نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۸۳-۷۰

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 70-83

بررسی نسبت‌های مختلف جایگزینی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) با دو گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) در شرایط تداخل علف هرز

میلاد باقری شیروان[1*]، فائزه زعفریان[2]، بهاره بیچرانلو[3] و قربانعلی اسدی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

به‌منظور بررسی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) رقم ساری با دو گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) در شرایط تداخل علف‌های هرز، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان شیروان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان، ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان و ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ گاوزبان اروپایی و ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ گاوزبان اروپایی در شرایط عدم وجین علف‌های هرز و کشت خالص هر یک از گیاهان در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز بود. نتایج نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط در کاهش تراکم و ماده خشک علف‌های هرز موفق‌تر از تیمارهای کشت خالص بود. نسبت ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان، تراکم نسبی علف‌های هرز را در مقایسه با کشت خالص ریحان و سویا به‌ترتیب ۴۷/۹۵٪ و ۵۲/۹٪ و ماده خشک علف‌های هرز را در مقایسه با کشت خالص ریحان و سویا به ترتیب ۶۸/۹۱ و ۶۱/۸۷٪ کاهش داد. افزایش سهم هر یک از گیاهان در مخلوط، افزایش تجمع ماده خشک آن گیاه را در پی داشت. ارتفاع سویا و گاوزبان اروپایی بر خلاف ارتفاع ریحان، با تداخل علف‌های هرز و در تیمارهای مخلوط افزایش یافت. عملکرد اقتصادی و بیولوژیک سویا در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط با ریحان در مقایسه با کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی از مقدار بیشتری برخوردار بود. بیشترین شاخص برداشت سویا در نسبت ۵۰:۵۰ سویا: ریحان مشاهده شد که نسبت به کشت خالص سویا ۴/۹ درصد افزایش داشت. عملکرد ریحان و گاوزبان اروپایی نیز با افزایش ردیف‌های سویا در مخلوط کاهش یافت. بر اساس شاخص معادل سطح- زمان، تیمارهای ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان و گاوزبان اروپایی (بر اساس عملکرد دانه) در مقایسه با کشت خالص به ترتیب ۳ و ۴ درصد برتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: تجمع ماده خشک، کنترل علف‌های هرز، نسبت معادل سطح- زمان

مقدمه

افزایش تمایل به مصرف و تولید دارو با منشا گیاهی، ارتقا جایگاه گیاهان دارویی را در مطالعات علمی به دنبال داشته است. از سوی دیگر کشت گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های زراعی نقش مهمی را در ایجاد تنوع و پایداری در این سیستم‌ها ایفا می‌نماید (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012). حفظ کیفیت و پایداری تولید نسبت به کمیت محصول در زمینه گیاهان دارویی، اهمیت روش‌های مدیریت پایدار سیستم‌های کشاورزی را بیش از پیش آشکار می‌سازد (Salehi et al., 2011). یکی از روش‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید در بوم نظام‌های کشاورزی استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط است. کشت مخلوط به‌عنوان یکی از شیوه‌های زراعی هم راستا با اهداف اکولوژیک (Raei et al., 2011)، افزایش کارایی مصرف منابع (Mushagalusa et al., 2008; Hauggaard-Nielsen et al., 2001) و پایداری عملکرد (Darbaghshahi et al., 2012; Biabani et al., 2008) را به همراه دارد. سودمندی کشت مخلوط و افزایش مجموع عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان و استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: bagheri_mi@yahoo.com)

اجزای آن در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) (Eskandari & Ghanbari, 2011)، ارقام سویا (Seyed Sharifi et al., 2004)، ذرت و لوبیای سودانی (*Cajanus cajan* L. Millsp.) (Myaka et al., 2006) و گندم (*Triticum aestivum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) (Ageenehu et al., 2008) گزارش شده است.

علاوه بر این، کشت مخلوط به‌وسیله جذب بیشتر منابع و کاهش میزان فراهمی منابع رشدی برای علف‌های هرز، کاهش رشد و توسعه آنها را به دنبال دارد (Rostami et al., 2009) که از این طریق می‌تواند به‌طور قابل توجهی از میزان کاربرد علف‌کش‌ها کاسته و افزایش ارزش اقتصادی سیستم و کاهش مخاطرات زیست محیطی را به ارمغان آورد (Fotohi Chianeh et al., 2012). در مطالعه‌ای کارایی بالای کشت مخلوط گندم و باقلا در فرونشانی علف‌های هرز نسبت به تک‌کشتی گندم گزارش شده است (Eskandari, 2011). کاهش تعداد و وزن خشک کل علف‌های هرز کشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) نسبت به تک‌کشتی نخود نیز مشاهده شده است (Hamzei et al., 2012). مطالعه دیگری سرکوبی توق (*Xanthium sibiricum* L.) توسط کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) را گزارش کرده است (Yuan-quan et al., 2012).

در برخی از گزارشات نیز به کاهش رشد علف‌های هرز در حضور گیاهان دارویی در سیستم‌های چند کشتی اشاره شده است. کاهش وزن خشک علف‌های هرز در کشت مخلوط ردیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نسبت به کشت خالص گزارش شده است (Alizadeh et al., 2010). در مطالعه دیگری بیان شده است که کشت مخلوط شمعدانی معطر (*Pelargonium* sp.) و نعناع صحرایی (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens* Malinv. ex Holmes) باعث کنترل رشد علف‌های هرز و کاهش ۴۰ درصدی زیست توده علف‌های هرز نسبت به کشت خالص شده است (Rajeswara Rao, 2002).

یکی از راهکارهای بررسی بهره‌وری کشت مخلوط استفاده از شاخص‌های سودمندی است. درصورتی‌که زمان تصرف زمین توسط اجزای کشت مخلوط متفاوت باشد، زمان یک عنصر مهم و نسبت معادل زمان–سطح[1] (ATER) مناسب‌ترین شاخص به منظور بررسی کارایی سیستم است (Seran & Brintha, 2009) و در مقایسه با نسبت برابری زمین شرایط ارزیابی بهتری را فراهم می‌نماید (Awal et al., 2007).

بر این اساس، این پژوهش با هدف مطالعه خصوصیات رویشی سویا (*Glycine max* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و بررسی امکان کنترل علف‌های هرز توسط سیستم چند کشتی گیاهان دارویی و زراعی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی نسبت‌های جایگزینی کشت مخلوط سویا رقم ساری با دو گیاه دارویی ریحان و گاوزبان اروپایی تحت شرایط تداخل کامل علف‌های هرز در مزرعه‌ای واقع در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان شیروان (با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۷۵ متر بالاتر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۰–۱۳۸۹ اجرا گردید. بافت خاک محل آزمایش لومی دارای ۰/۱۴ درصد نیتروژن، ۱۶۸ ppm پتاسیم و ۳۷/۸ ppm فسفر با اسیدیته ۸/۲ بود. هدایت الکتریکی خاک ۳/۴ و حاوی ۱/۶ درصد ماده آلی نیز بود.

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان (سه ردیف سویا، یک ردیف ریحان)، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان (دو ردیف سویا، دو ردیف ریحان)، ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان (یک ردیف سویا، سه ردیف ریحان) و ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی (۳ ردیف سویا، ۱ ردیف گاوزبان اروپایی)، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ گاوزبان اروپایی (۲ ردیف سویا: ۲ ردیف گاوزبان اروپایی) و ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ گاوزبان اروپایی (یک ردیف سویا: سه ردیف گاوزبان اروپایی)، و کشت خالص هر یک از گیاهان در شرایط تداخل کامل علف‌های هرز بود. علاوه بر این، کشت خالص هر یک از گیاهان در شرایط کنترل کامل علف‌های هرز در هر تکرار منظور گردید. در تیمارهای تداخل کامل علف‌های هرز، هیچگونه عملیات کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد صورت نگرفت.

