نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۷۲-۴۶۲

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 462-473

بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) در کشت دوم

اسماعیل رضائی چیانه[1*]، مهدی تاج بخش[2]، اروج ولیزادگان[3] و فرزاد بنائی اصل[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰٤/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

به منظور بررسی مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) در کشت دوم، آزمایشی در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز)،کشت‌های مخلوط نواری (دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز) و کشت خالص دو گیاه بود. اثر الگوی کشت بر صفات مورد بررسی هر دو گونه اثر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) داشت. نتایج در مورد گیاه عدس نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی عدس از تیمار کشت خالص به ترتیب برابر با ۶۰۰ و ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن از الگوی کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس با دو ردیف زیره سبز به ترتیب برابر با ۲۷۳ و ۶۷۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. نتایج در مورد گیاه زیره سبز نشان داد که بین کشت خالص با کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت و کشت ردیفی از نظر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش عرض نوارها در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز به طور میانگین ۵۰ و ۵۴ درصد کاسته شد. درصد اسانس در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از تیمار کشت خالص بود. بیشترین عملکرد اسانس از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۲۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) نشان داد که بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۸) از کشت مخلوط یک ردیفی و کمترین مقدار آن (۰/۹۴) از کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز حاصل شد. با تغییر الگوی کشت از مخلوط ردیفی به سمت مخلوط نواری، LER احتمالاً به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل کنندگی دو گونه کاهش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کشت مخلوط نواری، کشت مخلوط ردیفی، کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت، نسبت برابری زمین

مقدمه

با توجه به ظهور برخی آثار زیانبار کشاورزی رایج به علت استفاده بی رویه مواد شیمیایی در زراعت و به ویژه در تولید گیاهان دارویی و نتایج علمی و عملی متعدد که زایده جنبش کشاورزی سازگار با محیط زیست است، تولید گیاهان دارویی در شرایط زراعت ارگانیک رو به افزایش می‌باشد (Griffe et al., 2003). از طرفی، با توجه به احتمال بروز اثرات منفی ناشی از مصرف انواع مواد شیمیایی روی کمیت و کیفیت ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی نیاز به بهره گیری از اصول اکولوژیکی مانند کشت مخلوط در تولید این گیاهان امری ضروری به نظر می‌رسد.

کشت مخلوط به کشت توام دو یا چند گونه گیاهی در زمان و مکان گفته می‌شود (Mazaheri,1998) و دربسیاری از نقاط دنیا به دلیل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند استفاده کارآمد از منابع محیطی، تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، کاهش عوامل بیماری‌زا و آفت، بهبود حاصلخیزی خاک از طریق ثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات، افزایش کمیت و کیفیت محصول و نیز برخی امتیازات دیگر کشت می‌شود (Vandermeer, 1989).

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار گروه گیاهان دارویی مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، استاد گروه زراعت، استادیار گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه و مدرس دانشگاه پیام نور نقده
(*- نویسنده مسئول: Email: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

کشت مخلوط زمانی موفقیت آمیز است که مجموع رقابت بین گونه ای برای کسب منابع از مجموع رقابت درون گونه‌ای کمتر باشد (Rezaei- chianeh et al., 2010). گیاهان در سیستم مخلوط را می‌توان طوری انتخاب کرد که یک گونه مستقیماً از تغییرات محیطی، که به وسیله دیگر گونه‌ها در کشت مخلوط پدید می‌آید، سود ببرد (Vandermeer, 1989). بنابراین، 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 (Willey, 1990).

