نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 280-263

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 263-280

ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

اسماعیل رضائی چیانه[1*]

تاریخ دریافت: 1394/03/17
تاریخ پذیرش: 1394/05/06

رضائی چیانه، ا. 1395. ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 280-263.

چکیده

به منظور ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و نسبت برابری زمین، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده در سال زراعی 93-1392 اجرا شد. الگوهای کاشت در هشت سطح شامل کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان) و کشت مخلوط نواری (یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان، چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان) و کشت خالص سه گونه بود. صفات مورد آزمایش شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد اسانس سیاهدانه، عملکرد ماده خشک و درصد اسانس ریحان در چین اول و دوم و عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا بود. نتایج نشان داد که عملکرد اقتصادی هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود. با افزایش عرض نوارها در تیمارهای کشت مخلوط عملکرد دانه سیاهدانه 30 درصد و عملکرد ماده خشک ریحان در چین اول 29 و در چین دوم 24 درصد نسبت به تیمار کشت خالص کاهش یافت، ولی نتایج در مورد گیاه لوبیا نشان داد که بین کشت خالص با کشت مخلوط چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان از نظر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. درصد اسانس سیاهدانه و ریحان در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از تیمار کشت خالص بود. بیشترین نسبت برابری زمین (1/93) از کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان به دست آمد که نشان‌دهنده افزایش سودمندی زراعی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. به نظر می‌رسد که این الگوی کشت می‌تواند در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به ویژه در بوم‌نظام‌های تولید گیاهان دارویی به طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، چندکشتی، عملکرد اقتصادی، کشاورزی پایدار، گیاهان دارویی

مقدمه

کشت گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های زراعی نقش مهمی را در ایجاد تنوع و پایداری در این سیستم‌ها ایفا می‌نماید. 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 (Koocheki et al., 2012). با توجه به احتمال بروز اثرات منفی ناشی از مصرف بی‌رویه سموم و کودهای شیمیایی روی کمیت و کیفیت ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی، بسیاری از شرکت‌های دارویی مواد خام حاصل از نظام‌های پایدار و ارگانیک را ترجیح می‌دهند (Griffe et al., 2003). بنابراین، بهره‌گیری از اصول اکولوژیکی مانند سیستم‌های چندکشتی به ویژه کاشت گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در تولید این گیاهان امری ضروری به نظر می‌رسد.

1- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی یک‌ساله متعلق به تیره آلاله[1] به ارتفاع 60 تا 70 سانتی‌متر، برگ‌ها به رنگ سبز خاکستری دارای بریدگی‌های نخی، گل‌ها به رنگ سفید تا آبی و میوه به صورت فولیکول می‌باشد که درون آن تعداد زیادی دانه سیاه و معطر قرار دارد. در دانه‌های سیاهدانه 40 درصد روغن و حدود 1/4 درصد اسانس وجود دارد (Majnoon Hosseini & Davazdahemami, 2007). ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی علفی یک‌ساله و معطر از تیره نعناع[2] می‌باشد که ارتفاع ساقه آن تا 60 سانتی‌متر می‌رسد. برگ-های آن به صورت متقابل بیضوی و نوک تیز با کناره‌های دندانه‌دار می‌باشد. گل‌های آن معطر و کوچک به رنگ‌های سفید، قرمز و گاهی بنفش مشاهده می‌شود. مقدار اسانس اندام رویشی ریحان بین 0/5 تا 1/5 درصد متغیر است (Omidbeigi, 2007).

سیستم‌های چندکشتی در بسیاری از نقاط دنیا به دلیل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند استفاده بهتر از منابع محیطی موجود، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش کمیت و کیفیت محصول، کنترل فرسایش خاک، افزایش کارایی انرژی، اثر مکملی آن‌ها در استفاده از نیتروژن خاک، کاهش میزان فراهمی منابع رشدی برای علف‌های هرز، کاهش جمعیت آفت و بیماری‌ها، بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات، افزایش تنوع و نیز برخی امتیازات دیگر کشت می‌شود (Aynehband, 2007; Willey, 1990; Vandermeer, 1989).

نتایج تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که در سیستم‌های چندکشتی شرایط کاشت به گونه‌ای است که به دلیل اختلاف ارتفاع گونه‌ها یک حالت موجی را در مزرعه به وجود آورده و امکان توزیع بهتر نور را فراهم می‌آورد که سبب افزایش راندمان مصرف نور، بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش عملکرد گیاهان در واحد سطح می‌شود (Koocheki et al., 2010a). از طرف دیگر حبوبات به عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین نیازهای غذایی بشر در بین گیاهان زراعی از جایگاه خاصی برخوردار بوده و این گیاهان به خاطر همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارند (Javanmard et al., 2013) و به همین علت در تناوب با سایر گیاهان زراعی کشت شده و یا در برنامه‌های کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرند (Franco et al., 2015).

محققان با بررسی نسبت‌های مختلف جایگزینی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) با دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) دریافتند که 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 (Bagheri Shirvan et al., 2014). رضایی چیانه و قلی نژاد (Rezaei-Chiyaneh & Gholinezhad, 2015). در کشت مخلوط افزایشی نخود و سیاهدانه گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نخود و سیاهدانه از کشت خالص به دست آمد، اما بالاترین درصد پروتئین دانه نخود و درصد اسانس سیاهدانه از نسبت کاشت 50% نخود +100% سیاهدانه حاصل شد. در بررسی اثر ترکیب های مختلف کشت مخلوط برخصوصیات کمی و کیفی زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) گزارش شد که الگوهای مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دو گونه داشتند و بیش‌ترین عملکرد اسانس زیره‌سبز و بالاترین نسبت برابری زمین[3] در نسبت کاشت 50:50 به دست آمد (Zarifpour et al., 2014). در بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود، ولی در تمامی تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بیش از یک بود که نشان‌دهنده برتری تیمارهای مخلوط نسبت به خالص است (Koocheki et al., 2014). رضوانی‌مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012) در کشت مخلوط زیره‌سبز و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و احمدوند و حاجی‌نیا (Ahmadvandand & Hajinia, 2015) در کشت مخلوط سویا و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. اله دادی و همکاران (Allahdadi et al., 2015) در بررسی رقابت و عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط سویا و همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) دریافتند که کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف همیشه‌بهار + یک ردیف سویا) و نواری چهار ردیف همیشه‌بهار + شش ردیف سویا از نظر عملکرد اقتصادی، نسبت برابری زمین نسبت به سایر الگوهای مختلف کشت‌های مخلوط برتری داشت.

1- Ranunculaceae
2- Labiatae
3- Land equivalent ratio

از آن‌جا که تولید گیاهان دارویی، تولید در شرایط حداقل مصرف نهاده‌های شیمیایی به منظور جلوگیری از اثرات سوء ناشی از آن‌ها بر سلامت انسان و نیز کاهش کیفیت این محصولات از اهمیت زیادی برخوردار است، کشت مخلوط گیاهان دارویی با سایر گیاهان می‌تواند از طریق کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و آفت‌کش‌ها در این راستا مؤثر باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط دو گیاه دارویی سیاهدانه و ریحان با لوبیا زراعی به منظور دستیابی به مناسب‌ترین ترکیب از نظر حصول حداکثر عملکرد و خصوصیات کیفی در شرایط آب و هوایی نقده بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با ˚45 و ´24 طول جغرافیایی و ˚38 و ´52 عرض جغرافیایی و ارتفاع 1318 متر از سطح آب‌های آزاد در سال زراعی 93-1392 اجرا شد. متوسط میانگین‌های دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر 12/40 درجه سانتی‌گراد و 323 میلی‌متر گزارش شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 1 آورده شده است.

