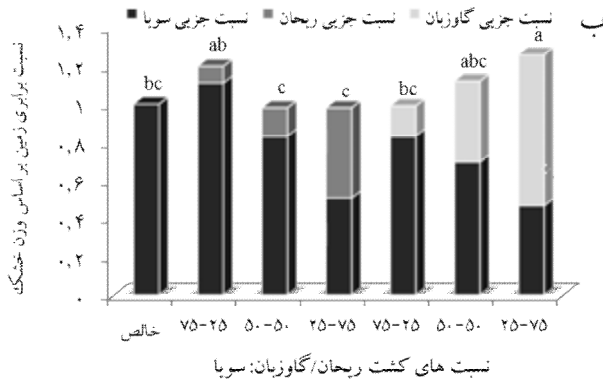
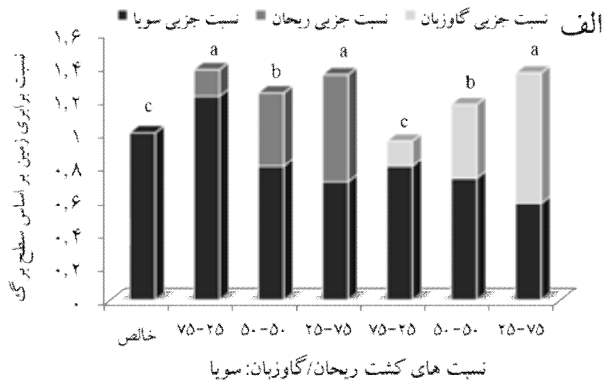
شکل ۹- تغییرات سرعت جذب خالص سویا (الف) و گاوزبان (ب) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط.

در تمامی تیمارها کشت مخلوط از حدود ۸۰ روز پس از کاشت روند کاهشی کندتری در سرعت جذب خالص سویا مشاهده شد (شکل ۹، الف). احتمالاً این موضوع ناشی از مسن شدن برگ‌ها و کاهش ظرفیت تولید مواد پرورده، تخریب تدریجی کلروفیل و کاهش غلظت آن در سطح برگ و همچنین افزایش تنفس در مقایسه با فتوسنتز در اثر نزدیک شدن به مرحله فیزیولوژیک باشد (اوزنی دواجی و همکاران، ۲۰۰۸).

بیشترین سرعت جذب خالص گاوزبان تا قبل از ۵۵ روز پس از کاشت، مربوط به تیمار ۲۵:۷۵ سویا: گاوزبان بود. پس از آن سرعت جذب خالص در این تیمار به شدت شروع به کاهش کرد و در یک‌صدمین روز با اختلاف بسیار زیاد نسبت به سایر تیمارها قرار گرفت (شکل ۹، ب). به‌طور کلی، بیشترین سرعت جذب خالص گاوزبان مربوط به کشت خالص آن بود. تا ۷۰ روز پس از کاشت سرعت جذب خالص گاوزبان در تیمار ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان نیز تقریباً برابر با تک‌کشتی آن بود. اما پس از آن به مقدار اندکی کاهش یافت (شکل ۹، ب).

نسبت برابری زمین: بین تیمارهای مختلف از نظر نسبت برابری زمین بر اساس سطح برگ (در سطح ۰/۰۰۱) و وزن خشک (در سطح ۵ درصد) مرحله غلاف‌دهی سویا اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). تمام تیمارها به غیر از تیمار ۲۵:۷۵ سویا: گاوزبان، بر اساس شاخص سطح برگ در مرحله غلاف‌دهی سویا دارای نسبت برابری زمین بالاتر از یک بودند (شکل ۱۰، الف).

از نظر وزن خشک در مرحله غلاف‌دهی سویا نیز تیمارهای ۲۵:۷۵ سویا: ریحان و ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان نسبت برابری زمین بالاتر از یک داشتند (شکل ۱۰، ب). در هر دو حالت، دلیل برتری نسبت ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان، بالاتر بودن LER جزیی گاوزبان در این نسبت بود. به‌طور کلی، به دلیل بالاتر بودن LER وزن خشک و سطح برگ جزیی سویا در بیش‌تر تیمارها این چنین استنباط می‌شود که سویا نسبت به دو گیاه دیگر غالب بود (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۰). کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) الف) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا اظهار داشتند که نسبت برابری زمین براساس تولید ماده خشک تنها در نسبت مخلوط ۵۰ درصد بیش‌تر از یک بود. آنها دلیل افزایش در این تیمار را حداکثر بهره‌برداری از نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا و حداقل خسارت ناشی از کاهش دسترسی به نور گزارش کرده‌اند. اندرسن و همکاران (۲۰۰۷) نیز با گزارش LER بالای یک بر پایه وزن خشک در کشت مخلوط جو و نخودفرنگی اظهار داشتند که منابع رشدی قابل دسترس با کارایی بیشتری به‌وسیله کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی مورد استفاده قرار گرفتند.