بذر سویا رقم ساری (JK)، ریحان رقم محلی و گاوزبان اروپایی در تاریخ ۱۰ خرداد ماه در کرت‌هایی به مساحت ۱۲ متر مربع شامل شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و طول چهار متر کشت گردید. در ابتدا بذور گاوزبان اروپایی و سویا به صورت کپه‌ای کشت گردید. به دلیل ریز بودن بذور ریحان قبل از کاشت با مقداری ماسه نرم مخلوط شد و سپس روی ردیف‌های کاشت پاشیده شد. به منظور دستیابی به فاصله روی ردیف که پنج سانتی‌متر برای ریحان و سویا و ۳۰ سانتی‌متر برای گاوزبان اروپایی در نظر گرفته شده بود، قبل از رسیدن گیاهان به مرحله ۴–۳ برگی عملیات تنک انجام گرفت. آبیاری کرت‌ها هر ده روز یکبار توسط سیستم آبیاری قطره‌ای انجام گرفت. در تیمارهای کشت خالص بدون علف هرز در تمام فصل رشد و در صورت نیاز عملیات وجین علف‌های هرز انجام گرفت.

1- Area-time equivalent ratio

به منظور بررسی تغییرات ماده خشک در زمان، از ۵۰ روز پس از کاشت به فاصله هر ۱۵ روز و در مجموع پنج مرحله از کرت‌های آزمایشی نمونه‌برداری شد. در هر مرحله از نمونه‌برداری گیاهان واقع در ۳۰ سانتی‌متر طولی ازچهار ردیف میانی هر واحد (مساحتی معادل ۰/۶ مترمربع) برداشت گردید. نمونه‌های مربوط به هر کرت به صورت مجزا به منظور تعیین وزن خشک به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. برای ارزیابی تغییرات ماده خشک در زمان معادله سیگموئیدی (معادله ۱) و معادله نمایی درجه دوم (معادله ۲) به ترتیب بهترین برازش را با داده‌های حاصل از تغییرات ماده خشک سویا و گاوزبان اروپایی داشتند.

$$TDM_{soybean} = a/[1+\exp(-b(x-x_0))] \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، 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.

$$DM_{borage} = EXP\ (ax^2+bx+c) \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله، TDM: تجمع ماده خشک در زمان و a، b و c: ضرایب معادله هستند.

ثبت روند تغییرات ارتفاع گیاهان در مراحل مختلف رشد به صورت هفته‌ای انجام گرفت. به منظور برازش داده‌های مربوط به تغییرات ارتفاع سویا و گاوزبان اروپایی از معادله (۳) سه پارامتری سیگموئیدی گامپرتز استفاده شد (Draper & Smith, 1981).

$$Height = H_{max}\ [EXP(b(EXP(c*x))] \quad \text{معادله (۳)}$$

در این معادله، Height: ارتفاع سویا و گاوزبان اروپایی (بر حسب سانتی‌متر)، H_{max}: بیشترین ارتفاع تخمینی آخر فصل گیاه، x: زمان (روز پس از کاشت) و b و c: ضرایب معادله هستند.

با توجه به دو دوره رویشی در ریحان و ثابت نشدن ماده خشک و ارتفاع، داده‌های مربوط به ماده خشک و ارتفاع آن با استفاده از رابطه خطی مورد برازش قرار گرفت (Alizadeh et al., 2010).

نمونه‌برداری از علف‌های هرز در سه مرحله (۷۵ و ۱۰۰ روز پس از کاشت و همزمان با برداشت) با استفاده از دو مرتبه پرتاب کوادرات ۰/۵×۰/۵ متر در چهار ردیف میانی هر کرت انجام گرفت. علف‌های هرز موجود در هر کوادرات از سطح زمین برداشت و پس از شناسایی و شمارش، به تفکیک هر کرت به منظور تعیین وزن خشک به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شدند.

بوته‌های سویا نیز در مرحله رسیدگی دانه (حدود ۱۳۵ روز پس از کاشت) از مساحت یک مترمربع برداشت و عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت آن محاسبه گردید.

ریحان در دو چین برداشت گردید. معیار برداشت هر دو چین وقوع مرحله ۱۰ درصد گلدهی هر کرت بود. برداشت چین اول ۲۰ مرداد ماه و برداشت دوم ۱۵ مهر ماه بود. به منظور حفظ قابلیت رشد مجدد، برداشت اول از ناحیه ۱۰-۸ سانتی‌متری سطح زمین انجام شد. پس از برداشت نمونه‌های گیاهی از سطح یک مترمربع در مزرعه توزین و برای تعیین وزن خشک در محیطی به دور از نور خورشید و در دمای اتاق پهن گردیدند. تا زمان خشک شدن نمونه‌ها به منظور جلوگیری از پوسیدگی زیر و رو شدند. پس از آن ساقه و برگ نمونه‌ها تفکیک و با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین شدند.

گلدهی گاوزبان اروپایی از اوایل مرداد تا اواسط مهر ماه ادامه داشت. برداشت‌های مکرر هر کرت از مساحت یک مترمربع در طول مدت گلدهی به‌عنوان عملکرد گل هر کرت منظور گردید. گل‌ها پس از برداشت توزین شده و سپس در شرایطی مانند پیکره رویشی ریحان خشک گردیدند. قبل از شروع گلدهی در چهار ردیف میانی هر کرت مساحت یک مترمربع به منظور دستیابی به بذر گاوزبان اروپایی علامت‌گذاری شد، در این ناحیه برداشت گل انجام نگرفت و بذور در حین رسیدگی برداشت شد. در زمان رسیدگی گیاه کل بوته‌های یک متر مربع برداشت و وزن خشک آنها محاسبه گردید.

با توجه به تفاوت در زمان تصرف زمین توسط اجزای کشت مخلوط، با استفاده از معادله (۴) (نسبت برابری سطح-زمان[1]) سودمندی عملکرد اجزای کشت مخلوط در شرایط اختلاط نسبت به تک‌کشتی مورد ارزیابی قرار گرفت. سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی به ترتیب ۱۳۵، ۱۲۵ و ۱۲۰ روز در سیستم کشت مخلوط حضور داشتند.

معادله (۴)

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

در این معادله، 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. در صورتی که عدد حاصل از این نسبت از واحد بزرگتر باشد، کشت مخلوط افزایش رشد و عملکرد گونه‌های مورد اختلاط را در پی داشته است و در صورتی که این عدد کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده اثرات منفی کشت مخلوط روی رشد و عملکرد گونه‌های کشت شده می‌باشد.

داده‌های حاصل از آزمایش به روش تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[2] (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای این منظور از نرم افزار SAS (Ver.9.2) استفاده گردید. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2010 و برازش داده‌ها از نرم-افزار Sigmaplot (ver. 11) استفاده شد.

1- Area-time equivalent ratio (ATER)
2- Least significant difference

نتایج و بحث

تراکم و زیست توده علف‌های هرز

علف‌های هرز شناسایی شده در مزرعه در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به این جدول سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) و تاجریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.) علف‌های هرز غالب مزرعه بودند.

بیشترین تراکم نسبی علف‌های هرز (۷۴/۳۳ بوته در مترمربع) در تیمار ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان مشاهده شد که از لحاظ آماری اختلافی با تیمارهای کشت خالص گاوزبان اروپایی و سویا و تیمار ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ گاوزبان نداشت. کمترین تراکم نسبی علف‌های هرز نیز در نسبت ۵۰ درصدی سویا و ریحان مشاهده شد. این نسبت تراکم نسبی علف‌های هرز را در مقایسه با کشت خالص ریحان و سویا به ترتیب ۴۷/۹۵٪ و ۵۲/۹٪ کاهش داد. البته اختلاف معنی‌داری میان این نسبت با نسبت‌های ۵۰:۵۰ سویا: گاوزبان اروپایی و ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان مشاهده نشد (شکل ۱-الف). مهار تششع توسط کانوپی کشت مخلوط و عدم رسیدن نور به کف کانوپی باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز می‌گردد (Rostami et al., 2009). کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز در تیمارهای مخلوط گندم و نخود در مقایسه با کشت خالص نیز گزارش شده است (Banik et al., 2006).