علی‌زاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) با مطالعه کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نشان دادند که بالاترین عملکرد دانه لوبیا و عملکرد اسانس ریحان از کشت خالص به دست آمد. اما از نظر درصد اسانس بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. جهان (Jahan, 2004) در بررسی کشت مخلوط بابونه (*Calendula officinalis* L.) و همیشه بهار (*Matricaria chamomile* L.) اظهار داشت که بالاترین میزان اسانس در نسبت‌های کمتر از ۵۰:۵۰ حاصل شده است. زارع فیض آبادی و امام وردیان (Zare Feizabadi & Emamverdian, 2012) در ارزیابی تأثیر کشت مخلوط ارقام بر خصوصیات زراعی و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) گزارش کردند که تیمارهای مخلوط در مقایسه با تیمارهای خالص تا ۵۵ درصد برای عمکرد دانه و ۳۲ درصد برای عملکرد بیولوژیکی برتری داشتند. در بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و لوبیا مشخص شد که بیشترین عملکرد اقتصادی لوبیا و گاوزبان اروپایی از کشت خالص و کمترین مقدار آنها از الگوی چهار ریف لوبیا و گاوزبان (۴:۴) به دست آمد. اما، بالاترین نسبت برابری زمین (LER[1]) در الگوی کشت نواری ۲:۲ مشاهده گردید (Koocheki et al., 2012). رضائی چیانه و همکاران (Rezaei Chianeh et al., 2010) در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) مقدارLER را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کرده اند که این امر نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. رضوانی مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012) در کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند.

در این پژوهش با توجه به موقعیت جغرافیایی شهرستان نقده در استان آذربایجان غربی که یکی از مناطق مستعد و دارای سابقه کشاورزی دیرینه است، در فاصله زمانی بین برداشت محصول زراعت پاییزه (گندم، جو یا کلزا) در اواخر بهار هر سال و آماده سازی زمین برای کشت بعدی در پائیز همان سال، زمان کافی برای کشت دوم فراهم می‌باشد. لیکن ارزیابی کشت گیاهانی با فصل رشد کوتاه و سودآور که پتانسیل بالایی در استفاده بهینه از فصل تابستان را داشته باشند، به افزایش بهره‌وری نهاده‌ها کمک می‌کند. بنابراین، با توجه به اختلاف مورفولوژیکی دو گیاه زیره سبز و عدس و بهره‌گیری بهتر و کاراتر از منابع تولید، کشت مخلوط این دو گیاه در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار، مورد ارزیابی قرار گرفت تا بهترین الگوی کشت مخلوط زیره سبز و عدس از نظر عملکردی همراه با ارزیابی کارایی این نوع سیستم زراعی به ویژه برای مناطقی که دچار محدودیت منابع می‌باشند، معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه‌ای واقع استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با ۴۵° و ۲۵َ طول جغرافیایی و ۳۶° و ۵۷َ عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۳۰۷ متر از سطح آب‌های آزاد در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ اجرا شد. متوسط میانگین‌های دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر ۱۲/۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی‌متر گزارش شده است. بافت خاک مزرعه از نوع لومی رسی است. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص زیره سبز، کشت خالص عدس، کشت مخلوط بر روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز) و کشت مخلوط نواری (دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز) بودند. در کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت، فضای هر بوته زیره سبز معادل ۶۰۰ سانتی‌متر و فضای هر بوته عدس ۳۰۰ سانتی‌متر در کشت خالص بود. لذا برای ایجاد کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت با نسبت ۵۰ درصد زیره سبز + ۵۰ درصد عدس به ازای حذف هر بوته زیره سبز در روی ردیف کاشت دو بوته عدس جایگزین شد.

فاصله بین ردیف برای هر دو گونه ۳۰ سانتی‌متر به طول چهار متر بود. بذرهای زیره سبز به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و بذرهای عدس به فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف‌ها با عمق دو الی سه سانتی متر، در تاریخ ۱۰ تیرماه به صورت جوی و پشته و به صورت همزمان کاشته شدند. محصول قبلی مزرعه قبل از اجرای آزمایش جو پاییزه بود. بذر مورد استفاده زیره سبز از توده بومی مشهد که از شرکت پاکان بذر اصفهان و بذر عدس، رقم بیله سوار بود که از سازمان تحقیقات دیم مراغه تهیه شده بودند. بذور عدس قبل از کاشت با باکتری *ریزوبیوم*

1 - Land equivalent ratio

لگومینوزاروم[1] آغشته گردید. بذور قبل از کاشت جهت حفاظت و پیشگیری در برابر بیماری‌های قارچی توسط سم کاربندازیم ضد عفونی شدند. به علت حساس بودن زیره سبز به بیماری بوته میری و عدس به پوسیدگی ریشه و پژمردگی، گیاهان مربوط، طی چهار نوبت در مراحل بلافاصله پس از کاشت بذور، استقرار گیاه، گلدهی و شروع پرشدن دانه‌ها، آبیاری شدند. با مشاهده اولین علائم بیماری بوته میری و جهت جلوگیری از گسترش و پیشرفت بیماری، گیاهان با استفاده از قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار، دو بار به فاصله ۱۰ روز از هم سم‌پاشی شدند.

