به زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۳
صفحه‌های ۲۱۴-۱۹۷

تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی

فائزه زعفریان*[۱]، میلاد باقری شیروان[۲]

۱. استادیارگروه زراعت، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی در وضعیت کشت مخلوط، آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در نه تیمار و سه تکرار در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های جایگزینی ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی و کشت خالص هر یک از گیاهان بود. نتایج آزمایش نشان داد که اولین غلاف سویا در نسبت ۲۵:۷۵ سویا:گاوزبان اروپایی و کشت خالص در ارتفاع بالاتری قرار داشت. تعداد گره در ساقهٔ سویا در تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. تعداد غلاف در بوته به غیر از نسبت ۷۵:۲۵ سویا:گاوزبان اروپایی و تعداد دانه در بوته نیز به غیر از نسبت‌های ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی در دیگر تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. عملکرد دانه و بیولوژیک سویا در نسبت ۲۵:۷۵ سویا:ریحان بر کشت خالص سویا برتری داشت. عملکرد دانه در بوته و وزن خشک بوته در همهٔ تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. عملکرد اندام رویشی ریحان در هر دو چین، و نیز عملکرد بذر گاوزبان اروپایی با افزایش حضور سویا در مخلوط با کاهش مواجه شد. نسبت معادل سطح-زمان نشان داد که تیمارهای ۲۵:۷۵ سویا:ریحان و گاوزبان اروپایی و نسبت ۵۰:۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی در مقایسه با کشت خالص به‌ترتیب ۹ ، ۱۱ و ۱۴ درصد برتری داشت.

کلیدواژه‌ها: چین رویشی ریحان، عملکرد بذر گاوزبان اروپایی، گیاه دارویی، نسبت معادل سطح-زمان، نسبت‌های جایگزینی.

* نویسنده مسئول Email: fa_zaefarian@yahoo.com

۱. مقدمه

امروزه کشاورزان به‌واسطهٔ سهولت در تولید به‌سمت سامانه‌های تک‌کشتی گرایش پیدا کرده‌اند که با سایر عملیات کشاورزی نوین از قبیل شخم فشرده، کاربرد کودهای شیمیایی، آبیاری و کنترل شیمیایی آفات همراهند [۲۴] و از هزینهٔ خودنگهداری زیاد و میزان خوداتکایی کمی برخوردارند [۱۸]. ازاین‌رو توجه بیشتری به کشاورزی پایدار معطوف شده است که همگام با طبیعت بوده و اصول بنیادین آن ایجاد و حفظ تنوع است [۱،۱۵]. کشت مخلوط، نوعی عملیات پایدار کشاورزی و از فاکتورهای مهم پایداری در کشاورزی است [۴۰] که نقش مهمی در ایجاد تنوع [۳۸]، افزایش کارایی استفاده از منابع [۳۵] و کاهش تداخل علف‌های هرز، حشرات و آفات (۳۰) دارد و در نهایت، سبب افزایش پایداری عملکرد می‌شود [۲۸]. به‌طور کلی مهم‌ترین دلیل توجه به کشت مخلوط، سودمندی عملکرد نسبت به تک‌کشتی است [۱۰،۳۹] که از طریق افزایش مشارکت گیاهی در مقایسه با رقابت گیاهی حاصل می‌شود [۴۵]. برای مثال، در مطالعهٔ رفتار ذرت و لوبیای چشم‌بلبلی در کشت مخلوط، افزایش عملکرد هر یک از گونه‌ها در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گزارش شده است [۶]. در بررسی کشت مخلوط سورگوم و لوبیا نیز برتری عملکرد علوفهٔ خشک کل در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گزارش شده است [۱۱]. در واقع استفادهٔ بیشتر گیاهان از عوامل محیطی، پوشانده شدن زمین در زمانی کوتاه‌تر و افزایش جذب یا کارایی استفاده از تشعشع نیز از دلایل مهم افزایش عملکرد کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی به‌شمار می‌آیند [۵].

مطالعات در خصوص گیاهان دارویی تحت شرایط طبیعی و زراعی بر این موضوع تأکید دارد که کشت این گیاهان در قالب اصول مبتنی بر قوانین طبیعت، سبب افزایش کیفیت محصول و کارایی گیاه دارویی می‌شود [۴۳، ۴۹،۵۱]. ازاین‌رو، رویکرد جهانی به روش‌های مدیریتی سیستم‌های کشاورزی پایدار در تولید گیاهان دارویی متمایل شده است [۱۳]. افزایش کیفیت و مقدار اسانس نعناع[1] در کشت مخلوط با سویا در مقایسه با کشت خالص به‌دلیل افزایش منتول[2] و کاهش منتوفوران[3] از طریق بهبود جذب نیتروژن، آب و افزایش هدایت روزنه‌ای برای جذب دی اکسید کربن گزارش شده است [۴۰].

کشت گیاهان دارویی و معطر در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده است و این گیاهان از نظر ایجاد تنوع و پایداری اهمیت داشته‌اند [۱۴]. ریحان شیرین[4] از مهم‌ترین گونه‌های تیرهٔ نعناعیان است که از آن به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین سبزی تازه استفاده می‌شود [۱۲]. گاوزبان اروپایی[5] نیز گیاهی یکساله با خواص متعدد دارویی، صنعتی و علوفه‌ای است که از قسمت‌های هوایی آن در طب سنتی ایران برای درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده می‌شده است [۴۴]. سویا[6] نیز از گیاهان زراعی با قابلیت زیاد در رفع نیاز غذایی انسان، تغذیهٔ دام‌ها و مواد اولیهٔ کشت‌وصنعت‌ها است که به‌دلیل قدرت تثبیت نیتروژن در ریشه‌ها امکان بهره‌برداری مناسب از عناصر غذایی را برای اجزای مخلوط فراهم می‌آورد [۵۳] و ازاین‌رو همواره از گونه‌های شایان توجه برای ترکیب با دیگر گونه‌ها در سیستم‌های چندکشتی به‌شمار می‌رود. استفاده از گاوزبان اروپایی برای افزایش تنوع زیستی در کشت مخلوط با لوبیا گزارش شده است [۲۰]. با توجه به برداشت ریحان در دو چین و خالی بودن زمین تا رویش مجدد ریحان، بخش زیادی از نور

1. Mentha piperita
2. Menthol
3. Menthofuran
4. Ocimum basilicum L.
5. Borago officinalis L.
6. Glycine max L.

هدر می‌رود؛ درصورتی‌که می‌توان با استفاده از سویا، جذب نور را از نظر زمانی و مکانی افزایش داد و بهره‌وری از منابع نوری را بهبود بخشید [۱۴].

پژوهش حاضر با توجه به لزوم ایجاد و حفظ تنوع و پایداری در بوم‌نظام‌های زراعی و اهمیت بهره‌وری منابع، با هدف بررسی عملکرد سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی در نسبت‌های مختلف جایگزینی کشت مخلوط اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعهٔ عملکرد سویا رقم ویلیامز، ریحان و گاوزبان اروپایی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در مزرعه‌ای واقع در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان شیروان (با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۹ دقیقهٔ شرقی و ارتفاع ۱۰۷۵ متر از سطح دریا) اجرا شد. خاک مزرعه دارای ۰/۱۴ درصد نیتروژن، ۱۶۸ ppm پتاسیم و ۳۷/۸ ppm فسفر با اسیدیتهٔ ۸/۲ و هدایت الکتریکی dsm^{-1} ۳/۴ و حاوی ۱/۶ درصد مادهٔ آلی با بافت لومی بود.