بیشترین زیست توده علف‌های هرز (۱۲۹۹/۲ گرم بر مترمربع) مربوط به تیمار ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ گاوزبان اروپایی بود. کمترین مقدار ماده خشک علف‌های هرز نیز در حضور ۷۵ و ۵۰ درصدی سویا در میان ردیف‌های ریحان مشاهده شد (شکل ۱- ب). در واقع کشت مخلوط سویا با ریحان، در سرکوب کردن علف‌های هرز مؤثرتر از کشت مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی عمل کرد (شکل ۱). احتمالاً در این برتری فاصله روی ردیف کمتر در سویا و ریحان نسبت به گاوزبان اروپایی نیز دخیل باشد. نسبت ۵۰:۵۰ سویا و ریحان ۶۸/۹۱ درصد در مقایسه با کشت خالص ریحان و ۶۱/۸۷ درصد در مقایسه با کشت خالص سویا وزن خشک علف‌های هرز را کاهش داد (شکل ۱- ب).

در بین تیمارهای مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی نیز کمترین ماده خشک علف‌های هرز مربوط به تیمار ۵۰:۵۰ سویا و گاوزبان اروپایی بود. بین تیمارهای خالص، ریحان از بیشترین ماده خشک علف‌های هرز برخوردار بود که البته با تک‌کشتی دو گیاه دیگر در یک سطح آماری قرار داشت (شکل ۱- ب). به طور کلی، با افزایش نسبت سویا در مخلوط از میزان تراکم و بیوماس علف‌های هرز کاسته شد (شکل ۱). بنابراین، می‌توان گفت که پر کردن فضای بین ردیف‌های ریحان و گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط با استفاده از سویا از قابلیت رشد علف‌های هرز می‌کاهد (Rajeswara Rao, 2002). در مطالعه کشت مخلوط گندم و باقلا اذعان شده است که ماده خشک علف‌های هرز به طور میانگین از ۴۰/۴ گرم بر مترمربع در کشت خالص به ۳۱/۱ گرم بر مترمربع در کشت مخلوط کاهش یافت (Agegnehu et al., 2008). در کشت مخلوط ذرت و کدو (*Cucurbita* sp.) نیز موفقیت کشت مخلوط در کاهش ماده خشک علف‌های هرز نسبت به کشت خالص اظهار شده است، در این گزارش کاهش ۴۱ درصدی ماده خشک علف‌های هرز در برخی از نسبت‌های کشت مخلوط نیز گزارش شده است (Ghanbari et al., 2010). در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بر روی کنترل علف‌های هرز نیز اذعان شده است که کمترین میزان ماده خشک علف‌های هرز مربوط به نسبت ۶۷٪ ذرت: ۳۳٪ لوبیا چشم بلبلی بوده است (Jamshidi et al., 2011).

میزان تجمع ماده خشک

میزان تجمع ماده خشک در سویا از یک روند سیگموئیدی تبعیت کرد، به طوری که در تمامی تیمارها از حدود ۵۰ روز پس از کاشت سیر صعودی در میزان تجمع ماده خشک آغاز شد و در ۹۵ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید، سپس شروع به کاهش نمود (شکل ۲). اختلاف بین تیمارهای آلوده و عاری از علف هرز کشت خالص بعد از ۶۵ روز پس از کاشت نمود پیدا کرد. در شرایط تداخل علف هرز، تجمع ماده خشک سویا در کشت خالص سویا بیشتر از تیمارهای مخلوط بود. کاهش میزان ماده خشک سویا در حضور توام تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) و تاتوره (*Datura stramonium* L.) در تیمارهای مخلوط نسبت به تک‌کشتی به دلیل افت شدید منابع غذایی نیز گزارش شده است (Zaefarian et al., 2009).

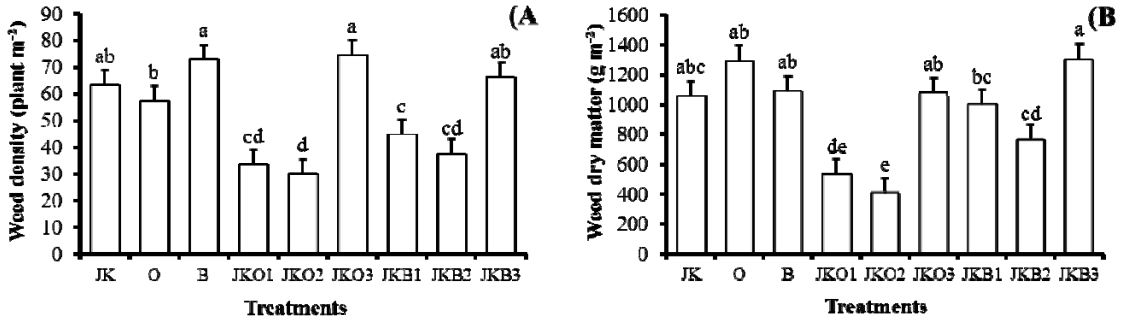
میزان تجمع ماده خشک در سویا در تمامی مراحل رشد به غیر از مرحله دوم نمونه‌برداری (۶۵ روز پس از کاشت) در کشت مخلوط با ریحان بیشتر از کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی بود (داده‌ها نشان داده نشده است).

به‌طور کلی، با افزایش سهم ریحان و گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط از ماده خشک سویا کاسته شد (شکل ۲). کاهش معنی‌دار تجمع ماده خشک گندم و ذرت در شرایط اختلاط نسبت به کشت خالص نیز گزارش شده است (Nasiri Mahallati et al., 2011). حداکثر ماده خشک سویا در تیمار ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای مخلوط بود، در حالی‌که بین تیمارهای ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی، ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان و گاوزبان اروپایی اختلاف معنی‌داری از لحاظ حداکثر ماده خشک سویا مشاهده نشد (داده‌ها نشان داده نشده است). حضور علف‌های هرز در کشت خالص ریحان در چین دوم مشهودتر بود. احتمالاً برداشت چین اول ریحان و ایجاد فضای خالی، شرایط مناسبی را برای رشد علف‌های هرز فراهم کرده است.

جدول ۱- فراوانی نسبی گونه‌های هرز شناسایی شده در مزرعه

Table 1- Relative abundance of weed species in experimental site

نام فارسی Persian name	نام انگلیسی English name	نام علمی Scientific name	فراوانی نسبی (درصد) Relative abundance (%)
سلمه‌تره	Lambs quarters	*Chenopodium album* L.	83.68
تاجریزی سیاه	Black nightshade	*Solanum nigrum* L.	10.35
تاج خروس	Amaranth	*Amarathus* sp.	3.35
گاو چاق کن	Sow thisles	*Sonchus* sp.	1.4
پیچک صحرایی	Field bindweed	*Convolvolus arvensis* L.	0.7
آفتاب پرست	Heliotrope	*Heliotropium europaeum* L.	0.51



شکل ۱- تراکم (الف) و وزن خشک (ب) علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Fig. 1- Weed density (a), and biomass (b) in different sampling stages

JK: کشت خالص سویا، O: کشت خالص ریحان، B: کشت خالص گاوزبان اروپایی، JKO_1: سویا ۷۵٪: ریحان۲۵٪، JKO_2: سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪، JKO_3: سویا ۲۵٪: ریحان ۷۵٪، JKB_1: سویا ۷۵ ٪: گاوزبان اروپایی ۲۵٪، JKB_2: سویا ۵۰٪: گاوزبان اروپایی۵۰٪، JKB_3: سویا۲۵ ٪: گاوزبان اروپایی ۷۵٪

JK: sole cropping of soybean with weed interference, O: sole cropping of sweet basil with weed interference, B: sole cropping of borage with weed interference, JKO_1: soybean 75%: sweet basil 25%, JKO_2: soybean 50%: sweet basil 50%, JKO_3: soybean 25%: sweet basil75%, JKB_1: soybean75%: borage25%, JKB_2: soybean 50%: borage50%, JKB_3: soybean 25%: borage 75%