شکل ۱۰- نسبت برابری زمین بر اساس شاخص سطح برگ (الف) و وزن خشک (ب) گیاهان در مرحله غلاف‌دهی سویا. میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ندارند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این آزمایش، ارجحیت تجمع ماده خشک، سرعت رشد و شاخص سطح برگ سویا در نسبت ۲۵:۷۵ سویا: ریحان بر سایر تیمارها دلیل قاطعی بر سودمندی کشت مخلوط است. از سوی دیگر، با توجه به بالاتر بودن بیش‌تر شاخص‌های رشدی سویا در کشت مخلوط سویا با ریحان نسبت به کشت مخلوط با گاوزبان این‌گونه استنباط می‌شود که سویا در کشت مخلوط با ریحان موفق‌تر است. نسبت برابری زمین برای شاخص سطح برگ بالا در کشت مخلوط با ریحان نسبت به

گاوزبان نیز دلیلی دیگر بر این ادعا می‌باشد. از طرفی غالبیت سویا بر ریحان و گاوزبان باعث کاهش شاخص‌های رشد این دو گیاه در نسبت‌های مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی گردید. با این‌حال اظهارنظر در رابطه با برتری مخلوط بر کشت خالص از طریق مدنظر قرار دادن جنبه‌های دیگر مانند ارزیابی اقتصادی میسر خواهد بود.

منابع

1. 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.). *J. Agroecol.* 2: 383-397. (In Persian).
2. Amini, R.A., and Fateh, E. 2011. Effect of Redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) on growth indices and yield of Red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *J. Agric Sci. Sustain Prod.* 20: 113-129. (In Persian).
3. Andersen, M.K., Hauggaard-Nielsen, H., Høgh-Jensen, H., and Jensen, E.S. 2007. Competition for and utilization of sulfur in sole and intercrops of pea and barley. *Nut Cycle Agroecosystem.* 77: 143-153.
4. Bayat, M.L., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., and Rashed Mohassel, M.H. 2009. Effect of crop density and reduced doses of 2,4-D + MCPA on control of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) in corn (*Zea mays* L.). *Iran J. Field Crops Res.* 7: 11-22. (In Persian).
5. Chaab, A., Fathi, G., Siadat, A., Zand, E., Gharineh, M., Ebrahimpoor, F., and Anafjeh, Z. 2009. Effect of time interference natural population weeds and plant density on some growth indices, yield and yield component of Corn (*Zea mays* L.). *Electronic J. Crop Prod.* 2: 41-56. (In Persian).
6. Echarte, L., Della Maggiora, A., Cerrudo, D., Gonzalez, V.H., Abbate, P., Cerrudo, A., Sadras, V.O., and Calvino, P. 2011. Yield response to plant density of maize and sunflower intercropped with soybean. *Field Crop Res.* 121: 423-429.
7. El-Darier, S., Hemada, M., and Sadek, L. 2002. Dry matter distribution and growth analysis in soybeans under natural agricultural conditions. *Pak J. Biol Sci.* 5: 545-549.
8. Ghosh, P.K., Mohanty, M., Bandyopadhyay, K.K., Painuli, D.K., and Mirsa, A.K. 2006. Growth, competition, yield advantage and economics in soybean/pigeonpea intercropping system in semi-arid tropics of India I. Effect of subsoiling. *Field Crop Res.* 96: 80-89.
9. Haj Seyed Hadi, M.R., Noormohammadi, G.H., Nasiri Mahallati, M., Rahimiyan, H., and Zand, E. 2010. The study of Potato growth indices in response to