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های جایگزینی ۷۵ درصد سویا: ۲۵ درصد ریحان (سه ردیف سویا، یک ردیف ریحان)، ۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ریحان (دو ردیف سویا، دو ردیف ریحان)، ۲۵ درصد سویا: ۷۵ درصد ریحان (یک ردیف سویا، سه ردیف ریحان)، ۷۵ درصد سویا: ۲۵ درصد گاوزبان اروپایی (سه ردیف سویا، یک ردیف گاوزبان اروپایی)، ۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد گاوزبان اروپایی (دو ردیف سویا، دو ردیف گاوزبان اروپایی) و ۲۵ درصد سویا: ۷۵ درصد گاوزبان اروپایی (یک ردیف سویا، سه ردیف گاوزبان اروپایی) و کشت خالص سویا، ریحان و گاوزبان اروپایی بود. کاشت هر یک از گیاهان در تاریخ ۱۵ خرداد در کرت‌هایی به‌مساحت ۱۲ متر مربع شامل شش ردیف کاشت به‌فاصلهٔ ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و طول چهار متر انجام گرفت. در هر کرت دو ردیف جانبی به‌منظور حذف تأثیرات حاشیه‌ای بر ردیف‌های میانی منظور شد. بذور سویا و گاوزبان به‌صورت کپه‌ای کشت شد. به‌دلیل ریز بودن بذور ریحان، قبل از کاشت، بذور با مقداری ماسهٔ نرم مخلوط شده و سپس روی ردیف‌های کاشت پاشیده شد. قبل از رسیدن گیاهان به مرحلهٔ سه تا چهار برگی به‌منظور دستیابی به فاصلهٔ روی ردیف پنج سانتی‌متر برای ریحان و سویا، و فاصلهٔ روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر برای گاوزبان اروپایی، گیاهان اضافی تنک شدند. آب مورد نیاز با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای و هر ۱۰ روز یک‌بار در اختیار گیاهان قرار گرفت. در طول فصل رشد، به‌کمک وجین دستی از رشد علف‌های هرز جلوگیری شد.

ریحان در دو چین برداشت شد. برداشت اول حدود ۶۰ روز پس از کاشت و همزمان با مرحلهٔ گلدهی سویا و برداشت دوم در حدود ۱۲۰ روز پس از کاشت و همزمان با پر شدن دانهٔ سویا بود. در هر دو چین، هنگامی که ۱۰ درصد بوته‌ها وارد مرحلهٔ گلدهی شدند برداشت انجام گرفت. به‌منظور حفظ قابلیت رشد مجدد در ریحان، برداشت اول از ۸ تا ۱۰ سانتی‌متری بالای خاک انجام گرفت [۱۴]. پس از توزین وزن تر در مزرعه، نمونه‌ها در فضایی به دور از نور آفتاب و در دمای اتاق روی کیسه‌های پلاستیکی پهن شد و پس از خشک شدن، برگ‌ها از ساقه‌ها تفکیک شده و با استفاده از ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین شد. برای تعیین عملکرد بذر گاوزبان اروپایی، در طول فصل رشد بذور قبل از رسیدگی کامل و ریزش برداشت شد. برداشت از مساحت یک متر مربع از چهار ردیف میانی هر کرت انجام گرفت. یک هفته قبل از برداشت سویا، اجزای عملکرد سویا اندازه‌گیری شد. در این خصوص صفاتی چون تعداد

گره در ساقه، تعداد غلاف در گره، تعداد دانه در غلاف و ارتفاع اولین غلاف مربوط به پنج بوته در هر کرت اندازه‌گیری شد. برداشت سویا در مرحلهٔ رسیدگی نهایی از چهار ردیف میانی هر کرت صورت گرفت. به‌منظور حذف تأثیرات حاشیه‌ای در چهار ردیف میانی، از نیم متر ابتدا و انتهای هر ردیف نیز چشم‌پوشی شد و عملکرد دانه در متر مربع، تعداد دانه در متر مربع، وزن یکصد دانه و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه (اقتصادی) بر عملکرد بیولوژیک سویا محاسبه شد.

به‌منظور ارزیابی سودمندی کشت مخلوط، با توجه به زمان حضور مختلف اجزای مخلوط، از نسبت معادل سطح-زمان[1] استفاده شد. این نسبت از طریق رابطهٔ ۱ محاسبه شد [۲۷،۴۸].

(۱)

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

در این رابطه، ts و tp، به‌ترتیب بیانگر مدت زمان حضور گیاه سویا (۱۳۸ روز) و مدت زمان حضور گیاه ریحان (۱۱۶ روز) یا گاوزبان اروپایی (۱۲۳ روز) در کشت مخلوط، و T ، نشان‌دهندهٔ طول حضور سیستم کشت مخلوط است.

در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش به‌روش تجزیهٔ واریانس آنالیز شد و مقایسهٔ میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنادار[2] در سطح ۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.2) انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل[3] استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. عملکرد و اجزای عملکرد سویا

ارتفاع اولین غلاف، تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف و دانه در بوته و تعداد دانه در متر مربع تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند. این در حالی بود که اختلافی میان تیمارهای آزمایش به‌لحاظ وزن صددانه مشاهده نشد (جدول ۱). در کشت مخلوط ذرت و سویا نیز عدم اختلاف معنادار تیمارهای کشت مخلوط به‌لحاظ وزن صددانهٔ سویا گزارش شده است [۴۱]. بالاترین غلاف سویا نسبت به سطح زمین با میانگین ۲۵/۳۳ سانتی‌متر در نسبت ۷۵ درصدی سویا با ۲۵ درصد گاوزبان مشاهده شد که اختلاف معناداری با ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین در کشت خالص نداشت. در دیگر نسبت‌ها با کاهش تعداد بوته‌های سویا در کشت مخلوط از ارتفاع اولین غلاف کاسته شد (جدول ۱). همچنین در مطالعه‌ای دیگر دیده شد که در کشت مخلوط ارقام سویا، بالاترین ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین سویا مربوط به‌نسبت مخلوط ۷۵ درصد سویا هارکور: ۲۵ درصد سویا بناس بود و نزدیک‌ترین غلاف به سطح زمین در میان تیمارهای آزمایشی، در کشت خالص هارکور مشاهده شد [۳۱].

بیشترین تعداد گره در ساقه مربوط به نسبت ۷۵: ۲۵ سویا:ریحان بود که با تیمارهای ۵۰:۵۰ سویا:ریحان، ۷۵: ۲۵ سویا:گاوزبان اروپایی و ۵۰:۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی در یک سطح آماری قرار داشت. کمترین تعداد گره در ساقه، مربوط به کشت خالص سویا بود که با تیمارهای ۲۵: ۷۵ سویا:ریحان و گاوزبان اروپایی اختلاف معناداری نداشت (جدول ۱). در نسبت ۵۰:۵۰ سویا:ریحان بیشترین تعداد غلاف در بوته مشاهده شد. تعداد غلاف در بوته در این نسبت با تیمارهای ۲۵: ۷۵ سویا:ریحان و ۷۵: ۲۵ سویا:گاوزبان اروپایی در یک سطح آماری قرار داشت (جدول ۱).

1. Area-time equivalent ratio (ATER)
2. Least significant difference (LSD)
3. Excel

جدول ۱. تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی بر اجزای عملکرد سویا

تیمارهای آزمایش	ارتفاع اولین غلاف (سانتی‌متر)	تعداد گره در ساقه	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در متر مربع	وزن صددانه (گرم)
کشت خالص سویا	۲۳/۳۳a$^{\Psi\Psi}$	۱۶/۶۷b	۳۰c	۷۱/۳۳b	۱۹۸۷a	۱۳/۱۲a
۷۵٪سویا: ۲۵٪ ریحان	۱۴/۶۷c	۲۱/۶۷a	۳۲/۶۷bc	۷۷/۳۳b	۱۸۰۵/۷ab	۱۴/۸۸a
۵۰٪سویا: ۵۰٪ ریحان	۱۴/۳۳c	۱۹/۳۳ab	۴۲a	۹۸/۶۷a	۱۵۲۰/۳c	۱۴/۵۹a
۲۵٪سویا: ۷۵٪ ریحان	۹d	۱۸/۳۳b	۴۰a	۹۵/۳۳a	۷۲۲d	۱۵/۱۲a
۷۵٪ سویا: ۲۵٪گاوزبان اروپایی	۲۵/۳۳a	۲۱/۳۳a	۳۸/۳۳ab	۷۲b	۱۷۱۲bc	۱۴/۰۵a
۵۰٪ سویا: ۵۰٪گاوزبان اروپایی	۲۰/۳۳b	۱۹/۳۳ab	۳۱/۶۷c	۷۰/۶۷b	۱۵۴۹c	۱۲/۶۸a
۲۵٪سویا: ۷۵٪ گاوزبان اروپایی	۱۴/۶۷c	۱۶/۶۷b	۲۸/۳۳c	۶۱/۳۳c	۵۶۲d	۱۳/۵۱a
حداقل اختلاف معنادار (۵٪)	۲/۵۴	۲/۸۹	۶/۶۶	۹/۱۹	۲۳۶/۰۹	۱/۸۲
سطح معناداری$^{\Psi}$	***	*	**	***	***	n.s.
ضریب تغییرات (٪)	۸/۲۲	۸/۵۳	۱۰/۷۹	۶/۶۱	۹/۴۲	۷/۳۲

$^{\Psi}$ #، ## و ###، به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ معناداری در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ درصد. n.s. نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنادار.