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. الگوی کاشت در هشت سطح شامل کشت خالص لوبیا، کشت خالص سیاهدانه، کشت خالص ریحان، کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان) و کشت مخلوط نواری (یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان، چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان) بود.

بذر مورد استفاده سیاهدانه و ریحان از شرکت پاکان بذر اصفهان و بذر لوبیا رقم COS16 از ایستگاه تحقیقاتی خمین اراک تهیه شده بود. در هر سه گیاه مورد مطالعه فاصله بین ردیف‌های کاشت 40 سانتی‌متر و طول هر ردیف کاشت پنج متر بود. فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف‌های کاشت برای بذور لوبیا، سیاهدانه و ریحان به ترتیب 10، 7 و 15 سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014b; Gholinezhad & Rezaei-Chiyaneh, 2014). کاشت سیاهدانه در 10 فروردین ماه و کاشت لوبیا و ریحان به صورت همزمان در اواسط اردیبهشت ماه 1393 به صورت جوی و پشته انجام شد. بذور لوبیا قبل از کاشت با باکتری *Rhizobium phaseoli* آغشته گردید. جهت عمل تلقیح بذرها، ابتدا بذور لوبیا درون کیسه پلاستیکی قرار داده شدند و سپس به آن محلول شکر 20 درصد اضافه گردید. آن‌گاه محتویات کیسه پلاستیک پس از اضافه نمودن پودر باکتری به میزان 100 گرم در هکتار، بذر به خوبی تکان داده شد. سپس بذرها در سایه خشک شدند و بلافاصله پس از خشک شدن عملیات کاشت صورت گرفت.

به منظور تسهیل در سبز شدن گیاهان، اولین آبیاری بلافاصله در روز بعد از کاشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی بر حسب شرایط اقلیمی و عرف زراعی منطقه برای این گیاهان به طور متوسط هر هفت روز یک‌بار به صورت جوی و پشته صورت گرفت. علف‌های هرز در طول فصل رشد بنا به ضرورت از طریق وجین دستی کنترل شدند.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) $EC \times 10^3$ ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)
رس- سیلتی Silty- clay	7.5	0.34	0.11	1.27	14.1	467

کود گاوی پوسیده قبل از کاشت به میزان 20 تن در هکتار به طور یکنواخت در سطح کرت‌ها پخش و سپس در عمق 20-0 سانتی‌متری توسط رتیواتور با خاک مخلوط شد، اما به منظور بررسی آزمایش در شرایط کم‌نهاده و بیشتر نمود پیدا کردن تأثیر تثبیت نیتروژن گیاه لوبیا در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد از هیچ‌گونه کود و سم شیمیایی در تیمارها استفاده نشد.

برداشت سیاهدانه در اوایل مرداد ماه هنگامی که رنگ بوته‌ها متمایل به زرد شده، ولی هنوز فولیکول‌ها شکاف بر نداشته بودند و برداشت لوبیا در اواسط مرداد ماه زمانی که رنگ غلاف‌ها زرد شده بود، صورت گرفت. زیست‌توده ریحان در دو چین برداشت گردید. معیار برداشت هر دو چین وقوع مرحله 50 درصد گلدهی هر کرت بود. برداشت چین اول 16 تیر ماه و برداشت دوم 22 مرداد ماه بود.

در پایان فصل رشد، برداشت محصول برای محاسبه عملکرد اقتصادی هر سه گیاه لوبیا، سیاهدانه و ریحان از سطحی معادل 6/4 متر از هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای صورت پذیرفت. سپس نمونه‌های هر سه گیاه لوبیا، سیاهدانه و ریحان در دمای اتاق و تحت شرایط سایه خشک شدند و هنگامی که تغییرات وزن طی 24 ساعت مشاهده نگردید، اعداد حاصل از توزین به عنوان وزن خشک نمونه‌ها ثبت شد. در مورد لوبیا و سیاهدانه علاوه بر تعیین وزن خشک نمونه‌ها، بذور آن‌ها جدا و برای محاسبه عملکرد دانه وزن شدند.

استخراج اسانس سیاهدانه و ریحان به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد. بدین منظور، 30 گرم سرشاخه هوایی ریحان و 30 گرم بذر سیاهدانه از هر کرت وزن گردید و پس از آسیاب شدن مختصر در بالن‌های یک لیتری مجزا ریخته شدند و در حدود 300 میلی‌لیتر آب مقطر به نمونه‌ها اضافه گردید و سپس به مدت سه ساعت جوشانده شدند تا اسانس آن‌ها استخراج شود. پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس بر اساس عملکرد اقتصادی x درصد اسانس محاسبه شد (Clevenger, 1928).

ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از طریق نسبت برابری زمین طبق معادله (1) استفاده گردید (Vandermeer, 1989):

$$LER = \frac{Y_1}{B_1} + \frac{Y_2}{B_2} + \frac{Y3}{B3} \qquad (1)$$

در این معادله، Y_1، Y_2 و Y_3: به ترتیب عملکرد گونه‌های اول، دوم و سوم در مخلوط و B_1، B_2 و B_3: نیز عملکرد خالص گونه اول، دوم و سوم است.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excelاستفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مربوط به سیاهدانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد اسانس و عملکرد اسانس سیاهدانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (جدول 2).

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی سیاهدانه در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا و ریحان

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) on quantitative and qualitative traits of black cumin in different intercropping patterns with ban and basil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	6816.22^{ns}	83810^{ns}	0.004^{ns}	1.58^{ns}
تیمار Treatment	5	18966.49^{**}	433700^{**}	0.15^{**}	5.51^{**}
خطا Error	10	2269.39	56383.38	0.015	1.11
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.1	8.3	9	11.65

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: Non significant and significant at p≤0/01, respectively.

بیشترین میزان عملکرد دانه (80/60 گرم در مترمربع) از تیمار کشت خالص و کمترین مقدار عملکرد دانه (56/6 گرم در مترمربع) از الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به دست آمد (جدول 3). به تدریج با افزایش عرض نوارها و کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی سه گونه در کنار یکدیگر در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد دانه سیاهدانه به طور میانگین 29 درصد کاسته شد.

جدول 3- مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر صفات کمی و کیفی گیاه سیاهدانه

Table 3- Means comparison of effect of different intercropping patterns on quantitative and qualitative traits of black cumin

الگوی کشت Cropping pattern	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس (گرم در مترمربع) Essential oil yield ($g.m^{-2}$)
کشت خالص Monocropping	80.6^{a}*	356^{a}	1^{d}	0.8^{c}
یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 1 row bean+ 1 row basil	65.1^{bc}	272.3^{bc}	1.6^{a}	1.38^{a}
یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 2 rows bean+ 1 row basil	64.2^{bc}	289^{b}	1.55^{ab}	0.99^{ab}
دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان 2 Rows black cumin+ 4 rows bean+ 2 rows basil	68.7^{b}	304^{b}	1.43^{abc}	0.98^{ab}
سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان 3 Rows black cumin+ 6 rows bean+ 3 rows basil	70.3^{b}	308.3^{b}	1.33^{bc}	0.93^{ab}
چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان 4 Rows black cumin+ 8 rows bean+ 4 rows basil	56.6^{c}	243^{c}	1.2^{cd}	0.68^{c}

* میانگین‌های فاقد حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

* Means with different letters in each column are significantly different based on Duncan's at 5% probability level.