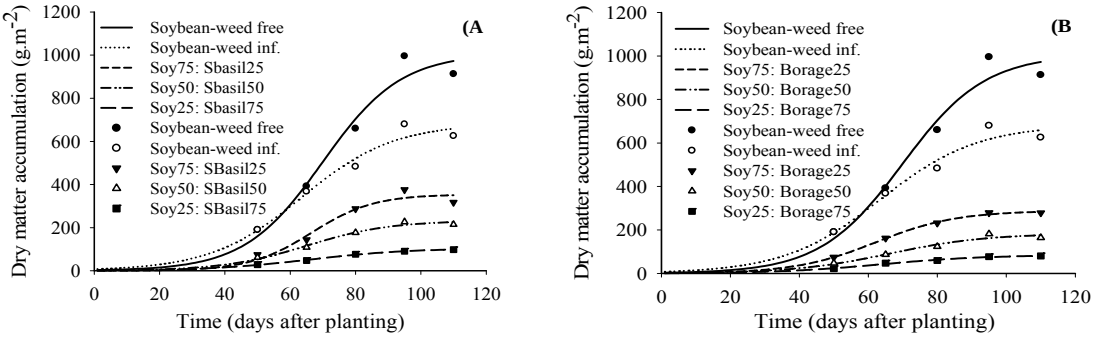
* وجود حداقل یک حرف مشابه در هر شکل نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

* Means with the same letters haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

در چین اول، تیمار ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان بین تیمارهای مخلوط از تجمع ماده خشک بیشتری برخوردار بود. این درحالی بود که در دوره رشدی دوم اختلاف زیادی میان تیمارهای مخلوط مشاهده نشد. به‌طور کلی، با افزایش سهم سویا در مخلوط از میزان تجمع ماده خشک ریحان کاسته شد (شکل ۳-الف).

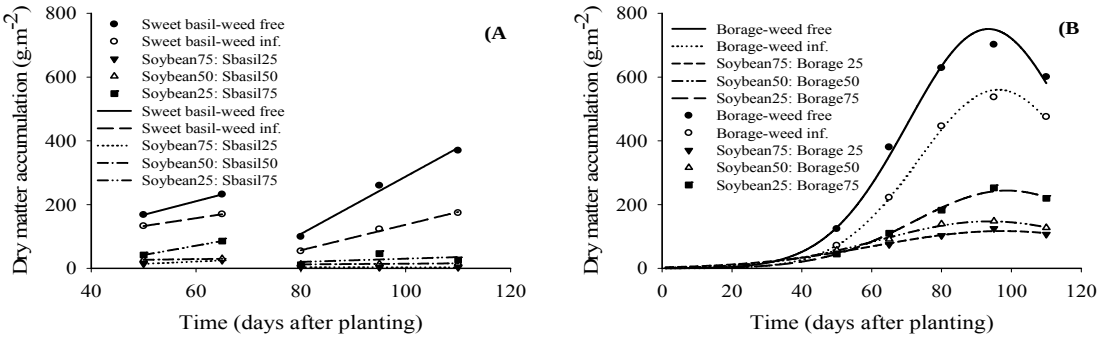
تغییرات میزان تجمع ماده خشک گاوزبان اروپایی نیز همانند سویا روند مشابهی را دنبال کرد و در ۹۵ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید، اما میزان کاهش تجمع ماده خشک گاوزبان اروپایی پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود شدیدتر بود (شکل ۳-ب).

بر خلاف سویا، اختلاف بین تیمارهای خالص گاوزبان اروپایی از ۴۰ روز پس از کاشت نمایان شد. این درحالی بود که اختلاف بین تیمارهای مخلوط گاوزبان اروپایی با سویا از ۶۵ روز پس از کاشت مشاهده شد، که احتمالاً حضور سویا تاثیر علف‌های هرز را به تأخیر انداخته است (شکل ۳-ب). در واقع حضور سویا به عنوان یک گونه همراه بسته شدن کانوپی را تسریع کرده و از طریق سایه‌اندازی روی علف‌های هرز فشار رقابتی آنها را بر گاوزبان اروپایی کاهش داده است (Rostami et al., 2009). میزان تجمع ماده خشک گاوزبان اروپایی در طول فصل رشد در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط برتری داشت (شکل ۳- ب). کاهش تجمع ماده خشک زعفران در تیمارهای مخلوط با سه نوع بابونه (*Matricaria chamomilla* L., *Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip., *Anthemis nobilis* (L.) All.) در مقایسه با کشت خالص نیز گزارش شده است (Naderi Darbaghshahi et al., 2012). در مطالعه حاضر بین تیمارهای مخلوط از نظر حداکثر میزان تجمع ماده خشک گاوزبان اروپایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (داده‌ها نشان داده نشده است).



شکل ۲- تغییرات ماده خشک سویا در کشت مخلوط با ریحان (الف) و گاوزبان اروپایی (ب)

Fig. 2- Dry matter accumulation of soybean intercropped with sweet basil (a), and borage (b)

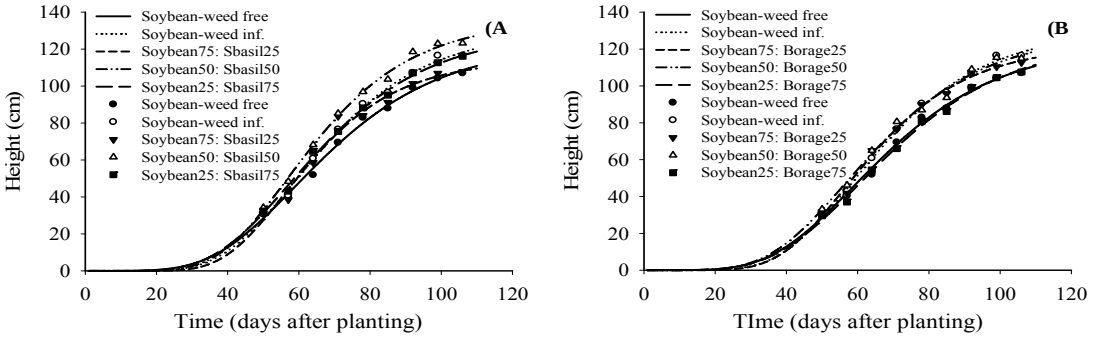


شکل ۳- تغییرات ماده خشک ریحان (الف) و گاوزبان اروپایی (ب) در کشت مخلوط با سویا

Fig. 3-Dry matter changes of sweet basil (a), and borage (b) intercropped with soybean

تغییرات ارتفاع

تداخل علف‌های هرز و حضور ریحان و گاوزبان اروپایی در میان ردیف‌های سویا، افزایش ارتفاع سویا را به دنبال داشت. اختلاف ارتفاع بین تیمارها در کشت مخلوط سویا با ریحان نسبت به گاوزبان اروپایی نمایان‌تر بود و از ۵۰ روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۴). بیشترین ارتفاع سویا در کشت مخلوط با ریحان مربوط به نسبت ۵۰:۵۰ سویا و ریحان بود (شکل ۴- الف).

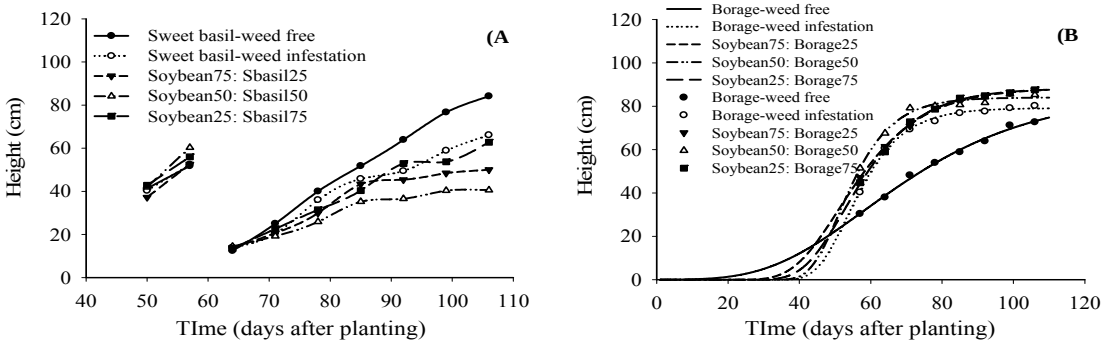


شکل ٤- تغییرات ارتفاع سویا در کشت مخلوط با ریحان (الف) و گاوزبان اروپایی (ب)