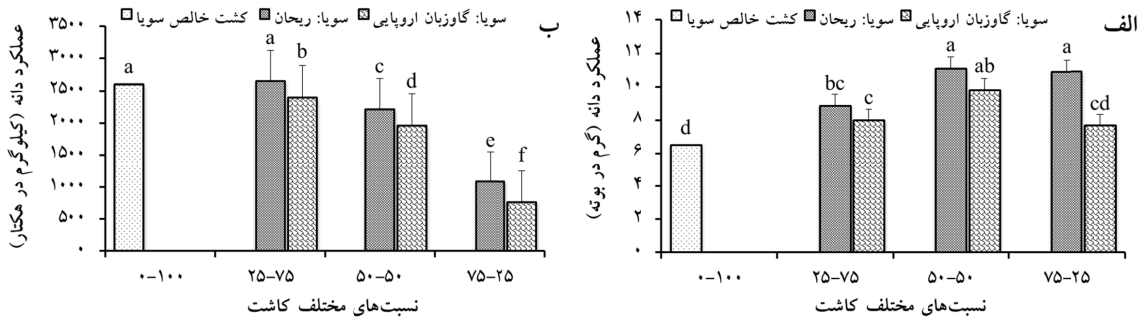
$^{\Psi\Psi}$ در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد و براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنادار هستند.

به‌علت ایجاد کانوپی موجی در نسبت ۵۰:۵۰ سویا: ریحان و نفوذ بیشتر نور تعداد غلاف بیشتری در این نسبت تشکیل شده است [۲۳]. علاوه بر این، برداشت چین اول ریحان و به‌وجود آمدن فرصت مناسب برای سویا به‌منظور بهره‌گیری بیشتر از نور نیز ممکن است دلیلی بر این نتیجه باشد. کشت خالص سویا و نسبت‌های ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان اروپایی کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (جدول ۱).

بیشترین تعداد گره در ساقه مربوط به نسبت ۷۵: ۲۵ سویا:ریحان بود که با تیمارهای ۵۰:۵۰ سویا:ریحان، ۷۵: ۲۵ سویا:گاوزبان اروپایی و ۵۰:۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی در یک سطح آماری قرار داشت. کمترین تعداد گره در ساقه، مربوط به کشت خالص سویا بود که با تیمارهای ۲۵: ۷۵ سویا:ریحان و گاوزبان اروپایی اختلاف معناداری نداشت (جدول ۱). در نسبت ۵۰:۵۰ سویا:ریحان بیشترین تعداد غلاف در بوته مشاهده شد. تعداد غلاف در بوته در این نسبت با تیمارهای ۲۵: ۷۵ سویا:ریحان و ۷۵: ۲۵ سویا:گاوزبان اروپایی در یک سطح آماری قرار داشت (جدول ۱). به‌علت ایجاد کانوپی موجی در نسبت ۵۰:۵۰ سویا: ریحان و نفوذ بیشتر نور تعداد غلاف بیشتری در این نسبت تشکیل شده است [۲۳]. علاوه بر این، برداشت چین اول ریحان و به‌وجود آمدن فرصت مناسب برای سویا به‌منظور بهره‌گیری بیشتر از نور نیز ممکن است دلیلی بر این نتیجه باشد. کشت خالص سویا و نسبت‌های ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ سویا: گاوزبان اروپایی کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (جدول ۱). به‌طور کلی سویا با افزایش سایه‌اندازی گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط و افزایش رقابت درون‌گونه‌ای در کشت خالص مقدار بیشتری از انرژی خود را صرف رشد رویشی کرده و در نتیجه انرژی کمتری برای تشکیل و رشد غلاف‌ها باقی مانده است [۷]. کاهش تعداد غلاف سویا در کشت مخلوط با لوبیای سودانی [۳۴] و ذرت [۴۶، ۵۲] و نخود در کشت مخلوط با کنجد [۲] نیز گزارش شده است.

بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به تیمار ۵۰:۵۰ سویا: ریحان بود که به‌لحاظ آماری اختلافی با نسبت ۲۵: ۷۵ سویا:ریحان نداشت. کمترین تعداد دانه در بوته مربوط به‌نسبت ۲۵: ۷۵ سویا:گاوزبان اروپایی بود (جدول ۱). در آزمایش دیگری نیز اظهار شده است که با افزایش تراکم و سایه‌اندازی بوته‌ها بر یکدیگر از تعداد شاخه در بوته کاسته می‌شود و عملکرد دانه در بوته کاهش می‌یابد [۱۹]. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با کاهش سهم سویا در کشت مخلوط با ریحان و نظر به برداشت چین اول ریحان و بنابراین دریافت تشعشع بیشتر توسط سویا، تعداد دانه در بوتهٔ سویا در این تیمارها نیز افزایش داشته است. با توجه به رابطهٔ مستقیم تعداد دانه در متر مربع با تراکم، با کاهش سهم سویا تعداد دانه در کشت مخلوط کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در متر مربع در کشت خالص و کمترین آن در تیمارهای ۲۵ :۷۵ ریحان:گاوزبان اروپایی مشاهده شد (جدول ۱).

عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت سویا تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (داده‌ها نشان داده نشده است). بررسی عملکرد دانه در بوته نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در بوته (۱۱/۰۸ گرم بر گیاه) از تیمار ۵۰:۵۰ سویا: ریحان به‌دست آمد که اختلافی با عملکرد دانهٔ تیمارهای ۲۵: ۷۵ سویا:ریحان (۱۰/۸۸ گرم بر گیاه) و ۵۰ :۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی (۹/۸۱ گرم بر گیاه) نداشت. با توجه به افزایش تعداد دانه در بوته در این نسبت‌ها، افزایش عملکرد بوته نیز دور از انتظار نبود. افزایش عملکرد لوبیای چشم‌بلبلی و ذرت نیز در نسبت ۵۰:۵۰ این گیاهان گزارش شده است [۴]. دلیل احتمالی این افزایش عملکرد در کشت مخلوط نسبت به خالص، کاهش رقابت بین‌گونه‌ای اجزای مخلوط است [۱۷]. در مقابل کمترین عملکرد دانه در بوتهٔ سویا (۶/۵۲ گرم بر گیاه) در کشت خالص این گیاه مشاهده شد (شکل ۱-الف).