همچنین به نظر می‌رسد که بوته‌های سیاهدانه در آرایش یک ردیفی رقابت درون‌گونه‌ای بیشتری با یکدیگر و برون‌گونه‌ای بیشتری با بوته‌های لوبیا و ریحان داشتند که در نهایت، باعث کاهش 19 درصدی عملکرد دانه سیاهدانه به میزان شد، اما با توجه به تراکم بالاتر سیاهدانه در تیمار کشت خالص در واحد سطح عملکرد بالاتر آن در مقایسه با الگوهای کشت مخلوط طبیعی بود. بنابراین، موارد مذکور می‌تواند از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در کشت خالص نسبت به سایر الگوهای مختلف کشت مخلوط باشد (Koocheki et al., 2014).

محققان با بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره‌سبز و نخود مشاهده کردند که با جابجایی از کشت خالص به سمت مخلوط از عملکرد دانه زیره‌سبز کاسته شد. آن‌ها علت این کاهش عملکرد را در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به خالص به رقابت گیاهان در سیستم کشت مخلوط بر سر منابع محیطی ذکر کردند (Zarifpour et al., 2014). در تحقیقی دیگر، مشخص گردید که عملکرد کرچک (*Ricinus Communis* L.) در کشت مخلوط با دو گیاه لوبیا و ذرت (*Zea mays* L.) در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از مقدار کمتری برخوردار بود (Obiero et al., 2013). در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید (*Anethun graveolens* L.) مشخص شد که بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شوید به تیمار کشت خالص و کمترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به تیمار کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید اختصاص داشت (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014b).

مقایسه میانگین تیمارهای الگوهای مختلف کشت (جدول 3) بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک سیاهدانه به میزان 356 گرم در مترمربع به تیمار کشت خالص تعلق داشت، اما با اجرای کشت مخلوط و افزایش عرض نوارها عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری کاهش یافت و این کاهش در الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان بیشتر از سایر الگوهای مختلف کشت مخلوط بود. به طوری‌که با افزایش تعداد ردیف‌ها در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد بیولوژیک سیاهدانه به طور میانگین 32 درصد کاسته شد. نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که اگر اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط در نحوه استفاده از منابع محیطی متفاوت عمل کنند از این منابع به طور مؤثرتری استفاده خواهد شد و در نتیجه در چنین حالتی عملکرد افزایش می‌یابد (Koocheki et al., 2010a; Rezaei- Chiyaneh et al., 2014c). نتایج برخی از تحقیقات قبلی نشان داده است که در کشت مخلوط نواری تعداد ردیف اصلی‌ترین موضوع در افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد (Alizadeh et al., 2010). در تحقیق حاضر نیز با افزایش تعداد ردیف بر عملکرد سیاهدانه افزوده شد، اما در کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به دلیل افزایش فشار رقابت بین‌گونه‌ای از عملکرد سیاهدانه کاسته شد. محققان در بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا اظهار داشتند که گیاه سیاهدانه قدرت رقابت کمی با علف‌های هرز دارد و به همین علت پوشش مناسب سطح زمین توسط کانوپی مخلوط و در نتیجه عدم رشد علف‌های هرز از جمله عواملی است که می‌تواند در افزایش عملکرد سیاهدانه در این شرایط بسیار مؤثر باشد (Koocheki et al., 2014). محققان دیگری در کشت مخلوط زیره‌سبز و عدس (*Lens culinaris* L.) گزارش کردند که به تدریج با افزایش عرض نوارها و کاهش هم‌پوشانی در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک زیره‌سبز به طور میانگین 50 و 54 درصد کاسته شد، اما با کاهش عرض نوار (تعداد ردیف‌های عدس نسبت به زیره سبز) عملکرد دانه و بیولوژیک زیره‌سبز افزایش یافت. این محققان گزارش کردند که با کاهش تعداد ردیف در کشت مخلوط نواری، زیره‌سبز توانست با بهره‌برداری مطلوب‌تر از شرایط و احتمالاً منابع ایجاد شده از سمت عدس به ویژه نیتروژن تثبیت بیولوژیکی شده بر عملکرد دانه و بیولوژیک خود بیفزاید (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a).

در بین الگوهای مختلف کشت، بیش‌ترین درصد اسانس با 1/6 درصد از کشت مخلوط ردیفی و کم‌ترین مقدار آن با یک درصد از کشت خالص حاصل شد (جدول 3). نتایج نشان داد که سایر الگوهای کشت مخلوط نیز سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس سیاهدانه نسبت به تیمار کشت خالص شدند. هر چند که اختلاف معنی‌داری بین تیمار کشت خالص با تیمار کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان مشاهده نشد. از نتایج تحقیق حاضر چنین به نظر می‌رسد که وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌های سیاهدانه از جمله فراهم شدن نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی در شرایط مخلوط با لوبیا، استفاده بهینه از عناصر غذایی موجود در خاک و توزیع مطلوب‌تر نور توسط کانوپی مخلوط باعث بهبود فتوسنتز گیاهی و در نهایت منجر به افزایش میزان اسانس در مقایسه با کشت خالص شده است (Maffei & Mucciarelli, 2003; Hauggaard-Nielsen et al., 2009; Rezaei-Chiyaneh et al., 2014c). چرا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان اسانس گیاهان است (Singh et al., 2010). بنابراین، هر عاملی که باعث افزایش فراهمی نیتروژن قابل دسترس گردد در نهایت می‌تواند منجر به افزایش میزان اسانس گیاه نیز گردد. در کشت مخلوط نواری زنیان (*Carum copticum* L.) با شنبلیله مشخص شد که بیشترین درصد اسانس از تیمار کشت مخلوط نواری با نسبت چهار ردیف زنیان و دو ردیف شنبلیله و کمترین درصد اسانس از تیمار کشت خالص حاصل شد. این محققان افزایش درصد اسانس را به بهبود رشد و فتوسنتز گیاه زنیان در شرایط مخلوط با شنبلیله نسبت دادند (Rezaei-Chiyaneh & Dabbagh Mohammadi Nassab, 2014c).

بیشترین عملکرد اسانس (1/38 گرم در مترمربع) از تیمار کشت مخلوط ردیفی و کمترین عملکرد اسانس (0/68 گرم در مترمربع) از الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان حاصل شد (جدول 3). عملکرد اسانس برآیندی از عملکرد دانه و درصد اسانس دانه می‌باشد. بنابراین پایین بودن عملکرد اسانس در مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به دلیل پایین بودن عملکرد دانه و درصد اسانس در این تیمار بود (جدول 3). محققان در بررسی الگوهای

مختلف کشت مخلوط زیره‌سبز و عدس اظهار داشتند که در بین الگو-های مختلف کشت، بیشترین درصد و عملکرد اسانس از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت و ردیفی و کمترین مقدار آن از کشت خالص حاصل شد، اما با افزایش عرض نوارها در کشت مخلوط نواری به‌طور معنی‌داری از درصد و عملکرد اسانس کاسته شد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a). در کشت مخلوط زیره‌سبز و نخود زراعی گزارش شد که میزان اسانس زیره‌سبز در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیشترین میزان اسانس را دارا بودند و بیشترین عملکرد اسانس زیره‌سبز در بین تیمارهای کشت مخلوط مربوط به ترکیب 50 درصد زیره‌سبز + 50 درصد نخود بود (Zarifpour et al., 2014). نتایج آزمایش انجام شده در کشت مخلوط شوید و لوبیا نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس شوید از کشت مخلوط تک ردیفی به دست آمد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a).