Fig. 4- Height changes of soybean intercropped with sweet basil (a), and borage (b)

اختلاف ارتفاع ریحان بین تیمارها در چین دوم بارزتر بود. بیشترین ارتفاع ریحان در چین اول مربوط به تیمار ۵۰:۵۰ سویا و ریحان بود. در چین دوم، بیشترین ارتفاع ریحان در مراحل مختلف نمونه‌برداری در کشت خالص عاری از علف هرز مشاهده شد (شکل ۵-الف). در بررسی امکان کنترل اویار سلام ارغوانی (*Cyperus rotundus* L.) با استفاده از کشت مخلوط پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) با سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، سویا و کنجد (*Sesamum indicum* L.)، بیشترین ارتفاع پنبه در کشت خالص با وجین مشاهده گردیده است و کاهش ارتفاع پنبه همراه با افزایش ردیف‌های هر یک از گیاهان در کشت مخلوط و عدم وجین علف‌های هرز در کشت خالص گزارش شده است (Iqbal et al., 2007). در کشت خالص ریحان تحت شرایط کنترل علف هرز، فضای آزاد بیشتری در اختیار ریحان قرار گرفته و احتمالاً به دلیل کاهش رقابت برای نور و مواد غذایی شرایط محیطی مناسبی برای افزایش رشد و ارتفاع ریحان فراهم شده است (Shah et al., 2011). در چین دوم، نسبت ۵۰:۵۰ سویا: ریحان کمترین ارتفاع را در بین تیمارها داشت. ارتفاع ریحان در نسبت ۲۵٪ سویا: ۷۵٪ ریحان از ۸۵ روز پس از کاشت شروع به افزایش کرد و نسبت به دو تیمار مخلوط در سطح بالاتری قرار گرفت (شکل ۵- الف).

بررسی تغییرات ارتفاع گاوزبان اروپایی در زمان نشان داد که از ۴۰ روز پس از کاشت ارتفاع گاوزبان اروپایی در کشت خالص عاری از علف هرز نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت و تا پایان فصل رشد در مقایسه با سایر تیمارها کمترین ارتفاع را داشت (شکل ۵-ب). در بین سایر تیمارها نیز اختلاف چندانی مشاهده نشد، اما با این حال کشت خالص گاوزبان در شرایط آلوده به علف هرز از ارتفاع کمتری نسبت به تیمارهای مخلوط برخوردار بود (شکل ۵- ب). افزایش ارتفاع جو و نخود در تیمارهای مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی و در تیمارهای آلوده نسبت به تیمارهای بدون علف هرز گزارش شده است (Hamzei et al., 2012).



شکل ۵- تغییرات ارتفاع ریحان (الف) و گاوزبان اروپایی (ب) در کشت مخلوط با سویا
Fig. 5- Height changes of sweet basil (a), and borage (b) intercropped with soybean

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت سویا
Table 2-Analysis of variance for biological and seed yield and harvest index of soybean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	736239.1	174977.17	64.043379
تیمار Treatment	7	20266233***	2935886.74***	30.3648851**
خطا Error	14	62962.5	8050.6	5.7849458
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	5.97	6.12	7.05

** و ***: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۰/۰۱ درصد
** and ***: are significant at 1 and 0.01 probability levels, respectively.

جدول ۳- تأثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد بیولوژیک، اقتصادی (کیلوگرم بر هکتار) و شاخص برداشت سویا

Table 3-Effect of treatments on biological and seed yield (kg.ha^{-1}) and harvest index of soybean

تیمارها Treatments	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم بر هکتار) Economic yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)
کشت خالص سویا- بدون علف هرز Soybean-weed free	9815a*	3636.67a	37.04ab
کشت خالص سویا-با علف هرز Soybean-weed infestation	5523.3b	1802b	32.58cde
سویا۷۵٪+ ریحان۲۵٪ Soybean$_{75}$: sweet basil$_{25}$	4600c	1690b	36.7abc
سویا ۵۰٪+ ریحان۵۰٪ Soybean$_{50}$: sweet basil$_{50}$	3130e	1216c	38.86a
سویا ۲۵٪+ ریحان ۷۵ ٪ Soybean$_{25}$: sweet basil$_{75}$	2281f	690.67e	31.01de
سویا ۷۵٪+ گاوزبان اروپایی ۲۵٪ Soybean$_{75}$: borage$_{25}$	3836.7d	1265c	32.94bcde
سویا۵۰٪+ گاوزبان اروپایی۵۰٪ Soybean$_{50}$: borage$_{50}$	2856.7e	969.33d	34.02bcd
سویا ۲۵٪+ گاوزبان اروپایی ۷۵٪ Soybean$_{25}$: borage$_{75}$	1538.3g	453.67f	29.68e

*در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* Means with the same letters for each column haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

عملکرد سویا

تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک و اقتصادی ($p\leq$۰/۰۰۱) و شاخص برداشت سویا ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۲). بالاترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی سویا مربوط به کشت خالص سویا در شرایط عاری از علف هرز بود (جدول ۳).

کاهش نسبت سویا در سطوح مختلف کشت مخلوط، کاهش عملکرد سویا را در مقایسه با تک‌کشتی به دنبال داشت. این افزایش به دلیل بیشتر بودن تعداد بوته‌های سویا در کشت خالص دور از انتظار نبود، اما با این حال کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه سویا در نسبت ۷۵ درصدی سویا با ریحان در مقایسه با کشت خالص آلوده به علف هرز مشاهده نشد (جدول ۳). در آزمایش دیگری نیز عدم اختلاف معنی‌دار بین تک‌کشتی کنجد (با بالاترین عملکرد) و نسبت‌های ۷۵٪ کنجد: ۲۵٪ نخود و ۵۰٪ کنجد: ۵۰٪ نخود به دلیل کاهش رقابت درون گونه‌ای گزارش شده است (Pouramir et al., 2010). در کشت مخلوط ذرت و کدو نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت در تیمار کشت خالص ذرت بدون علف هرز و پس از آن در کشت خالص ذرت بدون وجین مشاهده شده است، علاوه بر این کاهش عملکرد بیولوژیک ذرت همزمان با افزایش سهم کدو در مخلوط در تیمارهای آلوده به تاج خروس، بنگدانه و سایر علف‌های هرز گزارش شده است (Ghanbari et al., 2010). عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه سویا در کشت مخلوط با ریحان از مقدار بیشتری نسبت به کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی برخوردار بود، به طوری که عملکرد دانه سویا در نسبت ۵۰:۵۰ سویا با ریحان از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی نداشت (جدول ۳).

شاخص برداشت سویا در نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان و گاوزبان اروپایی و ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان و گاوزبان اروپایی بیشتر از کشت خالص آلوده به علف هرز بود. نسبت ۵۰:۵۰ سویا با ریحان از شاخص برداشت بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها و حتی کشت خالص سویا در شرایط عاری از علف هرز برخوردار بود. به‌طور کلی، سویا در کشت مخلوط با ریحان، سرمایه گذاری به تولید بذر را در مقایسه با کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی افزایش داده بود (جدول ۳). در کشت مخلوط ذرت و خیار (*Cucumis sativus* L.)، کاهش شاخص برداشت ذرت همزمان با افزایش سهم خیار در مخلوط گزارش شده است. در این آزمایش تفاوت معنی‌داری میان تیمارهای آلوده و عاری از علف هرز مشاهده نشده است (Ghanbari et al., 2004). شاخص برداشت نخود و عدس (*Lens culinaris* L.) در تیمارهای کشت مخلوط با گندم بیشتر از کشت خالص گزارش شده است (Das et al., 2011). بالاتر بودن شاخص برداشت نشان‌دهنده این است که تخصیص مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به سایر مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است (Mirhashemi et al., 2009).