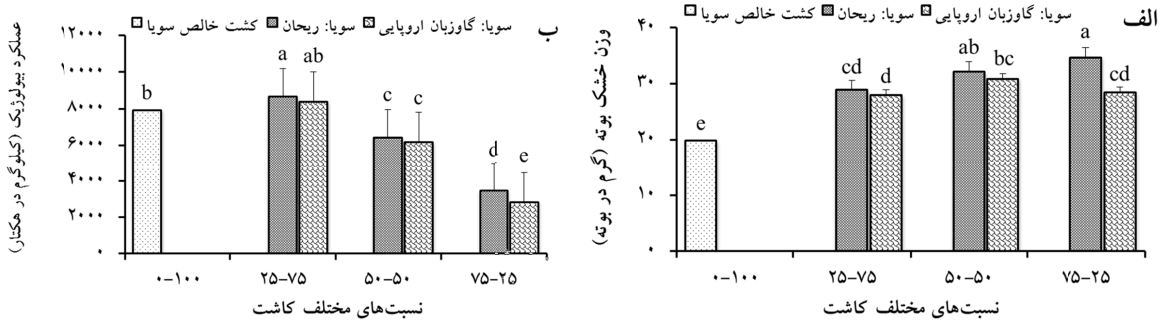


شکل ۱. تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی بر عملکرد بذر سویا در بوته (الف) در واحد سطح (ب). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد و براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنادار هستند.

بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح مربوط به‌نسبت ۷۵: ۲۵ سویا:ریحان بود (۲۶۵۶ کیلوگرم بر هکتار) که با عملکرد تیمار کشت خالص (۲۶۰۶/۶۷ کیلوگرم بر هکتار) اختلاف معناداری نداشت (شکل ۱-ب). در کشت مخلوط ارزن و لوبیای چشم‌بلبلی بیشترین عملکرد هر یک از گیاهان در کشت خالص آنها گزارش شد که در خصوص لوبیای چشم‌بلبلی افزایش سهم ارزن سبب کاهش معنادار عملکرد این گیاه شده است، این در حالی است که در خصوص عملکرد ارزن تفاوت معناداری بین نسبت‌های ۷۵ و ۵۰ درصدی ارزن با کشت خالص آن مشاهده نشده است. دلیل عملکرد یکسان کشت مخلوط و خالص در استفادهٔ کارامد ارزن از منابع در کشت مخلوط بیان شده است [۶]. کاهش عملکرد دانهٔ ماشک در کشت مخلوط با جو نیز گزارش شده است [۴۲]. در کشت مخلوط ماش و سیاهدانه نیز کاهش عملکرد هر یک از گیاهان همراه با افزایش سهم گیاه دیگر گزارش شده است [۸]. در کشت مخلوط جایگزینی ذرت با خلر نیز بر افزایش عملکرد ذرت در همهٔ نسبت‌های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص اشاره شده است [۲۴]. در تیمارهای دیگر، همزمان با کاهش سهم سویا در مخلوط و کاهش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد سویا نیز کاهش یافت (شکل ۱-ب). کاهش عملکرد سویا در کشت مخلوط با ذرت [۳۷ ، ۴۱]، و کاهش عملکرد لوبیا در کشت مخلوط با ذرت [۲۱] در مقایسه با تک‌کشتی نیز گزارش شده است.

بیشترین وزن خشک بوته (۳۴/۷۴ گرم بر بوته) مربوط به‌نسبت ۲۵: ۷۵ سویا:ریحان بود که با نسبت ۵۰:۵۰ سویا: ریحان در یک سطح آماری قرار داشت. کمترین وزن خشک گیاه (۱۹/۸۵ گرم بر بوته) مربوط به کشت خالص سویا بود (شکل ۲-الف). هنگامی که کارایی زیاد در استفاده از منابع توسط اجزای کشت مخلوط اتفاق بیفتد، سودمندی و افزایش عملکرد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص حاصل می‌شود [۳۶]. در مطالعهٔ کشت مخلوط ذرت و تاج‌خروس نیز افزایش عملکرد علوفهٔ ذرت در نسبت ۷۵: ۲۵ ذرت:تاج‌خروس در مقایسه با کشت خالص ذرت گزارش شده است [۲۹].

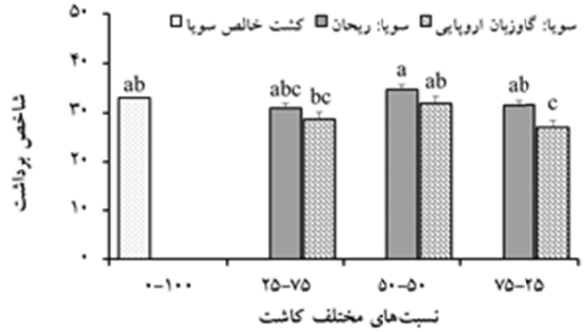
بیشترین عملکرد بیولوژیک سویا در واحد سطح در نسبت ۷۵: ۲۵ سویا:ریحان به‌دست آمد که اختلاف معناداری با همین نسبت در کشت مخلوط با گاوزبان نداشت (شکل ۲-ب). در دیگر نسبت‌ها، با افزایش سهم ریحان و گاوزبان اروپایی و کاهش تعداد بوتهٔ سویا در واحد سطح از عملکرد بیولوژیک سویا کاسته شد (شکل ۲-ب). کاهش عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط با یونجه در مقایسه با کشت خالص گزارش شده است [۵۴].



شکل ۲. تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی بر وزن خشک بوته (الف) عملکرد بیولوژیک (ب) سویا. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد و براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنادار هستند.

به‌طور کلی سویا در کشت مخلوط با ریحان در مقایسه با گاوزبان اروپایی از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بهتری برخوردار بود (شکل‌های ۱ و ۲)، که ممکن است به‌دلیل خالی شدن ردیف‌های ریحان در اثر برداشت اول و کاهش رقابت [۱۴] در مرحلهٔ گلدهی سویا بوده باشد. این درحالی بود که گاوزبان اروپایی در تمام فصل رشد در کنار سویا حضور داشت. بنابراین حضور ریحان و برداشت آن با ایجاد فاصله‌ای تا رویش مجدد از بار رقابتی سویا کاسته است. از سوی دیگر حجیم‌تر بودن بوته‌های گاوزبان اروپایی در مقایسه با ریحان و ایجاد محدودیت در رشد سویا نیز ممکن است از دلایل تفاوت عملکرد بیولوژیک و دانهٔ سویا در حضور هر یک از گیاهان باشد. بنابراین هر یک از گیاهان که سبب ایجاد فضای بیشتر در کانوپی شده است، شرایط را به‌نفع سویا تغییر داده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد سویا در حضور ریحان با برتری در رقابت بین‌گونه‌ای و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای از نور استفادهٔ مطلوب‌تری داشته و عملکرد اقتصادی خود را افزایش داده است [۸]. در مجموع، کاهش عملکرد در واحد سطح در تیمارهای مخلوط در مقایسه با کشت خالص به‌دلیل تراکم کمتر امری بدیهی است [۹].

بیشترین شاخص برداشت سویا (۳۴/۵۲ درصد) از نسبت ۵۰:۵۰ سویا:ریحان به‌دست آمد که به‌جز نسبت‌های ۷۵: ۲۵ سویا:گاوزبان اروپایی و ۲۵: ۷۵ سویا:گاوزبان اروپایی با دیگر تیمارهای آزمایشی اختلاف معناداری نداشت (شکل ۳). بیشتر بودن شاخص برداشت نشان‌دهندهٔ این است که تخصیص مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به دیگر مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است [۲۲،۲۵].



شکل ۳. تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی بر شاخص برداشت سویا.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد و براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنادار هستند.

به‌طور کلی سویا در کشت مخلوط با ریحان، سرمایه‌گذاری برای تولید بذر را در مقایسه با کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی افزایش داده بود (شکل ۳). استفادهٔ کارامدتر سویا از نور در حضور ریحان از طریق کاهش نور می‌تواند دلیل افزایش شاخص برداشت سویا در کنار ریحان در مقایسه با گاوزبان اروپایی باشد. در کشت مخلوط لوبیا و ریحان تفاوت معناداری بین تیمارها به‌لحاظ شاخص برداشت لوبیا مشاهده نشده است، اما بیشترین شاخص برداشت لوبیا در کشت یک‌درمیان لوبیا و ریحان اندازه‌گیری شده است [۱۴]. در کشت مخلوط ذرت و خیار، کاهش شاخص برداشت ذرت همزمان با افزایش سهم خیار در مخلوط گزارش شده است [۱۶]. در کشت مخلوط ذرت با سویا و لوپن نیز، کاهش شاخص برداشت لوپن و افزایش شاخص برداشت سویا تحت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گزارش شده است [۳۲].