ضمناً به منظور بررسی آزمایش در شرایط کم‌نهاده و بیشتر نمود پیدا کردن تاثیر تثبیت نیتروژن گیاه عدس در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد از هیچ‌گونه کود (اعم از شیمیایی و غیرشیمیایی) در تیمارها استفاده نشد. علف‌های هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی در چند نوبت کنترل شدند.

در پایان فصل رشد، جهت محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز و عدس از سطحی معادل ۳/۶ متر مربع با شرایط حذف حاشیه از هر طرف مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی، پس از جدا نمودن بذور زیره سبز و عدس، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتند و سپس وزن شدند.

جهت سودمندی نسبی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی، از نسبت برابری زمین استفاده شد. نسبت برابری زمین عبارت است از نسبت سطح زمینی که لازم است تا با کشت گیاه به صورت تک کشتی، عملکردی معادل کشت مخلوط به دست آید. زمانی که LER برابر یک باشد، کشت مخلوط هیچ مزیتی بر تک کشتی ندارد. اگر مقدار LER کوچک تر از یک باشد، کشت خالص و اگر LER بزرگ تر از یک باشد در این صورت کشت مخلوط بر تک کشتی مزیت دارد (Vandermeer, 1989). بنابراین، برای ارزیابی کشت مخلوط عدس و زیره سبز در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین (بر اساس عملکرد دانه) طبق معادله (۱) استفاده گردید (Mazaheri,1998):

$$LER = \frac{Y_1}{L_1} + \frac{Y_2}{C_2} \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، Y_1 و Y_2: به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در مخلوط و L_1 و C_2: نیز عملکرد خالص گونه اول و دوم است.

استخراج اسانس زیره سبز به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد. بدین منظور، ۳۰ گرم نمونه بذری از هر کرت وزن گردید و پس از آسیاب شدن مختصر در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب در داخل دستگاه کلونجر به مدت۳ ساعت جوشانده شد تا اسانس آن استخراج شود (Clevenger, 1928). پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس بر اساس عملکرد دانه×درصد اسانس محاسبه شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از نرم افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌های بدست آمده آماری توسط روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی عدس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر الگوی کشت بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی عدس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی عدس از کشت خالص به ترتیب ۶۰۰ و ۱۶۰۰ کیلو گرم در هکتار و کمترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از الگوی کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس با دو ردیف زیره سبز به ترتیب برابر با ۲۷۳ و ۶۷۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در بین الگوهای کشت مخلوط بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از کشت ردیفی (۱:۱) به ترتیب برابر با ۵۱۰ و ۱۲۴۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل۱).

بالا بودن عملکرد دانه و بیولوژیکی عدس در کشت خالص می‌تواند به دلیل عدم وجود رقابت بین گونه‌ای باشد که تحت این شرایط هر بوته عدس برای آشیان‌های اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده و تمامی منابع موجود در اختیار عدس قرار گرفته است که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در کشت خالص باشد. از طرفی، در شرایط انتخاب گونه‌های نامناسب در کشت مخلوط به خاطر رقابتی که برای جذب منابع از قبیل نور، آب، مواد غذایی و فضا برای دوگیاه زراعی ایجاد می‌شود، اغلب عملکرد گونه ضعیف کاهش می‌یابد (Thorsted et al., 2006). در تحقیق حاضر، عملکرد دانه عدس به موازات افزایش عرض نوارها به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل کنندگی دو گونه در کنار یکدیگر منجر به کاهش عملکرد هر یک از گیاهان به تنهایی گردید.