صفات مربوط به ریحان

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر الگوی کاشت بر عملکرد ماده خشک ریحان، درصد اسانس و عملکرد اسانس در چین اول و هم در چین دوم معنی‌دار بود (جدول 4).

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی ریحان در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا و سیاهدانه

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) on quantitative and qualitative traits of basil in different patterns in intercropping of ban and black cumin

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد ماده خشک در چین اول Yield of dry matter in first harvest	عملکرد ماده خشک در چین دوم Yield of dry matter in second harvest	درصد اسانس در چین اول Essential oil percentage in first harvest	درصد اسانس در چین دوم Essential oil yield in second harvest	عملکرد اسانس در چین اول Essential oil yield in first harvest	عملکرد اسانس در چین دوم Essential oil yield in second harvest	مجموع عملکرد ماده خشک Total dry matter	مجموع عملکرد اسانس Total essential oil yield
تکرار Replication	2	72^{ns}	3293^{ns}	0.001^{ns}	0.029^{*}	0.25^{ns}	8^{**}	39.25^{ns}	0.094^{ns}
تیمار Treatment	5	108356.6^{**}	70148.8^{**}	0.037^{*}	0.043^{**}	13.9^{**}	15.4^{**}	3371.76^{**}	0.56^{**}
خطا Error	10	10538.6	14384.7	0.008	0.005	1.83	1	452.60	0.034
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.26	8.24	12.77	7.72	8.95	8.42	6.87	7.87

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است.

ns, * and **: Non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

بیشترین عملکرد ماده خشک ریحان در چین اول به میزان 193/3 گرم در مترمربع از تیمار کشت خالص به دست آمد، اما در چین دوم بالاترین عملکرد ماده خشک ریحان به میزان 160/1 گرم در مترمربع از کشت مخلوط نواری دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان حاصل شد که علت آن را می‌توان به اثر مثبت گیاه لگوم بر ریحان دانست که با استفاده از نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا توانست عملکرد ماده خشک را در چین دوم بالاتر ببرد. همان-گونه که در جدول 5 ملاحظه می‌گردد، کمترین مقدار عملکرد ماده خشک ریحان در هر دو چین از الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان حاصل شد به طوری‌که عملکرد ماده خشک ریحان در چین دوم نسبت به چین اول 12 درصد کاهش یافت (جدول 5).

جدول 5- مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر عملکرد کمی و کیفی ریحان

Table 5- Comparison of means the effect of different intercropping patterns on quantitative and qualitative traits of basil

الگوی کشت Cropping pattern	عملکرد ماده خشک در چین اول (گرم در مترمربع) Dry matter yield in first harvest ($g.m^{-2}$)	عملکرد ماده خشک در چین دوم (گرم در مترمربع) Dry matter yield in the second harvest ($g.m^{-2}$)	درصد اسانس در چین اول Essential oil percentage in the first harvest	درصد اسانس در چین دوم Essential oil yield in the second harvest	عملکرد اسانس در چین اول (گرم در مترمربع) Essential oil yield in the first harvest ($g.m^{-2}$)	عملکرد اسانس در چین دوم (گرم در مترمربع) Essential oil yield in the second harvest ($g.m^{-2}$)
کشت خالص Monocropping	193.33^{a*}	158.67^{ab}	0.57^{b}	0.60^{c}	1.1^{bc}	0.99^{bc}
یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 1 row bean+ 1 row basil	116^{b}	145.66^{ab}	0.82^{a}	0.96^{a}	1.32^{ab}	1.4^{a}
یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 2 rows bean+ 1 row basil	167.67^{b}	152^{ab}	0.80^{a}	0.89^{a}	1.38^{a}	1.35^{a}
دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان 2 Rows black cumin+ 4 rows bean+ 2 row basil	172.33^{b}	160^{a}	0.74^{ab}	0.87^{ab}	$1.2.8^{ab}$	1.41^{a}
سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان 3 Rows black cumin+ 6 rows bean+ 3 row basil	153.67^{bc}	135.6^{bc}	0.63^{b}	0.82^{ab}	0.96^{c}	1.13^{b}
چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان 4 Rows black cumin+ 8 rows bean+ 4 row basil	136.8^{c}	120.1^{c}	0.61^{b}	0.74^{bc}	0.84^{c}	0.88^{c}

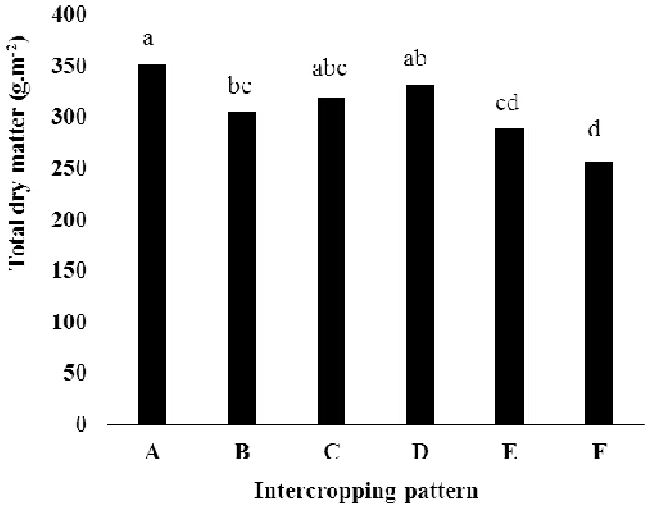
* میانگین‌های فاقد حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

* Means with different letters in each column are significantly different based on Duncan's at 5% probability level.

بالاترین مجموع وزن خشک حاصل از دو چین از کشت خالص ریحان به دست آمد، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کشت مخلوط نواری یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان و دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان نداشت (شکل 1).

طبق نتایج حاصل از آزمایش حاضر، در مجموع عملکرد ماده خشک ریحان در چین اول بالاتر از چین دوم به دست آمد. احتمالاً یکی از دلایل کاهش مجموع عملکرد ماده خشک ریحان در چین دوم نسبت به چین اول را به فاصله بین برداشت اول ریحان تا شروع رشد مجدد آن می‌توان نسبت داد که فرصت مناسبی را برای رشد علف‌های هرز فراهم کرده و از این طریق باعث کاهش عملکرد در چین دوم شده است. همچنین با توجه به این‌که بررسی آزمایش در شرایط کم‌نهاده انجام شد و در طول دوره رشد از هیچ‌گونه کود (اعم از شیمیایی و غیرشیمیایی) در تیمارها استفاده نشد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که در بازرویش پس از چین اول گیاهان به خصوص در کشت خالص با کمبود مواد غذایی مواجه شدند، ولی در کشت‌های مخلوط گیاهان با استفاده از نیتروژن تثبیت‌شده توسط لوبیا توانستند عملکرد ماده خشک را بهبود دهند.

نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که در کشت مخلوط نواری حداکثر جذب نور و سایر منابع در ردیف‌هایی بروز خواهد کرد که گیاهان به گونه‌ای در مجاورت یکدیگر قرار داشته باشند تا اثرات تسهیل‌کنندگی دو گونه در کنار هم بروز کند، بنابراین، با فاصله گرفتن از ردیف‌های گیاهان همراه، اثر متقابل گیاهان روی یکدیگر کاهش می یابد (Koocheki et al., 2010a).