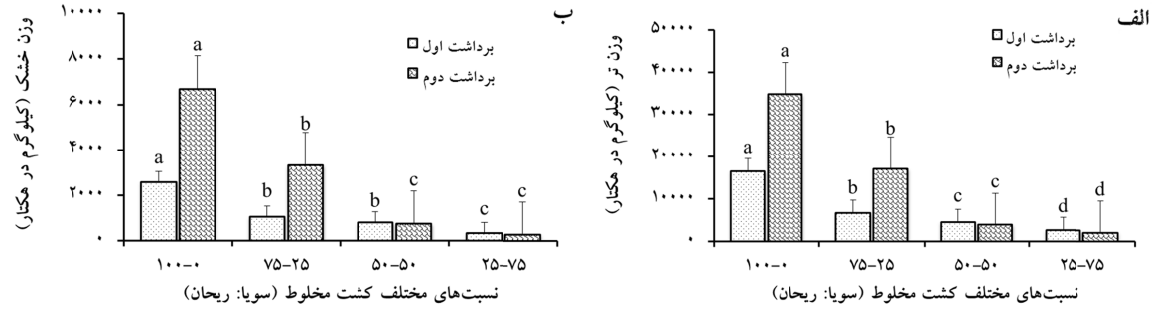
۲.۳. عملکرد رویشی ریحان

وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک ساقه و برگ ریحان در چین‌های اول و دوم تحت تأثیر معنادار تیمارهای آزمایش قرار گرفت (داده‌ها نشان داده نشده است). بیشترین عملکرد رویشی تر و خشک ریحان در هر دو چین مربوط به کشت خالص این گیاه بود و با کاهش سهم ریحان در کشت مخلوط از عملکرد این گیاه کاسته شد (شکل ۴). کاهش ۵۳/۴ درصدی عملکرد نعناع صحرایی[1] در کشت مخلوط با شمعدانی معطر[2] در مقایسه با کشت خالص گزارش شده است [۴۷]. رقابت بین‌گونه‌ای برای نور و نیتروژن در طول دورهٔ رشد رویشی دلیل اصلی کاهش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است [۵۰]. عملکرد کل تر و خشک چین دوم در کشت خالص و نسبت ۲۵ درصدی سویا با ریحان بیشتر از چین اول بود. به‌طوری که عملکرد تر حاصل از چین دوم در کشت خالص ۵۲/۴۷ درصد و در نسبت ۲۵: ۷۵ سویا:ریحان، ۶۱/۳۴ درصد در مقایسه با چین اول افزایش داشت (شکل ۴-الف). این افزایش در خصوص عملکرد رویشی مادهٔ خشک گیاه در کشت خالص و نسبت ۷۵:۲۵ سویا:ریحان به‌ترتیب ۶۱/۵۳ و ۶۸/۹ درصد بود (شکل ۴-ب). در دیگر نسبت‌ها، عملکرد دورهٔ رویش دوم نسبت به مرحلهٔ اول رشدی کاهش یافت که البته این اختلاف معنادار نبود (شکل ۴). احتمالاً عدم سایه‌اندازی سویا و کاهش رقابت بین‌گونه‌ای در کشت خالص و نسبت ۷۵ درصدی ریحان در مقایسه با دو نسبت دیگر سبب شده است که ریحان فضای باز بیشتری در اختیار داشته و با استفادهٔ مطلوب‌تر از نور، رشد بیشتری داشته باشد. از سوی دیگر در مرحلهٔ رویشی اول گیاه ریحان مقداری از انرژی خود را برای استقرار صرف کرد، درحالی‌که در بازرویش پس از برداشت اول، ریحان بخشی از مسیر رشدی را قبلاً پیموده بود و بنابراین سریع‌تر استقرار یافت و مادهٔ گیاهی بیشتری تولید کرد.

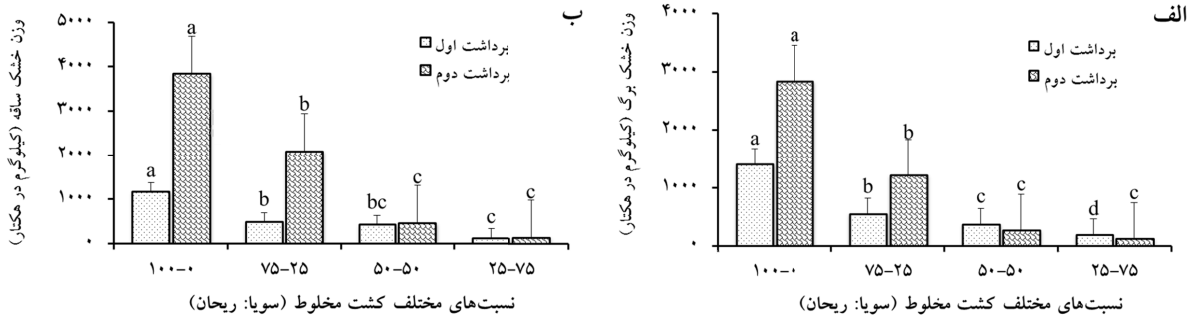
بیشترین وزن خشک برگ و ساقهٔ ریحان نیز مربوط به کشت خالص ریحان بود و با افزایش سهم سویا در کشت مخلوط به‌صورت معناداری از مقدار آن کاسته شد (شکل ۵). در کشت مخلوط مرزه و شبدر ایرانی نیز کاهش درصد ساقهٔ مرزه در مقایسه با کشت خالص گزارش شده است [۵]. آنها دلیل کاهش درصد ساقه در کشت مخلوط را سایه‌اندازی شبدر روی مرزه و کاهش جذب نور و محدودیت رشد ساقه‌های مرزه دانسته‌اند. بر خلاف این نتایج، در کشت مخلوط سویا و نعناع اذعان شده است که وزن خشک برگ و ساقهٔ نعناع در کشت مخلوط با سویا در مقایسه با کشت خالص افزایش داشته است [۴۰]. در دورهٔ رویشی دوم، اختلاف معناداری از نظر وزن خشک

1. *Mentha arvensis* L.f. piperascens Malinv. ex Holmes
2. *Pelargonium* sp.

برگ بین نسبت ۵۰:۵۰ با ۲۵:۷۵ سویا:ریحان مشاهده نشد (شکل ۵-الف). با این حال وزن خشک برگ در کشت خالص و نسبت ۷۵:۲۵ سویا:ریحان در چین دوم بیشتر از چین اول بود. در دو نسبت دیگر، وزن چین دوم در مقایسه با چین اول کاهش یافت (شکل ۵-الف). از نظر وزن خشک ساقه، در هر دو چین رویشی بین دو نسبت ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سویا:ریحان اختلاف معناداری مشهود نبود. وزن خشک ساقه در چین دوم در همهٔ نسبت‌ها بر چین اول برتری داشت (شکل ۵-ب).



شکل ۴. تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ریحان با سویا بر وزن تر اندام هوایی (الف) و وزن خشک اندام هوایی (ب) ریحان. در هر چین، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد و براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنادار هستند.



شکل ۵. تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ریحان با سویا بر وزن خشک برگ (الف) و وزن خشک ساقه (ب) ریحان. در هر چین، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد و براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنادار هستند.

مجموع وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن خشک ساقه و برگ ریحان حاصل از دو چین رویشی ریحان در کشت خالص بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط بود و با کاهش تعداد ردیف ریحان در مخلوط از مقدار آن کاسته شد (جدول ۲). در کشت مخلوط گوجه‌فرنگی و لوبیا سبز نیز کاهش عملکرد بوتهٔ گوجه فرنگی در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گزارش شده است [۲۶].