در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا گزارش شده است که بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیکی لوبیا در کشت خالص و کمترین مقدار آن در الگوی ۴:۴ حاصل شده است (Koocheki et al., 2012). رضائی چیانه و همکاران (Rezaei-chianeh et al., 2010) در کشت مخلوط ذرت و باقلا دریافتند که در کشت مخلوط به دلیل افزایش رقابتی دو گونه عملکرد اقتصادی باقلا به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج بررسی روی کشت مخلوط لوبیا و ریحان نشان داد که به دلیل کاهش فشار رقابت بین گونه‌ای بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی لوبیا از کشت خالص با کنترل علف‌های هرز به دست آمد (Alizadeh et al., 2010).

1 - *Rhizobium leguminozarum* L.

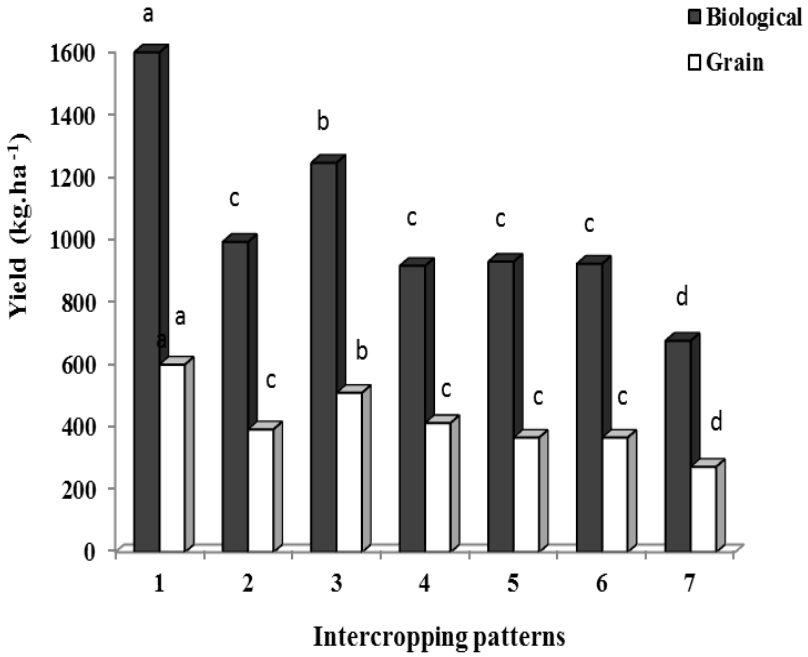
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و بیولوژیکی عدس در الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for grain yield and biological yield of lentil in different patterns in intercropping of lentil and cumin

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield
تکرار Replication	2	2576.16 $^{n.s}$	2976.16 $^{n.s}$
تیمار Treatment	6	34276.93**	265707.93 **
خطا Error	12	2314	12465
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.51	10.72

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

$^{n.s}$, **: non significant and significant at p≤0.01, respectively.



شکل ۱- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی عدس

Fig. 1– Effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on grain and biological yield of lentil

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

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

* Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test P≤0.05.