شکل1- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان بر مجموع عملکرد ماده خشک دو چین ریحان

Fig. 1- The effect of different intercropping patterns of black cumin, bean and basil on total dry matter of the first and second harvest of basil

A: کشت خالص ریحان، B: یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، C: یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، D: دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، E: سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و F: چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان

A: monoculture of basil, B: 1 row of black cumin+ 1 row of bean+ 1 row of basil, C: 1 row of black cumin+ 2 rows of bean+ 1 row of basil, D: 2 rows of black cumin+ 4 rows of bean+ 2 rows of basil, E: 3 rows of black cumin+ 6 rows of bean+ 3 rows of basil and F: 4 rows of black cumin+ 8 rows of bean+ 4 rows of basil

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

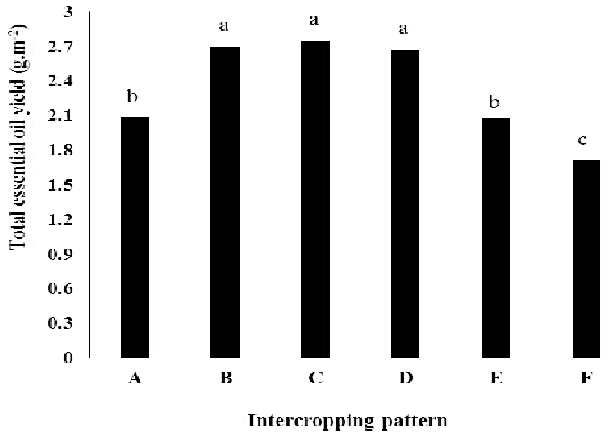
Means with different letters are significantly different based on Duncan's at 5% probability level.

در تحقیق دیگری با ارزیابی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط ردیفی و نواری سویا با همیشه‌بهار مشخص که بیشترین وزن خشک گل‌آذین همیشه‌بهار در کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقدار عملکرد از کشت مخلوط نواری چهار ردیف همیشه‌بهار + چهار ردیف سویا به دست آمد که نشان می‌دهد نحوه مجاورت گونه‌ها در کشت مخلوط عامل مهمی در افزایش یا کاهش عملکرد نسبت به کشت خالص بوده است (Allahdadi et al., 2015). نتایج آزمایش انجام شده روی کشت مخلوط ریحان و لوبیا نشان داد که در چین اول بیش‌ترین ماده خشک ریحان از کشت خالص به دست آمد و در چین دوم کشت ریحان خالص دارای بالاترین تولید ماده خشک در واحد سطح بود، اما اختلاف تولید ماده خشک در کشت‌های مخلوط نواری چهار ردیف ریحان + دو ردیف لوبیا و کشت ردیفی با ریحان خالص در برداشت دوم بسیار کمتر از برداشت اول مشاهده شد (Alizadeh et al., 2010). محققان دیگری در بررسی عملکرد علوفه شبدر برسیم (*Trifolium alexandrium* L.) در کشت مخلوط افزایشی با ریحان اظهار داشتند که بیشترین عملکرد ریحان در کشت خالص به دست آمد (Safikhani et al., 2014). در مطالعه نسبت‌های مختلف جایگزینی کشت مخلوط سویا با دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی مشخص شد که عملکرد ریحان در چین دوم نسبت به چین اول کاهش یافت و با افزایش ردیف‌های سویا در کشت مخلوط از عملکرد ریحان کاسته شد (Bagheri Shirvan et al., 2014).

بالاترین درصد اسانس ریحان در چین اول از کشت مخلوط ردیفی (0/82 درصد) و کم‌ترین درصد اسانس (0/57 درصد) از کشت خالص حاصل شد که در مقایسه با کشت خالص 30 درصد افزایش داشت. اگر چه در الگوهای مختلف کشت مخلوط درصد اسانس بالاتر بود، اما به تدریج با افزایش عرض نوارها از درصد اسانس ریحان در کشت مخلوط کاسته شد (جدول 5). در چین دوم، بالاترین درصد اسانس در کشت مخلوط ردیفی (0/96 درصد) و کمترین میزان (0/62 درصد) از کشت خالص به دست آمد (جدول 5). به نظر می‌رسد کشت ریحان به همراه گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن نیز از جمله دلایل مهم افزایش درصد اسانس این گیاه در تیمارهای کشت مخلوط باشد.

تحقیقات قبلی نشان داده است که به هنگام استفاده از گیاهان تیره لگومینوز در سیستم‌های چندکشتی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح مشخصی از زمین، بیشتر از مقدار جذب آن‌ها توسط هر یک از کشت‌های خالص است (Eskandari & Ghanbari, 2010). در نتیجه جذب عناصر غذایی افزایش و به دنبال آن رشد و فتوسنتز گیاهی بهبود می‌یابد. از آن‌جا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی هستند و واحدهای سازنده آن‌ها مانند ایزوپنتنیل پیرو فسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، از این‌رو به نظر می‌رسد، هر عاملی که باعث افزایش جذب عناصر غذایی گردد در نهایت می‌تواند منجر به افزایش میزان اسانس گیاه نیز گردد (Rezvani Moghaddam et al., 2013).

در چین اول، بیشترین عملکرد اسانس از کشت مخلوط نواری یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان و کمترین عملکرد اسانس به کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان تعلق داشت (جدول 5). در چین دوم، بالاترین عملکرد اسانس از کشت مخلوط نواری دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان و کمترین مقدار آن مشابه چین اول از کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به دست آمد (جدول 5). همچنین، کشت مخلوط نواری یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان دارای بالاترین مجموع اسانس حاصل از دو چین بود که با کشت مخلوط نواری یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان و دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (شکل 2).



شکل 2- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان بر مجموع عملکرد اسانس دو چین ریحان

Fig. 2- The effect of different intercropping patterns of black cumin, bean and basil on total essential oil yield of the first and second harvest of basil

A: کشت خالص ریحان، B: یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، C: یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، D: دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، E: سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و F: چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان

A: monoculture of basil, B: 1 row of black cumin+ 1 row of bean+ 1 row of basil, C: 1 row of black cumin+ 2 rows of bean+ 1 row of basil, D: 2 rows of black cumin+ 4 rows of bean+ 2 rows of basil, E: 3 rows of black cumin+ 6 rows of bean+ 3 rows of basil and F: 4 rows of black cumin+ 8 rows of bean+ 4 rows of basil

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with different letters are significantly different based on Duncan's at 5% probability level.

نتایج مطالعه روی کشت مخلوط شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens* L.) و نعناع *Mentha piperata* (L.) نشان داد که عملکرد اسانس نعناع با افزایش عرض نوار از 60 سانتی‌متر به 120 سانتی‌متر به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما عملکرد اسانس شمعدانی عطری تحت تأثیر عرض نوار قرار نگرفت (Rajsawara, 2002). با بررسی کشت مخلوط سویا و نعناع بر عملکرد و کیفیت اسانس نعناع گزارش شد که عملکرد کمی و کیفی نعناع در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود (Maffei &

Mucciarelli, 2003). محققان دیگری با بررسی کشت مخلوط لوبیا و ریحان دریافتند که از نظر درصد اسانس بین تیمارها اختلاف معنی-داری مشاهده نشد، اما عملکرد اسانس در کشت خالص و کشت مخلوط چهار ریحان دو لوبیا در شرایط کنترل علف‌هرز بیشتر از همه تیمارها بود (Alizadeh et al., 2010).