جدول ۲. تأثیر تیمارهای آزمایش بر مجموع عملکرد اندام‌های مختلف ریحان

تیمارهای آزمایش	مجموع عملکرد دو چین (کیلوگرم در هکتار)			
	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل
کشت خالص ریحان	۵۱۲۸۶/۵a^{ΨΨ}	۴۲۴۶/۱a	۴۹۹۳/۱a	۹۲۳۹/۲a
۷۵٪ سویا: ۲۵٪ریحان	۴۵۵۹/۳d	۳۱۸/۶d	۲۴۰/۵c	۵۵۹/۱d
۵۰٪ سویا: ۵۰٪ریحان	۸۳۰۲/۱c	۶۳۷c	۸۷۱c	۱۵۰۸/۱c
۲۵٪سویا: ۷۵٪ریحان	۲۳۶۵۸/۸b	۱۷۶۷/۳b	۲۵۵۷/۷b	۴۳۲۵b
حداقل اختلاف معنادار (۵٪)	۷۳۹/۸۷	۲۸۴/۸۹	۶۹۵/۰۳	۶۶۵
سطح معناداری^{Ψ}	***	***	***	***
ضریب تغییرات (٪)	۱/۶۹	۸/۵۲	۱۶/۰۶	۸/۱۸

Ψ *** نشان‌دهندهٔ معناداری در سطح ۰/۰۰۱ درصد.

ΨΨ میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد و براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنادار هستند.

جدول ۳. تأثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد اندام‌های مختلف تک‌بوتهٔ ریحان در چین‌های اول و دوم

تیمارهای آزمایش	چین اول				چین دوم			
	وزن اندام هوایی تک‌بوته (گرم بر گیاه)				وزن اندام هوایی تک‌بوته (گرم بر گیاه)			
	مادهٔ تر کل	خشک برگ	خشک ساقه	خشک کل	مادهٔ تر کل	خشک برگ	خشک ساقه	خشک کل
کشت خالص ریحان	۴۱/۳۱a^{ΨΨ}	۳/۵۲a	۲/۸۹a	۶/۴۲a	۸۶/۹۱a	۷/۰۹a	۹/۵۹a	۱۶/۶۸a
۷۵٪ سویا: ۲۵٪ریحان	۲۵/۳۶b	۱/۹۳b	۱/۱۲b	۳/۰۵b	۲۰/۲۳c	۱/۲۵c	۱/۲۸c	۲/۵۳c
۵۰٪ سویا: ۵۰٪ریحان	۲۲/۴۲b	۱/۸۵b	۲/۰۸ab	۳/۹۳b	۱۹/۰۹c	۱/۳۴c	۲/۲۷c	۳/۶۱c
۲۵٪سویا: ۷۵٪ریحان	۲۱/۹۹b	۱/۸۴b	۱/۵۸b	۳/۴۲b	۵۶/۸۷b	۴/۰۵b	۶/۹۵b	۱۰/۹۹b
حداقل اختلاف معنادار (۵٪)	۴/۳۹	۰/۴	۱/۹۸	۰/۹	۴/۰۱	۰/۷۵	۲/۶۱	۲/۵۶
سطح معناداری^{Ψ}	***	***	*	**	***	***	**	***
ضریب تغییرات (٪)	۷/۹۱	۸/۷۳	۳۱/۲۴	۱۰/۷	۴/۳۹	۱۱/۰۲	۲۶/۰۲	۱۵/۱۵

Ψ *، ** و ***، به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ معناداری در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ درصد.

ΨΨ میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد و براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنادار هستند.

جدول ۴. تأثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد و اجزای عملکرد بذر گاوزبان اروپایی

تیمارهای آزمایش	عملکرد بذر (کیلوگرم بر هکتار)	تعداد بذر در متر مربع	وزن صددانه (گرم)	عملکرد بذر بوته (گرم بر بوته)	تعداد بذر در بوته
کشت خالص گاوزبان اروپایی	۴۰/۶۳۳a$^{\Psi\Psi}$	۳۳۵a	۱/۸۱۸a	۰/۶۷۷a	۳۹/۳۳a
۷۵٪سویا: ۲۵٪گاوزبان اروپایی	۸/۵۷۸۳d	۴۸c	۱/۸۵۹a	۰/۵۷۱a	۳۲a
۵۰٪سویا: ۵۰٪گاوزبان اروپایی	۱۷/۷۲۳c	۴۵/۳۳c	۱/۵۵۸a	۰/۵۹۱a	۱۵/۳۳b
۲۵٪سویا: ۷۵٪گاوزبان اروپایی	۲۸/۲۲۷b	۱۵۵b	۱/۸۳۹a	۰/۶۲۷a	۳۴/۳۳a
حداقل اختلاف معنادار (۵٪)	۴/۵۰۴	۲۷/۸۶	۰/۴۹۷	۰/۱۳۹	۱۱/۳
سطح معناداری$^{\Psi}$	***	***	n.s.	n.s.	**
ضریب تغییرات (٪)	۹/۴۸	۱۱/۵۴	۱۴/۰۷	۱۱/۳۲	۱۸/۷

$^{\Psi}$ ** و *** به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ معناداری در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ درصد. n.s. نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنادار.

$^{\Psi\Psi}$ میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد و براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنادار هستند.

بررسی وزن تر و خشک اندام هوایی تک‌بوتهٔ ریحان نیز بر تأثیر کاهشی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص اشاره داشت (جدول ۳). در بین تیمارهای مخلوط در چین اول، به‌لحاظ وزن تر و خشک کل و وزن خشک برگ و ساقهٔ تک‌بوتهٔ ریحان، اختلاف معناداری بین تیمارهای آزمایش مشاهده نشد. با این حال بیشترین وزن خشک ساقه و وزن خشک کل در بین تیمارهای مخلوط مربوط به نسبت ۵۰ :۵۰ سویا:ریحان بود (جدول ۳).

۳.۳. عملکرد بذر گاوزبان اروپایی

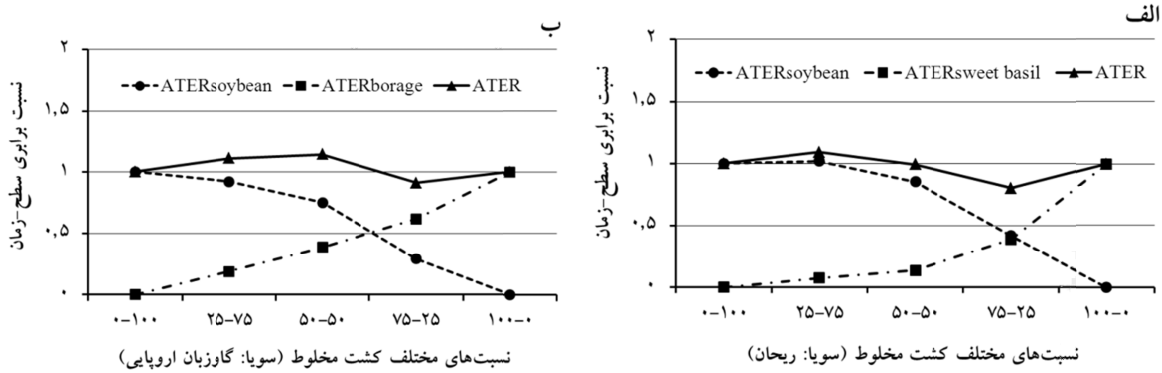
عملکرد بذر، تعداد بذر در متر مربع و تعداد بذر در بوتهٔ گاوزبان اروپایی متأثر از تیمارهای آزمایش بود (جدول ۴). عملکرد بذر در کشت خالص گاوزبان اروپایی از مقدار بیشتری برخوردار بود و با کاهش سهم گاوزبان اروپایی در مخلوط از مقدار آن کاسته شد (جدول ۴). کاهش عملکرد دانهٔ گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط با لوبیا در مقایسه با کشت خالص این گیاه نیز گزارش شده است [۲۰]. کاهش عملکرد بذر زیرهٔ سبز و شنبلیله در کشت مخلوط به‌دلیل تراکم بیشتر در کشت خالص این گیاهان در مقایسه با کشت مخلوط آنها نیز گزارش شده است [۹].