- redroot pigweed and lambsquarter competition. J. Plant. Ecosystem. 6: 107-128. (In Persian).
10. Koocheki, A., Lalehgani, B., and Najibnia, S. 2009a. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iran J. Field Crops Res. 7: 605-614. (In Persian).
 11. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2009b. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. J. Agroecol. 1(1): 13-23. (In Persian with English Abstract).
 12. Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M., Khoramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teimouri, M., and Sanjani, S. 2010. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. J. Agroecol. 2: 27-36. (In Persian).
 13. 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. Eur J. Agron. 34: 287-294.
 14. Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Res. 84: 229-240.
 15. Mirhashemi, S. M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nasiri Mahallati, M. 2009. Evaluation of growth indices of Ajowan and Fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Iran J. Field Crops Res. 7: 685-694. (In Persian).
 16. Mousavian, S.N., Lozadeh, S.H., Ebrahimpour, F., and Chaab, A. 2010. Effect of nitrogen and intercropping ratios on grain yield and some morphological traits of Corn and Sunflower in North Khouzestan. Iran J. Field Crops Res. 8: 708-716. (In Persian).
 17. Muoneke, C.O., and Mbah, E.U. 2007. Productivity of cassava/okra intercropping systems as influenced by okra planting density. African J. Agric Res. 2: 223-231.
 18. Ozoni Davaji, A., Esfahani, M., Sami Zadeh, H., and Rabiei, M. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous flowers and petalled rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iran J. Crop Sci. 9: 382-400. (In Persian).
 19. Poorter, H., and Garnier, E. 1996. Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods. J. Exp Bot. 47: 1343-1351.
 20. Pouramir, F., Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Ghorbani, R. 2010. Assessment of Sesame and Chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. Iran J. Field Crops Res. 8: 747-757. (In Persian).
 21. Raie, Y., Ghasemi Golozani, K., Javanshir, A., Alyari, H., Mohammadi, S.A., and Nasrollahzadeh, S. 2007. Interference effect of sorghum (*Sorghum bicolor*

- L.) on soybean (*Glycine max* L.) growth and grain yield. Iran J. Crop Sci. 9: 125-141. (In Persian).
22. Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi, R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek) – black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. J. Agroecol. 1: 65-79. (In Persian).
23. Samaei, M., Zand, E., and Daneshian, J. 2008. The effects of different densities of pigweed (*Amaranthus retroflexus*) on growth indices of soybean (*Glycine max* L.). Iran J. Field Crops Res. 2: 685-694. (In Persian).
24. Shoeny, A., Jumel, S., Rouault, F., Lemarchand, E., and Tivoli, B. 2010. Effect and underlying mechanisms of pea-cereal intercropping on the epidemic development of ascochyta blight. Eur J. Plant Pathol. 126: 317-331.
25. Velayati, M., Zamani, G.H., and Jami Al-Ahmadi, M. 2010. Effects of different densities of Cotton (*Gossypium hirsutum*) and Common Lambsquarter (*Chenopodium album*) on some Cotton growth characteristics in Birjand condition. Iran J. Field Crops Res. 8: 147-156. (In Persian).
26. Zaefarian, F., Aghaalikhani, M., Rahimian Mashadi, H., Zand, E., and Rezvani, M. 2009. Yield and growth indices of corn/soybean intercrops under simultaneous competition of redroot pigweed and jimsonweed. Iran J. Weed Sci. 5: 107-125. (In Persian).



Gorgan University of Agriculture
Animal and Fisheries Sciences

J. of Plant Production, Vol. 19(3), 2012

<http://jopp.gau.ac.ir>

Assessment of growth indices of soybean, vegetative sweet basil and borage in intercropping different ratios

**M. Bagheri^{1*}, F. Zaefarian², V. Akbarpour³, G.A. Asadi⁴
and B. Bicharanlou⁵**

¹M.Sc. Student of Agronomy and Plant Breeding Agricultural Science and Natural Resources University of Sari, ²Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari, ³Dept. of Horticulture, Faculty of Crop Sciences, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari, ⁴Assistant Prof., Dept. of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, ⁵MSc. Student of Plant Pathology, Islamic Azad University, Damghan Branch

Abstract

Use of the growth indices is a method to assessment of intercropping efficiency. In order to evaluation growth indices of soybean, sweet basil and borage in intercropping with different ratios, an experiment base on randomized complete block design was conducted with 9 treatments and 3 replications at north Khorasan in 2011. Treatments were consisted of the plants pure culture, replacement series of 75% soybean and 25% sweet basil, 50% soybean and 50% sweet basil and 25% soybean and 75% sweet basil, and these ratios were repeated for borage. The results showed that dry matter accumulation, leaf area index and crop growth rate of 75% soybean: 25% sweet basil treatment was higher compare to other treatments during season. Relative growth rate of soybean in 25: 75, soybean: sweet basil and soybean: borage was higher than other ratios. Increment of soybean proportion in intercropping caused to reduce soybean RGR. Net assimilation rate of soybean monoculture was reduced with increasing of intra-species competition. Growth indices of borage monoculture were higher than other borage ratios. The indices were reduced related to increasing of soybean proportion. LER on based of leaf area index and dry matter was higher than unit in more intercropped treatments that was demonstrates superiority of intercropping than monoculture.

Keywords: Land equivalent ratio; Net assimilation rate; Relative growth rate; Replacement intercropping.

* Corresponding author; Email: bagheri_mi@yahoo.com