صفات مربوط به لوبیا

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد بین الگوهای مختلف کاشت از لحاظ عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول 6).

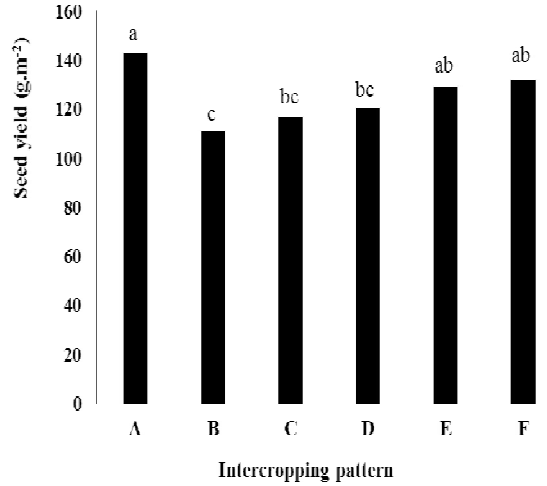
جدول 6- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در الگوهای مختلف کشت مخلوط با سیاهدانه و ریحان

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) on seed and biological yield of bean in different patterns in intercropping of black cumin and basil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تکرار Replication	2	4093.55 ^{ns}	49354.67^{ns}
تیمار Treatment	5	40477.67**	2960042.66**
خطا Error	10	8381.56	125877. 33
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.30	6.42

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: Non significant and significant at p≤0/01, respectively.



شکل 3- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان بر عملکرد دانه لوبیا

Fig. 3- The effect of different intercropping patterns of black cumin, bean and basil on the seed yield of bean

A: کشت خالص لوبیا، B: یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، C: یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، D: دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، E: سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و F: چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان

A: monoculture of basil, B: 1 row of black cumin+ 1 row of bean+ 1 row of basil, C: 1 row of black cumin+ 2 rows of bean+ 1 row of basil, D: 2 rows of black cumin+ 4 rows of bean+ 2 rows of basil, E: 3 rows of black cumin+ 6 rows of bean+ 3 rows of basil and F: 4 rows of black cumin+ 8 rows of bean+ 4 rows of basil

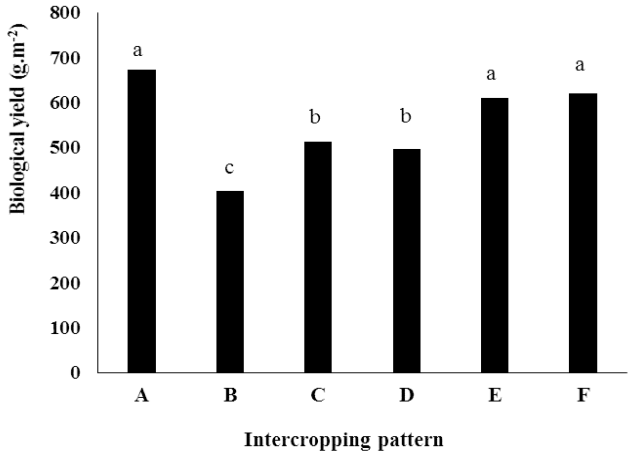
میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with different letters are significantly different based on Duncan's at 5% probability level.

بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب از کشت خالص و کشت مخلوط تک ردیفی به میزان 143 و 111 گرم در مترمربع حاصل شد. هر چند تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه در تیمار کشت خالص لوبیا با کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان وجود نداشت (شکل 3).

طبق نتایج به دست آمده توسط سایر محققان مشخص گردید هنگامی‌که ساختار کانوپی در کشت مخلوط طوری طراحی گردد که نفوذ نور و جذب آن توسط کانوپی گیاه افزایش یابد، عملکرد بهبود می‌یابد (Koocheki et al., 2010a). با توجه به نتیجه تحقیق حاضر چنین به نظر می‌رسد که تعداد ردیف اصلی‌ترین موضوع در افزایش عملکرد در واحد سطح بوده است، چرا که هر چه تعداد ردیف‌های لوبیا در کشت مخلوط نواری بالاتر رفت، عملکرد دانه بیشتر شد، چرا که شرایط مطلوبی برای بوته‌های لوبیا در دستیابی و بهره‌برداری از منابع محیطی فراهم شده و با بهره‌برداری مطلوب‌تر از این منابع بر عملکرد دانه لوبیا افزوده شد. از طرفی، پایین بودن عملکرد لوبیا در کشت مخلوط ردیفی را می‌توان به افزایش رقابت بین‌گونه‌ای سیاهدانه و ریحان با لوبیا و کاهش فضای زیستی نسبت داد که سبب کاهش جذب نور و کاهش فتوسنتز و رشد لوبیا شده و به دنبال آن عملکرد آن را کاهش داده است (Hauggaard-Nielsen et al., 2009). در بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود (Koocheki et al., 2014).

بیشترین عملکرد بیولوژیک (673/3 گرم در مترمربع) از کشت خالص و کمترین مقدار آن (404 گرم در مترمربع) از کشت مخلوط تک ردیفی حاصل شد. از نظر آماری کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان تفاوت معنی‌داری با کشت خالص لوبیا نشان نداد (شکل 4).



شکل 4- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان بر عملکرد بیولوژیک لوبیا

Fig. 4- The effect of different intercropping patterns of black cumin, bean and basil on the biological yield of bean

A: کشت خالص لوبیا، B: یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، C: یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، D: دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، E: سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و F: چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان

A: monoculture of basil, B: 1 row of black cumin+ 1 row of bean+ 1 row of basil, C: 1 row of black cumin+ 2 rows of bean+ 1 row of basil, D: 2 rows of black cumin+ 4 rows of bean+ 2 rows of basil, E: 3 rows of black cumin+ 6 rows of bean+ 3 rows of basil and F: 4 rows of black cumin+ 8 rows of bean+ 4 rows of basil

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with different letters are significantly different based on Duncan's at 5% probability level.

افزایش عملکرد بیولوژیکی لوبیا در تیمارهای مذکور می‌تواند ناشی از الگوهای مکمل[1] استفاده از منابع و اثرات متقابل تسهیل‌کنندگی[2] بین سه گونه باشد. بنابراین به نظر می‌رسد در این آرایش‌های کشت به دلیل ایجاد ساختار کانوپی و آرایش مطلوب،

1- Complementary pattern

2- Facilitative interaction

شرایط مطلوبی برای بوته‌های لوبیا در دستیابی به شرایط و منابع محیطی فراهم شده است. در مطالعه الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا گزارش گردید که بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در کشت خالص و کمترین مقدار آن در الگوی 4:4 حاصل شده است (Koocheki et al., 2012). محققان دیگری با مطالعه کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان و لوبیا نشان دادند که بالاترین عملکرد دانه لوبیا و عملکرد بیولوژیک از کشت خالص به - دست آمد. این محققان علت افزایش عملکرد لوبیا را به بالا بودن تراکم لوبیا در کشت خالص نسبت داده‌اند (Alizadeh et al., 2010). در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره‌سبز و عدس در کشت دوم مشخص شد که بیش‌ترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک عدس از کشت خالص و کم‌ترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از الگوی کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس با دو ردیف زیره‌سبز حاصل شد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a).