بیشترین تعداد بذر در متر مربع و تک‌بوته نیز مربوط به کشت خالص بود. البته از نظر تعداد بذر در بوته بین کشت خالص و تیمارهای ۲۵:۷۵ سویا:گاوزبان اروپایی و ۷۵:۲۵ سویا:گاوزبان اروپایی اختلاف معناداری مشاهده نشد (جدول ۴). تعداد بذر در متر مربع در تیمار ۲۵:۷۵ سویا:گاوزبان اروپایی در مقایسه با نسبت ۵۰ :۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی بیشتر بود، اما بین این دو نسبت اختلاف معناداری مشاهده نشد (جدول ۴).

۴.۳. نسبت معادل سطح-زمان[1]

عدد نسبت معادل سطح-زمان در نسبت‌های ۵۰:۵۰ سویا: گاوزبان اروپایی (۱/۱۴) و ۲۵:۷۵ سویا: ریحان (۱/۰۹) و گاوزبان اروپایی (۱/۱۱) بالاتر از یک بود (شکل ۶).

بالاترین عدد نسبت معادل سطح-زمان مربوط به‌نسبت ۵۰:۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی بود که با نسبت‌های ۲۵:۷۵ سویا:ریحان و گاوزبان اروپایی اختلاف معناداری نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است). افزایش ۱۴ درصدی سودمندی در کشت مخلوط ۵۰:۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی مؤید این است که برای رسیدن به سودمندی در تک‌کشتی سویا و گاوزبان اروپایی، ۱۴ درصد روز در هر هکتار بیشتر زمان نیاز است (۳۳).



شکل ۶. نسبت معادل سطح - زمان در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا با ریحان (الف) و سویا با گاوزبان اروپایی (ب)

1 Area-time equivalent ratio (ATER)

در مطالعهٔ سودمندی کشت مخلوط ذرت با ماش، لوبیای چشم‌بلبلی، سویا و بادام زمینی، نسبت معادل سطح-زمان در تیمارهای مخلوط ذرت با ماش و لوبیای چشم‌بلبلی بیشتر از یک و در تیمارهای مخلوط ذرت با سویا و بادام زمینی کمتر از یک گزارش شده است [۴۸].

۵.۳. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج آزمایش حاکی از آن بود که حضور ریحان و گاوزبان اروپایی سبب افزایش عملکرد تک‌بوتهٔ سویا در همهٔ نسبت‌های کشت مخلوط و افزایش عملکرد دانه در واحد سطح در تیمار ۷۵ :۲۵ سویا:ریحان در مقایسه با تک‌کشتی سویا شد. اما سویا در کشت مخلوط با ریحان عملکرد بیشتری داشت، که ممکن است به‌دلیل جثهٔ کوچک‌تر ریحان و فاصلهٔ بین دو برداشت ریحان باشد که سبب شده است سویا فضای بیشتری برای رشد و استفاده از منابع در اختیار داشته باشد. علاوه بر این، بررسی تغییرات اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر تیمارهای مخلوط، حاکی از بهبود این صفات در حضور گونه‌های دارویی بود. این در حالی بود که عملکرد رویشی ریحان و عملکرد دانهٔ گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص کاهش داشت. از سوی دیگر، بیشتر بودن عدد شاخص ATER از واحد در نسبت‌های ۷۵ : ۲۵ سویا:ریحان و گاوزبان اروپایی و ۵۰ :۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی نشان‌دهندهٔ سودمندی عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی و تأثیرپذیری مثبت گیاهان از یکدیگر است. با اینکه سویا در حضور ریحان در مقایسه با گاوزبان اروپایی عملکرد بیشتری داشت، در کشت مخلوط، برایند اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن معرف سودمندی یا ناسودمندی سیستم است، بنابراین نسبت ۵۰ :۵۰ سویا:گاوزبان اروپایی بر دیگر نسبت‌های کاشت و تیمارهای خالص رجحان داشت. با این حال تصمیم‌گیری در خصوص سودمندی کشت مخلوط مستلزم بررسی دیگر جوانب آن است.

منابع

۱. بهشتی س ع ، سلطانیان ب و صدرآبادی حقیقی ر (۱۳۸۹) بررسی اثر تراکم و نسبت‌های مختلف کشت بر عملکرد دانه و بیوماس در کشت مخلوط سورگوم دانه‌ای و لوبیا چیتی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۱): ۱۷۶-۱۶۷.

۲. پورامیر ف ، کوچکی ع نصیری محلاتی م و قربانی ر (۱۳۸۹) ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط سری‌های جایگزینی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۵): ۷۴۷-۷۵۷.

۳. توحیدی نژاد ع ، مظاهر د و کوچکی ع (۱۳۸۳) بررسی کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۴: ۳۹-۴۵.

٤. جمشیدی خ ، مظاهری د مجنون حسینی ن رحیمیان مشهدی ح. و پیغمبری س.ع (۱۳۹۰) بررسی تأثیر کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بر فرونشانی علف‌های هرز. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲(۲): ۲۴۱-۲۳۳.

۵. حسن زاده اول ف ، کوچکی ع خزاعی ح ر و نصیری محلاتی م (۱۳۸۹) اثر تراکم بر خصوصیات زراعی و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) در کشت مخلوط. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۶): ۹۲۰-۹۲۹.

٦. حسینی س م ب ، مظاهری د جهانسوز م ر و یزدی صمدی ب (۱۳۸۲) تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن علوفه‌ای و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۵۹: ۶۰-۶۷.

۷. حمزه‌ئی ج (۱۳۹۱) ارزیابی عملکرد، شاخص SPAD،

کارایی استفاده از زمین و شاخص بهره‌وری سیستم در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare*) و گاودانه (*Vicia ervilia*). تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۴): ۷۹-۹۱.

۸. رضوانی مقدم پ، رئوفی، م ر راشد محصل، م ح و مرادی ر (۱۳۸۸) بررسی ترکیب‌های مختلف کاشت و اثر کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط ماش (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی. ۱(۱): ۶۵-۷۹.

۹. رضوانی‌مقدم پ و مرادی ر (۱۳۹۱) بررسی تاریخ کاشت، کود بیولوژیک و کشت مخلوط بر عملکرد و کمیت اسانس زیره سبز و شنبلیله. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۳(۲): ۲۱۷-۲۳۰.

۱۰. زعفریان ف، آقاعلیخانی م رحیمیان مشهدی ح زند الف و رضوانی م (۱۳۸۸) مطالعه روند رشد و عملکرد کشت مخلوط ذرت و سویا در رقابت همزمان با دو علف هرز تاج خروس و تاتوره. دانش علف‌های هرز ایران. ۵: ۱۰۷-۱۲۵.

۱۱. شریفی ی، آقاعلیخانی م مدرس ثانوی ع م و سروش‌زاده ع (۱۳۸۵) تأثیر نسبت اختلاط و تراکم بوته بر تولید علوفه در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor*) با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*). علوم کشاورزی ایران. ۱-۳۷(۲): ۳۶۳-۳۷۰.

۱۲. شریفی م، سادات محتشمیان م ریاحی ح آقایی الف و علوی س م (۱۳۹۰) اثر قارچ اندومیکوریزایی *Glom us etunicatum* بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ریحان. گیاهان دارویی. ۱۰-۲(۳۸): ۸۵-۹۴.

۱۳. صالحی الف، قلاوند الف سفیدکن ف و اصغرزاده الف (۱۳۹۰) تأثیر کاربرد زئولیت، مایه تلقیح میکروبی و ورمی کمپوست بر غلظت عناصر N، K، P، میزان اسانس و عملکرد اسانس در کشت ارگانیک گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۲): ۱۸۸-۲۰۱.