عملکرد ریحان

عملکرد ریحان در هر دو چین برداشت تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۰۱) (جدول ۴). در هر دو چین

بیشترین وزن تر اندام هوایی و خشک برگ و اندام هوایی ریحان مربوط به کشت خالص ریحان در شرایط عاری از علف هرز بود. در شرایط تداخل علف هرز نیز بیشترین مقدار عملکرد ریحان در تک‌کشتی این گیاه به ثبت رسید (جدول ۴).

کاهش عملکرد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، زیره سیاه (*Carum carvi* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در کشت مخلوط با ذرت نسبت به کشت خالص هر یک از این گیاهان گزارش شده است (Begum et al., 2010). در شرایط عاری از علف هرز عملکرد ریحان در چین دوم با افزایش چشمگیری روبرو بود، همچنین عدم کنترل علف‌های هرز کاهش عملکرد ریحان را در چین دوم نسبت به چین اول در پی داشت (جدول ۴). عملکرد برگ ریحان در چین دوم نسبت به چین اول در کشت خالص و تیمارهای ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵: ۷۵ سویا: ریحان به ترتیب برابر با ۴۶/۰۴، ۹۶/۲۸، ۹۶/۱۹ و ۵۸/۵۶ درصد کاهش داشت (جدول ۴). احتمالاً فاصله بین برداشت اول ریحان تا شروع رشد مجدد آن، فرصت مناسبی را برای رشد علف‌های هرز فراهم کرده و از این طریق باعث کاهش شدید عملکرد در چین دوم شده است. بیشترین مجموع عملکرد خشک و تر اندام رویشی ریحان حاصل از دو چین رویشی، در کشت خالص ریحان عاری از علف هرز و پس از آن در تیمار خالص آلوده به علف هرز مشاهده شد. در تیمارهای مخلوط بین تیمارهای ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سویا؛ ریحان اختلاف معنی‌داری از نظر مجموع عملکرد خشک و تر ریحان مشاهده نشد (شکل ۶- الف). اختلاف بین عملکرد ساقه و برگ خشک شده ریحان در تیمارهای خالص بیشتر از تیمارهای مخلوط بود. مانند سایر صفات مورد بررسی در ریحان، تداخل علف هرز و حضور سویا از میزان عملکرد ساقه و برگ این گیاه کاست (شکل ۶- ب). بر خلاف این نتایج، در آزمایشی که مربوط به مطالعه کشت مخلوط نعناع (*Mentha pipertia* L.) و سویا بود، بیشترین عملکرد ساقه و برگ نعناع در تیمارهای مخلوط گزارش شده است (Maffei & Mucciarelli, 2003).

اختلافی از نظر نسبت برگ به ساقه در چین اول بین تیمارهای آزمایش مشاهده نشد. در چین دوم بالاترین نسبت برگ به ساقه (۱/۳۹) مربوط به کشت خالص ریحان در شرایط عاری از علف هرز بود. در بین تیمارهای آلوده به علف هرز بالاترین مقدار نسبت برگ به ساقه مربوط به تیمار ۵۰٪ سویا: ۵۰٪ ریحان بود (۰/۸۷) که با تیمار کشت خالص اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۷). در کشت مخلوط نعناع با سویا نیز بالاترین درصد برگ نعناع در تیمارهای مخلوط گزارش شده است (Maffei & Mucciarelli, 2003).

جدول ٤- عملکرد تر و خشک اندام هوایی و عملکرد خشک برگ ریحان در دو چین ریحان

Table 4- Fresh yield and dry yield of shoot and dry yield of leaves in both harvest of sweet basil

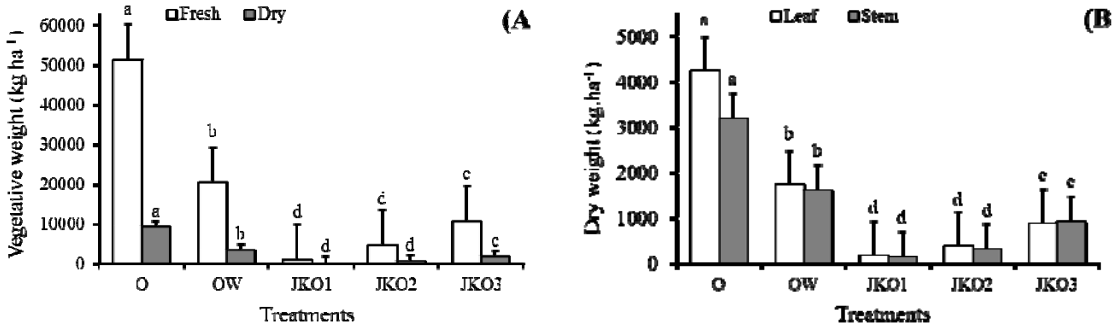
تیمارها Treatments	عملکرد چین اول ریحان (کیلوگرم بر هکتار) First harvest yield (kg.ha^{-1})			عملکرد چین دوم ریحان (کیلوگرم بر هکتار) Second harvest yield (kg.ha^{-1})		
	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight
کشت خالص ریحان- بدون علف Sweet basil-weed free	16523a*	1410.23a	2466.7a	34763a	2835.9a	4872.5a
کشت خالص ریحان- با علف هرز Sweet basil-weed infestation	12587b	1128.03b	2018.1b	7763b	608.7b	1331b
سویا ۷۵٪+ ریحان ۲۵٪ Soybean$_{75}$: sweet basil$_{25}$	927e	169.35e	307.6e	72d	6.3c	15.9d
سویا۵۰٪+ ریحان ۵۰٪ Soybean$_{50}$: sweet basil$_{50}$	4454d	373.17d	666.9d	222d	14.2c	30.4d
سویا۲۵٪+ ریحان۷۵٪ Soybean$_{25}$: sweet basil$_{75}$	6993c	626.43c	1154.8c	3592c	259.6c	363.5c
سطح معنی‌داری Significant level	***	***	***	***	***	***
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	15.84	11.53	12.28	17.39	21.56	20.67

***: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ درصد

***: is significant at 0.01 probability level.

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* Means with the same letters for each column haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.



شکل ٦- وزن تر و خشک کل ریحان (الف) و ماده خشک ساقه و برگ ریحان (ب)

Fig. 6- Total fresh and dry yield of sweet basil (a), Dry stem and leaf yield of sweet basil (b)

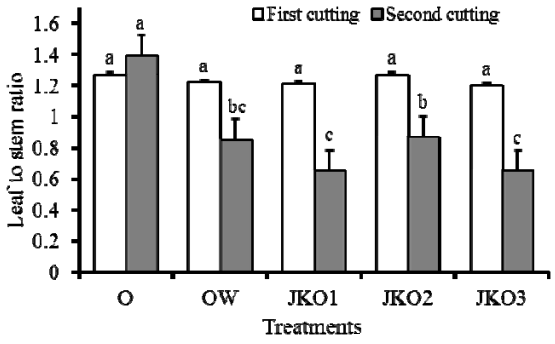
O: کشت خالص ریحان بدون علف هرز، OW: کشت خالص ریحان با علف هرز، JKO_1: سویا ۷۵٪: ریحان ۲۵٪، JKO_2: سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪، JKO_3: سویا ۲۵٪: ریحان ۷۵٪

O: sole cropping of sweet basil without weed, OW: sole cropping of sweet basil with weed interference, JKO_1: soybean 75%: sweet basil 25%, JKO_2: soybean 50%: sweet basil 50%, JKO_3: soybean 25%: sweet basil 75%

* وجود حداقل یک حرف مشابه در هر بخش در هر شکل نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

* Means with the same letters for each part and each shape haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

نسبت برگ به ساقه ریحان در تیمارهای ۷۵٪ و ۲۵٪ سویا با ریحان بدون اختلاف آماری در پایین‌ترین مقدار خود قرار داشت (شکل ۷). در مطالعه کشت مخلوط ریحان و لوبیا نیز، عدم اختلاف معنی‌دار تیمارهای آزمایش از نظر نسبت برگ به ساقه ریحان در چین اول گزارش شده است (Alizadeh et al., 2010). آنها در این آزمایش افزایش نسبت برگ به ساقه در تیمارهای کشت مخلوط را نسبت به کشت خالص در چین دوم گزارش کرده‌اند. در کشت مخلوط ذرت با دو گیاه تاج خروس و ماش بیشترین نسبت برگ به ساقه در هر یک از گیاهان در کشت خالص آنها گزارش شده است (Aynehband et al., 2010).