حاکی از نحوه اثر متقابل گیاهان مورد بررسی بر یکدیگر و تأثیرپذیری هر یک از آن‌ها از مخلوط است؛ همان‌گونه که از جدول 7 مشاهده می‌شود نسبت برابری زمین جزئی در بین گیاهان و تیمارهای مختلف تفاوت قابل ملاحظه‌ای نشان داد. بالاترین LER جزئی سیاهدانه (0/64) و لوبیا (0/66) از کشت مخلوط سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و در مورد ریحان (0/71) از تیمار کشت مخلوط دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان به دست آمد (جدول 7). در تحقیق حاضر مشخص شد که LER جزئی ریحان بالاتر از لوبیا و سیاهدانه بود که می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که ریحان از کشت مخلوط با لوبیا و سیاهدانه اثر مثبت بیشتری در مقایسه با سایر گیاهان پذیرفته است که این امر احتمالاً مربوط به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لوبیا می‌باشد که بازرویش سریع‌تری را برای ریحان پس از چین اول به همراه داشته است.

نسبت برابری زمین (LER)

نسبت برابری زمین جزئی هر یک از گیاهان در سه تیمار مخلوط

جدول 7- نسبت برابری زمین جزئی و نسبت برابری زمین کل در الگوهای مختلف کشت مخلوط ریحان، لوبیا و سیاهدانه

Table 7- Partial land equivalent ratio and total land equivalent ratio (LER) in different patterns in intercropping of basil, bean and black cumin

الگوی کشت Cropping pattern	نسبت برابری زمین جزئی سیاهدانه Partial land equivalent ratio of black cumin	نسبت برابری زمین جزئی لوبیا Partial land equivalent ratio of bean	نسبت برابری زمین جزئی ریحان Partial land equivalent ratio of basil	نسبت برابری زمین کل Total LER
یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 1 row bean+ 1 row basil	0.57	0.54	0.59	1.70
یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 2 rows bean+ 1 row basil	0.55	0.57	0.66	1.78
دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان 2 Rows black cumin+ 4 rows bean+ 2 rows basil	0.62	0.60	0.71	1.93
سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان 3 Rows black cumin+ 6 rows bean+ 3 rows basil	0.64	0.66	0.58	1.88
چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان 4 Rows black cumin+ 8 rows bean+ 4 rows basil	0.45	0.64	0.48	1.57

در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و عدس مشخص شد که LER جزئی زیره سبز بالاتر از نخود بود و این نشان‌دهنده این است که عدس روی زیره‌سبز اثر مثبت داشته است (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a). بر اساس مطالعات برخی محققان در کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) (Koocheki et al., 2010b) و کشت مخلوط زنیان و شنبلیله (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014c) در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، LER جزئی شاهدانه و زنیان نسبت به کنجد و شنبلیله بالاتر بود که نشان‌دهنده غالبیت این گیاهان در کشت مخلوط بوده است.

در تمامی الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان LER کل بالاتر از یک بود که نشان می‌دهد در کشت مخلوط سود مثبت وجود دارد و تسهیل بین‌گونه‌ای بیش از رقابت بین‌گونه‌ای بوده است. بنابراین، کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در این الگوهای کشت برتری داشت. کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان بیشترین (1/93) میزان نسبت برابری زمین کل را در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط به خود اختصاص داد که معادل 93 درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص سه گونه بود (جدول 7). کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد مخلوط، بیشتر از حداکثر محصول تک‌کشتی باشد. اضافه عملکرد به دست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع بیولوژیک نظیر تشعشع، عناصر غذایی و آب توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، سیستم ریشه‌ای بین آن‌ها و تثبیت و جذب نیتروژن در کشت مخلوط نسبت داد (Hamzei & Ghamari Rahim, 2014; Aynehband, 2077; Willey, 1990; Vandermeer, 1989) در بررسی کشت مخلوط کشت مخلوط ذرت و لوبیا (Hamzei & Seyedi, 2012)، کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با کنجد و ماش (*Vigna radiata* L. R. Wilczek.) (Rastgoo et al., 2015) و زیره‌سبز با شنبلیله (Zarifpour et al., 2014) مقدارLER را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کرده‌اند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که عملکرد سیاهدانه، لوبیا و ریحان تحت تأثیر معنی‌دار الگوهای مختلف کاشت قرار گرفت. عملکرد لوبیا با افزایش عرض نوار و تغییر الگوی کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری به دلیل افزایش تعداد ردیف‌های لوبیا، افزایش غالبیت این گیاه و استفاده بهتر از منابع محیطی افزایش یافت، اما با افزایش عرض نوار به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی عملکرد هر دو گونه سیاهدانه و ریحان و همچنین، LER کاهش پیدا کرد. حضور لوبیا در کنار سیاهدانه و ریحان در تیمارهای مختلف به احتمال زیاد با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن موجب افزایش اسانس هر دو گیاه گردید که می‌توان از این موضوع در تولید این گیاه دارویی با مصرف کم‌نهاده‌های شیمیایی که در تولید گیاهان دارویی حائز اهمیت است، بهره جست. بیشترین نسبت برابری زمین کل (1/93) از کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان به دست آمد که نشان‌دهنده افزایش سودمند زراعی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص سه گونه دارد و این تیمار می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد. در نهایت با توجه به یافته‌های حاصل از این پژوهش می‌توان اظهار داشت که کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان به دلیل استفاده بهتر از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی نسبت به کشت خالص سه گیاه برتری داشت.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره 94/ب/1 مصوب 1393/10/07 معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه ارومیه تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Ahmadvand, P., and Hajinia, S. 2015. Ecological aspects of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7(4): 485-498. (In Persian with English Summary)

Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 541-553. (In Persian with English Summary)

Allahdadi, M., Shakiba, M.R., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Amini, R. 2013. Evaluation of competition, yield quantity and quality of soybean (*Glycine max* L.) Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) in intercropping systems. Journal of Agroecology 7(1): 38-51. (In Persian with English Summary)

Aynehband, A. 2007. Ecology of agriculture systems. Shahid Chamran University Press 374 pp.

Bagheri Shirvan, M., Zaefarian, F., Bicharanlou, B., and Asadi, G.A. 2014. Evaluation of replacement intercropping of soybean (*Glycine max* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.) under weed infestation. Journal of Agroecology 6(1): 70-83. (In Persian with English Summary)

Clevenger, J.F. 1928. Apparatus for determination of essential oil. Journal of the American Pharmacists Association 17: 346-349.

Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2010. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 2: 67-75. (In Persian with English Summary)

Franco, J.G., King, S.R., Masabni, J.G., and Volder, A. 2015. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. Agriculture, Ecosystems and Environment 203: 1-10.

Gholinezhad, E., and Rezaei-Chiyaneh, E. 2014. Evaluation of grain yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 16(3): 236-249. (In Persian with English Summary)

Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO.

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2012. Determination of the best intercropping combination of wheat and rapeseed based on agronomic indices, total yield and land use equivalent ratio. Journal of Crop Production and Processing 2(5): 109-119.

Hamzei, J., Ghamari Rahim, N. 2014. Evaluation of the effect of additive intercropping of *Phaseolus vulgaris* in weed control at the maize field and its effects on yield and land use efficiency. Journal of Crop Production and Processing 3(10): 89-99. (In Persian with English Summary)

Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Dibet, P., Von Fragstein, A., Pristeri, M., Monti, E., and Jensen, A. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N_2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Field Crops Research 113: 64-71.