۱۴. علی‌زاده ی، کوچکی ع و نصیری محلاتی م (۱۳۸۹) بررسی خصوصیات زراعی، عملکرد، اجزای عملکرد و پتانسیل کنترل علف‌هرز دو گیاه لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L.) و ریحان رویشی (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط کشت مخلوط. بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۳): ۳۸۳-۳۹۷.

۱۵. فرصتیان س الف، مجنون حسینی ن حسینی س م ب و محمدی و الف (۱۳۸۸) بررسی کشت مخلوط نواری سورگوم علوفه‌ای با لوبیا چشم بلبلی و سویا. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۰(۳): ۱۴۳-۱۵۰.

۱۶. قنبری الف، غدیری ح و جوکار م (۱۳۸۵) بررسی اثر کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و خیار (*Cucumis sativus* L.) بر کنترل علف‌های هرز. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۳: ۱۹۳-۱۹۹.

۱۷. قنبری الف، غدیری ح غفاری مقدم م و صفری م (۱۳۸۹) بررسی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و کدو (*Cucurbit asp.*) و اثر آن بر کنترل علف‌های هرز. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۱(۱): ۴۳-۵۵.

۱۸. کامکار ب و مهدوی دامغانی ع م (۱۳۸۷) مبانی کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۱۶ صفحه.

۱۹. کشیری ح، کشیری م زینلی الف و باقری م (۱۳۸۵) بررسی تأثیر فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد و

اجزای عملکرد دانه سه رقم سویا در کشت تابستانه. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳(۵)-۵۵: ۱۴۷-۱۵۶.

۲۰. کوچکی ع ر، شباهنگ ج خرم‌دل س و امین غفوری الف (۱۳۹۱) بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۱): ۱-۱۱.

۲۱. کوچکی ع، للهگانی ب و نجیب‌نیا س (۱۳۸۸) ارزیابی تولید در کشت مخلوط لوبیا و ذرت. پژوهش‌های زراعی ایران. ۷(۲): ۶۰۵-۶۱۴.

۲۲. میرهاشمی س م، کوچکی ع پارسا م و نصیری محلاتی م (۱۳۸۸) بررسی مزیت کشت مخلوط زنیان و شنبلیله در سطوح مختلف کود دامی و آرایش کاشت. پژوهشهای زراعی ایران. ۷(۱): ۲۵۹-۲۶۹.

۲۳. نامداری م، بهدانی م ع و عرب غ ح (۱۳۸۹) بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و عملکرد ارقام سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط. بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۲): ۳۱۳-۳۲۲.

۲٤. نصیری محلاتی م، کوچکی ع رضوانی مقدم پ و بهشتی ع (۱۳۸۶) اگرواکولوژی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ سوم. ۴۵۳ صفحه.

۲۵. نقی‌زاده م، رمرودی م گلوی م سیاه سر ب حیدی م و مقصودی مود ع ا (۱۳۹۱) تأثیر کاربرد انواع کود فسفری شیمیایی و زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و خلر در کشت مخلوط. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۳(۲): ۲۰۳-۲۱۵.

۲٦. هناره م، جدایی ع ر حسنی ق و انویه ل (۱۳۸۹) بررسی عملکرد و سودآوری گوجه‌فرنگی در کشت مخلوط با لوبیا سبز. زراعت (پژوهش و سازندگی). ۸۹: ۷۹-۸۶.

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

28. Agegnehu G, Ghizaw A and Sinebo W (2008) Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean m ixed intercropping. Agronomy Sustainable Development. 28: 257-263.

29. 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 & Environmental Science. 10(4): 675-683.

30. Baumann DT, Bastiaans L, Goudriaan J, Laar HH and Kropff MJ (2002) Analysing crop yield and plant quality in an intercropping system using an eco-physiological model for interplant competition. Agricultural Systems. 73: 173-203.

31. Biabani A, Hashem i M and Herbert SJ (2008) Agronomic performance of two intercropped soybean cultivars. International Journal of Plant Production 2(3): 215-221.

32. Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R.C. and Sm ith, D.L., 2000. Intercropping corn wi th soybean, lupin and forages: Yield component responses. European Journal of Agronomy 12: 103-115.

33. Egbe OM, Alibo SE and Nwueze I (2010) Evaluation of som e extra-early and early-maturing cowpea vari eties for i ntercropping with maize in southern Guinea Savanna of Nigeria. Agriculture and Biology Journal of North America. 1(5): 845-858.

34. Ghosh PK, Mohanty M, Bandyopadhyay KK, Painuli DK and M isra AK (2006) Growt h, competition, yield advantage and econom ics in soybean/pigeonpea intercropping system in semi-arid tropics of India, I. Effect of subsoiling. Field Crop Research. 96: 80-89.

35. Ghosh PK, Tri pathi AK, B andyopadhyay KK and Manna MC (2009) Assessment of nut rient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. European Journal of Agronomy. 31: 43-50.

36. Hauggaard-Nielsen H, Am bus P and Jensen ES (2001) Inter specific com petition, N use and interference with weeds in pea-barley intercroppping. Field Crop Research. 70: 101-109.

37. Hayder G, Suhail M umtaz S, Khan A and Khan S (2003) M aize and soy bean intercropping under various levels of soy bean seed rat es. Asian Journal of Plant Sciences. 2(3): 339-341.

38. Hongjiao C, Minsheng Y and Cui L (2010) Effects of intercropping systems on com munity composition and di versity of predat ory arthropods in vegetable fields. Acta Ecologica Sinica. 30: 190-195.

39. Li L, Sun J, Zhang F, Li X, Yang S and Rengel Z (2001) W heat/maize or wheat /soybean strip intercropping, I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. Field Crop Research. 71: 123-137.

40. Maffei M and Mucciarelli M (2003) Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crop Research. 84: 229-240.

41. Mbah EU, M uoneke CO and Okpara DA (2007) Effect of com pound fertilizer on the yield and productivity of soy bean and m aize in soybean/ maize intercrop in southeastern Nigeria. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 7:87-95.

42. Mohsenabadi GR, Jahansooz MR, Chaichi MR, Rahimian Mashhadi H, Li aghat AM and Savaghebi GR (2008) Eval uation of barley-vetch intercrop at different nitrogen rates. Journal of Agri cultural Science Technology (JAST). 10: 23-31.

43. 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.

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

45. Ofosu-Anim and Limbant NV (2007) Effect of intercropping on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench. International Journal of Agriculture & Biology. 9(4): 594-597.

46. Panhwar MA, Memon FH, Kal horo MA and Soomro MI (2004) Performance of m aize in intercropping system with soybean under different planting patterns and ni trogen levels. Journal of Applied Sciences. 4(2): 201-204.

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

48. Sherma AR and Behera UK (2009) Recycling of legume residues for ni trogen economy and higher productivity in maize (*Zea mays* L.) –

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

49. Sujatha S, Bhat R, Kannan C and Balasimha D (2011) Impact of intercropping of medicinal and aromatic plants with organic farmin approach on resource use efficiency in arecanut (*Areca catechu* L.) plantation in India. Industrial Crops and Products. 33: 78-83.

50. Thorsted MD, Olesen JE and W einer J (2006) Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. Field Crop Research. 95: 280-290.

51. Uddin RO and Odebiyi JA (2011) Influence of intercropping on the incidence, abundance and severity of pest damage on okra *Abelmoschus esculentus* (Linn.) Moench (Malvaceae) and chilli pepper *Capsicum frutescens* Linn. (Solanaceae). Journal of Agriculture Science. 3(3): 63-66.

52. Undie UL, Uwah DF and At toe EE (2012) Effect of intercropping and crop arrangement on yield and product ivity of late season maize/soybean mixtures in the hum id environmental of sout h southern Nigeria. Journal of Agricultural Science. 4(4): 37-50.

53. Whitehead M and Isaac ME (2012) Effects of shade on nitrogen and phosphorus acquisition in Cereal-Legume intercropping systems. Agriculture. 2: 12-24.

54. Zhang G, Yang Z and Dong S (2011) Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. Field Crop Research. 124: 66-73.