شکل ۷- نسبت برگ به ساقه ریحان در چین‌های مختلف ریحان

Fig. 7- Leaf to stem ratio in sweet basil harvest different (a), and Total fresh and dry yield of sweet basil (b)

O: کشت خالص ریحان بدون علف هرز، OW: کشت خالص ریحان با علف هرز، JKO_1: سویا ۷۵٪: ریحان ۲۵٪، JKO_2: سویا ۵۰٪: ریحان۵۰٪، JKO_3: سویا ۲۵٪: ریحان ۷۵٪

O: sole cropping of sweet basil without weed, OW: sole cropping of sweet basil with weed interference, JKO_1: soybean75%: sweet basil25%, JKO_2: soybean50%: sweet basil50%, JKO_3: soybean25%: sweet basil75%

* وجود حداقل یک حرف مشابه در هر چین در هر شکل نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

* Means with the same letters for each harvest and each shape haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

جدول ۵- تاثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد گل تر و خشک، وزن خشک بوته و عملکرد بذر گاوزبان اروپایی
Table 5- Effect of treatments on fresh and dry flower yield, plant dry weight and seed yield of borage

تیمارهای آزمایش Treatments	عملکرد گل (کیلوگرم بر هکتار) Flower yield ($kg.ha^{-1}$)		وزن خشک بوته (کیلوگرم بر هکتار) Plant dry weight ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بذر (کیلوگرم بر هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
	وزن تر Fresh yield	وزن خشک Yield Dry		
کشت خالص گاوزبان اروپایی-بدون علف Borage-weed free	595.7a*	110.46a	4619a	40.63a
کشت خالص گاوزبان اروپایی- با علف هرز Borage-weed infestation	234b	51.143b	2999.6b	13.94b
سویا ۷۵٪+ گاوزبان اروپایی ۲۵٪ $Soybean_{75}$: $borage_{25}$	9.81d	2.28d	553.4d	5.61e
سویا۵۰٪+ گاوزبان اروپایی۵۰٪ $Soybean_{50}$: $borage_{50}$	47.29cd	9.81cd	1415c	7.18d
سویا۲۵٪+ گاوزبان اروپایی۷۵٪ $Soybean_{25}$: $borage_{75}$	117.26c	21.08c	1555.8c	10.97c
سطح معنی‌داری Significant level	***	***	***	***
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	19.01	21.62	19.65	4.63

***: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ درصد
***: is significant at 0.01 probability level

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
* Means with the same letters for each column haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

عملکرد گاوزبان

عملکرد گل، وزن خشک بوته و عملکرد بذر گاوزبان اروپایی تحت تأثیر معنی‌دار (در سطح احتمال $p\leq۰/۰۱$) تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۵).

افزایش نسبت سویا در اختلاط با گاوزبان اروپایی نیز باعث کاهش عملکرد اندام‌های مختلف این گیاه شد (جدول ۵). در مطالعه کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان اروپایی نیز بیشترین و کمترین عملکرد دانه گاوزبان اروپایی به ترتیب در تیمار کشت خالص گاوزبان اروپایی و الگوی چهار ردیف لوبیا و چهار ردیف گاوزبان اروپایی گزارش شده است (Koocheki et al., 2012). بیشترین عملکرد گاوزبان اروپایی در شرایط عاری از علف هرز به‌دست آمد. وزن خشک بوته و عملکرد بذر به ترتیب کمترین و بیشترین تأثیر را از حضور علف هرز متحمل شدند (جدول ۵). کاهش ۵۳/۴ درصدی عملکرد نعناع صحرایی در کشت مخلوط با شمعدانی معطر گزارش شده است (Rajeswara Rao, 2002).

حداقل نسبت سویا در کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی، وزن خشک بوته، عملکرد دانه و عملکرد گل خشک گاوزبان اروپایی را به ترتیب برابر با ۴۸/۱۳، ۲۱/۳ و ۵۸/۷۸ درصد نسبت به کشت خالص با تداخل علف هرز کاهش داد (جدول ۵). کاهش ۵۴ درصدی عملکرد دانه گندم در کشت مخلوط با نخود و در شرایط عدم وجین علف‌های هرز گزارش شده است (Banik et al., 2006). این کاهش عملکرد در کشت مخلوط گندم و نخود در شرایط کنترل علف‌های هرز ۱۲/۷ درصد بود. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا قرمز نیز عملکرد دانه ذرت و لوبیا قرمز در کشت خالص به ترتیب ۳۰ و ۳۸ درصد بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط گزارش شده است. دلیل این برتری وجود تراکم کمتر گیاهان در تک‌کشتی نسبت به کشت مخلوط و همچنین افزایش میزان رقابت بین گونه‌ای جهت بهره‌وری از منابع محیطی و به دنبال آن ایجاد محدودیت‌ها برای دو گیاه زراعی در کشت مخلوط بیان شده است (Fotohi Chianeh et al., 2012).

نسبت برابری سطح- زمان (ATER) [1]

نسبت برابری سطح- زمان بر اساس وزن خشک گل گاوزبان اروپایی، در تیمار ۷۵٪سویا: ۲۵٪ریحان بالاتر از واحد بود (۱/۰۳)، دلیل این برتری نیز مربوط به ATER جزیی سویا بود. ATER جزیی سویا در اختلاط با ریحان در مقایسه با گاوزبان اروپایی از مقدار بالاتری برخوردار بود (شکل ۸- الف) که می‌تواند به دلیل کاهش رشد علف‌های هرز در کشت مخلوط با ریحان در مقایسه با گاوزبان اروپایی باشد (شکل ۸). در واقع از دلایل سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی، کاهش علف‌های هرز و پایداری در استفاده از منابع می‌باشد (Shaygan et al., 2008). در واقع کاهش علف‌های هرز باعث وجود فضای بیشتر و کاهش رقابت بین گونه‌ای شده است

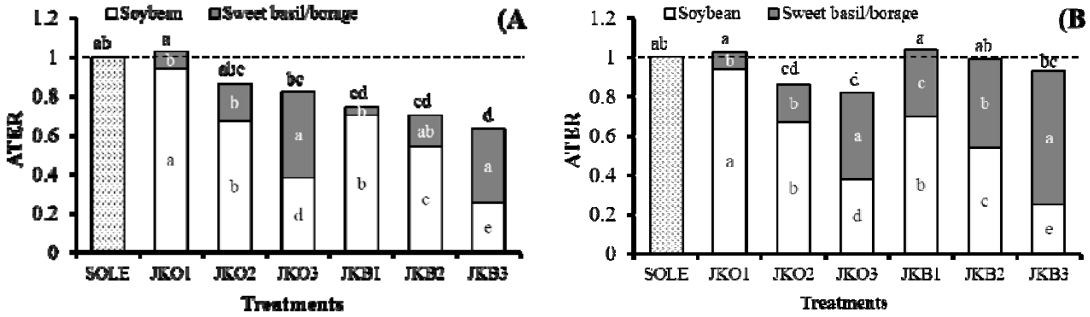
1- Area-time equivalent ratio

و در نتیجه افزایش ATER جزیی سویا را در پی داشته است (Rostami et al., 2009).