Javanmard, A., dabbagh Mohammadi Nasab, A., Javanshir, A., Moghaddam, M., Janmohammadi, Nasiri, Y., and Shekari, F. 2013. Evaluation of some agronomic and physiological traits and forage quality in maize-legume intercropping as double cropping. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 2: 1-19. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani, M., and Jafari, L. 2014. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Feizi, H., Amirmoradi, S., and Mondani, F. 2010a. Effect of strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on yield and land equivalent ratio in weedy and weed free conditions. Journal of Agroecology 2(2): 225-235. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teimouri, M., and Senjani, S. 2010b. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. Journal of Agroecology 2: 27-36. (In Persian with English Summary)

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

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

Majnoon Hosseini, N., and Davazdahemami, S. 2007. Cultivation and production of certain herbs and spices. Tehran University Press, Iran 300 pp. (In Persian)

Obiero, C., Birech, R., Maling'a, J., and Freyer, B. 2013. Effect of intercropping castor with maize and beans on growth, yield and seed oil content. International Journal of Plant Research 4: 52-62.

Omidbeigi, R. 2007. Production and processing medicinal plants. Volume three. Astan Quds Razavi Press, Mashhad, Iran 397 pp. (In Persian)

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

Rastgoo, S., Aynehband, A., and Fateh, E. 2015. Competitiveness of sesame and mung bean crops in both monocropping and intercropping systems. Journal of Agroecology 7(3): 356-367. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E. 2105. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7(3): 381-396. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Valizadegan, O., and Banaei-Asl, F. 2014a. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop. Journal of Agroecology 5(4): 426-472. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., Valizadegan, O., Tajbakhsh, M., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., and Rimaz, V. 2014b. Evaluation of agronomical yield and insect diversity at diffirent intercropping patterns of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and dill (*Anethun graveolens* L.). Journal of Crops Improvement 2(16): 353-368. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Dabbagh Mohammadi Nassab, A. 2014c. Evaluation of integrated application of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of ajowan in strip intercropping with of fenugreek. Journal of Agroecology 6(3): 582-594. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., Aminghafori, A., Bakhshaie, S., and Jafari, L. 2013. The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology 5(2): 105-112. (In Persian with English Summary)

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 Crop Sciences 2: 217-230. (In Persian with English Summary)

Safikhani, S., Chaichi, M.R., and Poor-Babaei, A.A. 2014. The effect of different N fertilizer sources on forage yield of Berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) in an additive intercropping system with basil (*Ocimum basilicum* L.) in Karaj climatic conditions. Journal of Agroecology 6(2): 290-300. (In Persian with English Summary)

Singh, M., Singh, A., Singh, R.S., Tripathi, A.K., Singh, D., and Patra, D. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. Industrial Crops and Products 31: 289-293.

Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of intercropping, Cambridge University Press 297 pp.

Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping system. Agricultural Water Management 17: 215-231.

Zarifpour, N., Naseri Poor Yazdi, M.T., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 34-43. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 263-280

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 280-263

Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) and Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Different Intercropping Patterns with Bean (*Phaseolusvulgaris* L.)

E. Rezaei-Chiyaneh[1*]
Submitted: 07-06-2015
Accepted: 28-07-2015

Rezaei-Chiyaneh, E. 2016. Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of Black Cumin (*Nigella sativa* L.), and Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Different Intercropping Patterns with Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 8(2): 263-280.

Introduction

Cultivation of medicinal plants in agricultural ecosystems plays an important role in the diversification and sustainability of these systems (Rezaei-Chiyaneh & Dabbagh Mohammadi Nassab, 2014). Therefore, the application of ecological principles such as multi-ship system seems essential in the production of these plants. Zarifpour et al. (2014) in intercropping arrangements of cumin and chickpea showed that different cropping patterns had a significant effect on chickpea and cumin yield and the highest essential oil and land equivalent ratio achieved by planting ratio 50% cumin + 50% chickpea. Therefore, the objectives of the present study were to examine the effect of different intercropping patterns of black cumin and basil with bean on their yield and qualitative traits.

Materials and methods

In order to evaluate some quantitative and qualitative traits of black cumin (*Nigella sativa* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) in different intercropping patterns with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and land use efficiency, a field experiment was conductedbased on a randomized complete block design with eight treatments and three replications at the farm located in West Azerbaijan province in Nagadeh, Iran during growing reason about 2013-2014. Cropping patterns included row intercropping (one row of black cumin+ one row of bean+ one row of basil) and strip intercropping (one row of black cumin+ two rows of bean+ one row of basil, two rows of black cumin+ four rows of bean+ two rows of basil, three rows of black cumin+ six rows of bean+ three rows of basil, four rows of black cumin+ eight rows of bean+ four rows of basil) and their solecropping.

Black cumin was harvested when they turned brown, dried and shelled, and bean was harvested when the first pod of the plants fully matured and dried. Basil was harvested in the first and the second harvest at 50% of flowering.

Land Equivalent Ratio (LER)

Land equivalent ratio of basil, black cumin and bean was calculated using equation 1 (Koocheki et al., 2014):

$$LER = \frac{Y_1}{B_1} + \frac{Y_2}{B_2} + \frac{Y3}{B3}$$

Equation 1:

Where, Y_1, Y_2 and Y_3 represent basil, black cumin and bean yield in intercropping, respectively and B_1, B_2 and B_3 represent basil, black cumin and bean yield in solecropping, respectively.

Results and discussion

Results revealedthat the economic yield of three plants was significantly affected by treatments and theaverage yield was higher in solecropping than intercropping. By increasing in strip width seed yield of black cumin, dry matter yield in the first, and the second harvest of basil were decreased 30, 29, and 24 percent, respectivelycompared to monoculture. However, seed yield and biological yield of bean did not indicate any significant differences at solecropping with four rows of black cumin+ eight rows of bean+ four rows of basil. Higher seed yield and biological yield of sole cropped may be due to the fewer disturbances in the habitat in homogeneous environment of monocropping systems. Moreover, no significant difference between sole

1- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran.
(*- Corresponding author Email: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

cropping of bean with combinations of 4 rows black cumin+ 8 rows bean+ 4 rows basil may be due to facilitative interaction in this combination. The percentage of essential oil in black cumin and basil of all treatments was higher than solecropping. Higher essential oil yield in intercropped could be due to the positive effect of bean such as nitrogen fixation for black cumin and basil. The essential oil content of black cumin and basil are, furthermore, positively affected by intercropping with bean.The maximum land equivalent ratio (1.93) was obtained in two rows of black cumin+ four rows of bean+ two rows of basil that represents an increase advantages in intercropping than solecropping.

Conclusion

The results showed that quantitative and qualitative yield of three species was affected by planting ratio. The maximum seed and biological yield of three species were obtained at solecropping. The percentage of essential oil in black cumin and basil of all treatments were higher than solecropping. The LER index was higher than one in all intercropping treatments compared to solecropping systems. Generally,it seems that the cropping pattern "two rows of black cumin+ four rows of bean+ two rows of basil" is remarkably effective to increase the economic income and land use efficiency.

Keywords: Economic yield, Essential oil, Intercropping, Medicinal plants, Multicropping, Sustainable agriculture

References

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani, M., and Jafari, L. 2014. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Dabbagh Mohammadi Nassab, A. 2014. Evaluation of integrated application of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of ajowan in strip intercropping with of fenugreek. Journal of Agroecology 6(3): 582- 594. (In Persian with English Summary)

Zarifpour, N., Naseri Poor Yazdi, M.T., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 34-43. (In Persian with English Summary)