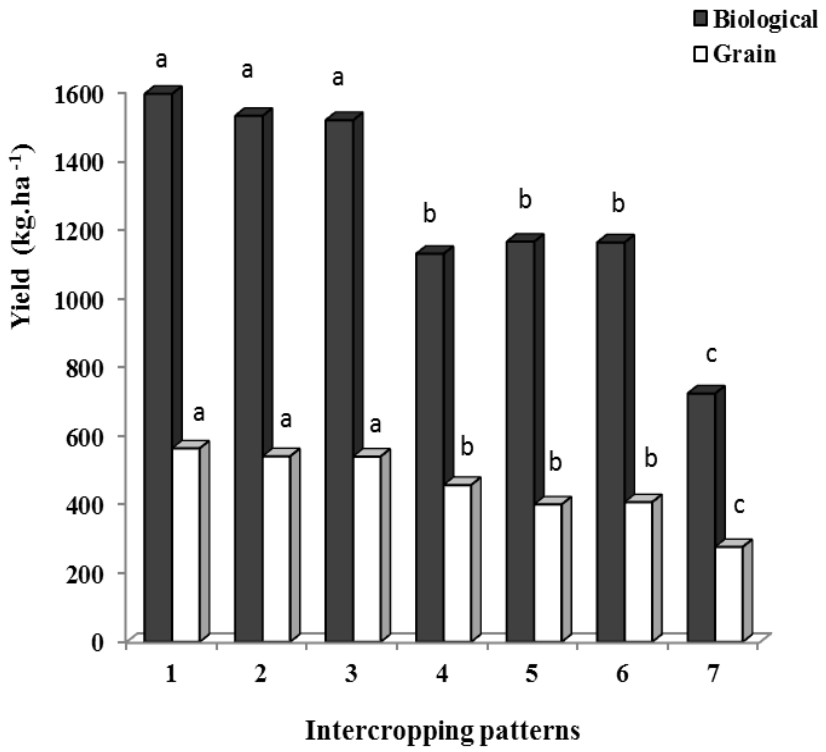
جدول۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد اسانس و عملکرد اسانس زیره سبز در الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for grain yield, biological yield, essential oil percentage and essential oil yield of cumin in different patterns in intercropping of lentil and cumin

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	درصد اسانس Essential oil percent	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	1772.71 $^{n.s}$	64812.33 $^{n.s}$	.25**	12.38**
تیمار Treatment	6	31735.71**	288669.33 **	.45**	49.78**
خطا Error	12	1949.88	19660.83	.017	1.65
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	9.71	11.12	4	8.73

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

n.s, **: Non significant and significant at p≤0.01, respectively.



شکل۲- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز

Fig. 2– The effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on the grain and biological yield of cumin

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

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

Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test p≤0.05.

قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن دانه‌ای (*Panicum miliaceum* L.) با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) گزارش کردند که به موازات افزایش تراکم ارزن از عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی به طور معنی‌داری کاسته شد. این محققان علت کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی را به دلیل نقش غالبیت ارزن در مقابل لوبیا چشم بلبلی نسبت دادند که سهم عمده ای از منابع موجود در اختیار ارزن قرار گرفته بود.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز

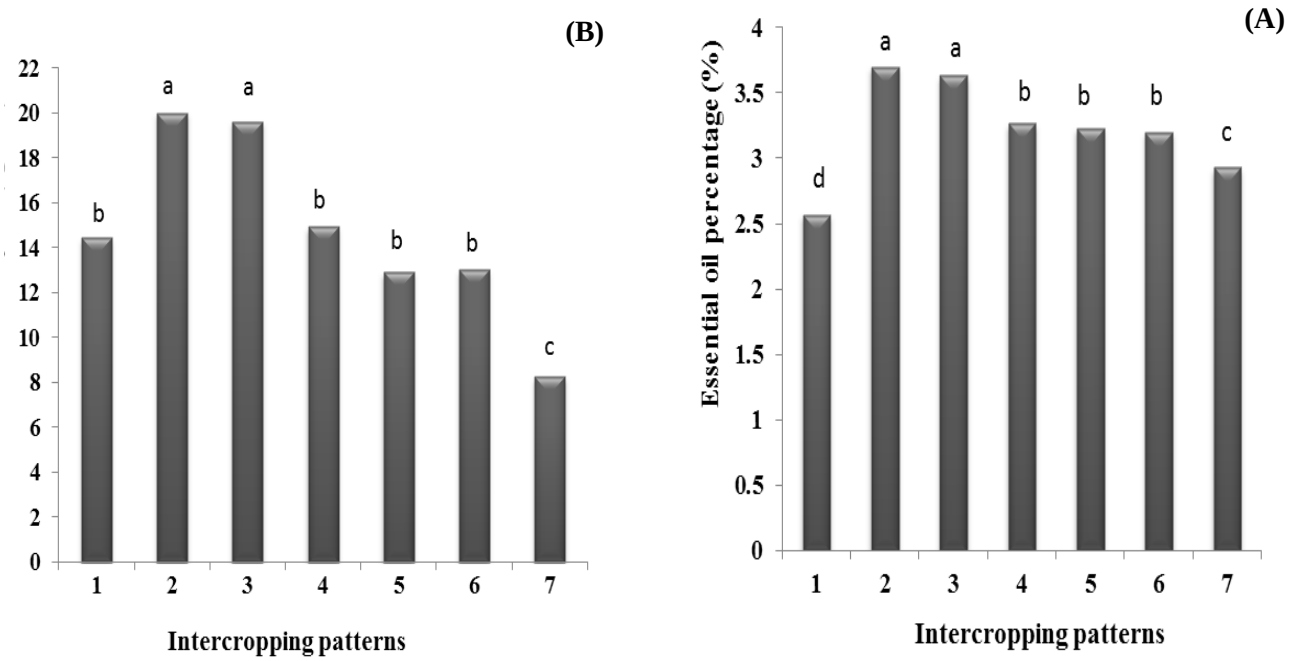
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که الگوهای مختلف کشت بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۲). همان‌گونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز در کشت خالص با کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس) و کشت ردیفی زیره سبز و عدس از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند و نسبت به سایر الگوهای کشت از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بالاتری برخوردار بودند. به تدریج با افزایش عرض نوارها و کاهش همپوشانی در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی زیره سبز به‌طور میانگین ۵۰ و ۵۴ درصد کاسته شد.