نسبت برابری سطح- زمان بر اساس عملکرد بذر گاوزبان اروپایی، به غیر از تیمار ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان در تیمار ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی (۱/۰۴) نیز بالاتر از واحد بود. ATER جزیی گاوزبان اروپایی بر اساس عملکرد بذر با افزایش چشمگیری مواجه بود، به‌طوری‌که ATER کل کشت مخلوط سویا با گاوزبان اروپایی را نسبت به ریحان افزایش داد (شکل ۸- ب). احتمالاً تداخل علف‌های هرز باعث شده است که گاوزبان اروپایی سرمایه گذاری بیشتری بر تولید بذر داشته باشد. عدد ATER بالاتر از واحد، کارایی بیشتر استفاده از سطح و زمان را توسط کشت مخلوط نشان می‌دهد (Ghosh et al., 2006). کارایی استفاده از سطح و زمان در کشت مخلوط در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز در سیستم مخلوط شمعدانی معطر و نعناع صحرایی (Rajeswara Rao, 2002) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش بیانگر این بود که کشت مخلوط سویا با دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی، کاهش تراکم و ماده خشک علف‌های هرز را در پی داشت که در این میان کشت مخلوط سویا با ریحان از موفقیت بیشتری برخوردار بود. علاوه بر این، سویا در کشت مخلوط با ریحان، عملکرد و شاخص برداشت بالاتری داشت، با این حال، شاخص نسبت برابری سطح-زمان بر این اذعان داشت که نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان و ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی (بر اساس عملکرد دانه گاوزبان اروپایی) در مقایسه با سایر نسبت‌های کشت مخلوط بر کشت خالص ارجحیت داشت. بنابراین، نسبت‌های ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ ریحان، ۵۰٪ سویا: ۲۵٪ ریحان و همچنین نسبت ۷۵٪ سویا: ۲۵٪ گاوزبان اروپایی به لحاظ کنترل علف‌های هرز و افزایش بهره‌وری عملکرد توصیه می‌گردد، اما با این حال اظهار نظر در خصوص برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص به بررسی سایر جوانب کشت مخلوط مانند عوامل اقتصادی نیز بستگی دارد.



شکل ۸- نسبت برابری سطح-زمان در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی، بر اساس وزن خشک گل گاوزبان (الف) و بر اساس عملکرد بذر گاوزبان اروپایی (ب)

Fig. 8-ATER for intercropping of soybean with sweet basil and borage, based on flower dry weight of borage (a), and based on borage seed yield (b)

JK: کشت خالص سویا، O: کشت خالص ریحان، B: کشت خالص گاوزبان، JKO_1: سویا ۷۵٪: ریحان ۲۵٪، JKO_2: سویا۵۰٪: ریحان۵۰٪، JKO_3: سویا ۲۵٪: ریحان ۷۵٪، JKB_1: سویا ۷۵٪: گاوزبان اروپایی ۲۵٪، JKB_2: سویا۵۰٪: گاوزبان اروپایی۵۰٪، JKB_3: سویا ۲۵٪: گاوزبان اروپایی ۷۵٪

JK: sole cropping of soybean with weed interference, O: sole cropping of sweet basil with weed interference, B: sole cropping of borage with weed interference, JKO_1: soybean 75%: sweet basil 25%, JKO_2: soybean 50%: sweet basil 50%, JKO_3: soybean 25%: sweet basil 75%, JKB_1: soybean 75%: borage 25%, JKB_2: soybean50%: borage 50%, JKB_3: soybean 25%: borage 75%

* وجود حداقل یک حرف مشابه در هر جز در هر شکل نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

* Means with the same letters for each part and each shape haven't significant difference at 5% probability level according to LSD's test.

منابع

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 characteristic, 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. (In Persian with English Summary)

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., Behrooz, M., and Afshar, A.H. 2010. Study of intercropping agroecosystem productivity influenced by different crops and planting ratios. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 7(2): 163-169.

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 of Agronomy 24: 325-332.

Begum, S., Kakon, S.S., Islam, M.N., Ahmed, F., and Haque, M.M. 2010. Study on intercropping of different species with hybrid maize. Journal of Experimental Biological Science 1(2): 47-50.

Biabani, A., Hashemi, M., and Herbert, S.J. 2008. Agronomic performance of two intercropped soybean cultivars. International Journal of Plant Production 2(3): 215-221.

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

Das, A.K., Khaliq, Q.A., and Haider, M.L. 2011. Effect of intercropping on growth and yield in wheat-lentil and wheat-chickpea intercropping system at different planting configurations. Journal of Innovation and Development Strategy 5(3): 125-137.

Draper, N.R., and Smith, H. 1981. Applied Regression Analysis. New York: J. Wiley. 511 pp.

Eskandari, H. 2011. Intercropping of wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*): Effects of complementarity and competition of intercrop components in resource consumption on dry matter production and weed growth. African Journal of Biotechnology 10(77): 17755-17762.

Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2011. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 67-75. (In Persian with English Summary)

Fotohi Chianeh, S., Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Zand, E., Razavi, F.F., and Rezaei Chianeh, E. 2012. Effect of various corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping densities on crop yield and weed biomass. Journal of Agroecology 4(2): 131-143. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghafari Moghaddam, M., and Safari, M. 2010. Evaluation of corn (*Zea mays*)-Squash (*Cucurbita* sp.) intercropping system and their effects on weed control. Iranian Journal of Field Crops Research 41(1): 43-55. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ghadiri, H., and Jokar, M. 2004. Effect of intercropping of maize and cucumber on controlling weeds. Pajouhesh and Sazandegi 73: 193-199. (In Persian with English Summary)

Ghosh, P.K., Mohanty, M., Bandyopadhyay, K.K., Painuli, D.K., and Misra, 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 Crops Research 96: 80-89.

Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. Journal of Crop Production and Processing 2(3): 43-56. (In Persian)

Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Research 70: 101-109.

Iqbal, J., Cheema, Z.A., and An, M. 2007. Intercropping of field crops in cotton for the management of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). Plant and Soil 300: 163-171.

Jamshidi, K., Mazaheri, D., Majnoun Hoseini, N., Rahimian Mashhadi, H., and Peighambari, A. 2011. Investigation of corn/cowpea intercropping effect on suppressing the weeds. Iranian Journal of Filed Crops Science 42(2): 233-241. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A. 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phasaeolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. Journal of Agrecology 4(1): 1-11. (In Persian)

Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.

Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri 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)-13: 269-280. (In Persian with English Summary)

Mushagalusa, G.M., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.

Myaka, F.M., Sakala, W.D., Adu-Gyamfi, J.J., Kamalongo, D., Ngwira, A., Odgaard, R., Nielsen, N.E., and Hogh-Jensen, H. 2006. Yields and accumulations of N and P in farmer-managed intercrops of maize-pigeonpea in semi-arid Africa. Plant and Soil 285: 207-220.

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.

Nasiri Mahallati, P., Koocheki, A., and Jahan, M. 2011. Raddiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. Iranian Journal of Field Crops Research 8(6): 878-890. (In Persian with English Summary)

Pouramir, F., Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Gorbani, R. 2010. Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. Iranian Journal of Field Crop Research 8(5)-19: 747-757. (In Persian with English Summary)

Raei, Y., Bolandnazar, S.A., and Dameghsi, N. 2011. Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 131-142. (In Persian with English Summary)

Rajeswara Rao, B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens* Malinv. ex Holmes). Industrial Crops and Products 16: 133-144.

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. (In Persian with English Summary)

Rostami, L., Mondani, F., Khorramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of various corn and bean intercropping densities on crop yield and weed populations. Journal of Weed Research 1(2): 37-51. (In Persian with English Summary)

Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Asgharzade, A. 2011. The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(2): 188-201. (In Persian with English Summary)

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

Seyed Sharifi, R., Farzaneh, S., Kashiri, H., and Dabbagh Mohammadi Nasab, A. 2004. Evaluation competition and yield of two soybean cultivars under pure stand and intercropping systems. Journal of Agriculture Science 16(4)-64: 95-102. (In Persian)

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.

Shah, S.N., Shroff, J.C., Patel, R.H., and Usadadiya, V.P. 2011. Influence of intercropping and weed management practice on weed and yield of maize. International Journal of Science and Nature 2(1): 47-50.

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

Yuan-quan, C., Peng, S., Chen, L., and Xue-peng, S. 2012. *Xanthium* suppression under maize-sunflower intercropping system. Journal of Integrative Agriculture 11(6): 1026-1037.

Zaefarian, F., Aghaalikahni, M., Rahimian Mashhadi, H., Zand, E., and Rezvani, M. 2009. Yield and growth indices of corn/soybean intercrop under simultaneous competition of redroot pigweed and jimsonweed. Iranian Journal of Weed Science 5: 107-125. (In Persian with English Summary)