در بررسی حاضر، با کاهش عرض نوارها (تعداد ردیف‌های عدس نسبت به زیره سبز) عملکرد دانه و بیولوژیکی زیره سبز افزایش یافت. چنین به نظر می‌رسد که دلیل این امر به خاطر کمتر شدن رقابت بین دو گونه، توانایی گیاه برای جذب تشعشع بیشتر، افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط عدس بوده که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته و این امر منجر به بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش عملکرد دانه و بیولوژیکی زیره سبز شده است. نتایج برخی مطالعات (Hauggard-Nielson et al., 2001) نشان داده است که وقتی بقولات در کنار گونه دیگر به صورت کشت مخلوط قرار می‌گیرند، به دلیل اثر مکملی جزء بقولات جهت تثبیت نیتروژن مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک می‌گردد و در نتیجه تعداد گره فعال و سرعت و تشکیل آنها افزایش می‌یابد. رضوان بیدختی (Rezvan Bidokhti, 2004) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش کرده است که هر چه از سمت کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری پیش می‌رویم، عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی هر دو گونه به تدریج کاهش می‌یابد. لی و همکاران (Li et al., 2001) گزارش کردند که در کشت مخلوط نواری گندم با ذرت و کشت مخلوط نواری گندم و سویا (*Glycine max* L.) عملکرد دانه به ترتیب ۷۰-۴۰ درصد و ۳۰-۲۸ درصد نسبت به کشت خالص افزایش یافت. این محققان علت افزایش عملکرد را به خاطر اختلاف در سیستم ریشه‌ای این گیاهان در جذب آب و عناصر غذایی و کاهش رقابتی برای جذب این منابع عنوان کرده‌اند. زارع فیض آبادی و امام وردیان (Feizabadi & Emamverdian, 2012) در ارزیابی تأثیر کشت مخلوط ارقام بر خصوصیات زراعی و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) گزارش کردند که تیمارهای مخلوط در مقایسه با تیمارهای خالص تا ۵۵ درصد برای عملکرد دانه و ۳۲ درصد برای عملکرد بیولوژیکی برتری داشتند. در تحقیق دیگر تورستد و همکاران (Thorsted et al., 2006) در کشت مخلوط نواری شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) و گندم مشاهده کردند که عملکرد گندم ۲۵-۱۰ درصد در کشت مخلوط به دلیل افزایش رقابت برای جذب نور، نیتروژن در مرحله رویشی و آب در مرحله پر شدن دانه کاهش یافت. زانگ و همکاران (Zang et al., 2007) در کشت مخلوط نواری پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و گندم دریافتند که با افزایش عرض نوارها عملکرد هر دو گونه به طور معنی‌داری کاهش یافت. در تحقیق حاضر مشاهده گردید که با افزایش عرض نوارها عملکرد زیره سبز و عدس به ترتیب ۵۰ و ۵۵ درصد کاهش یافت.

درصد و عملکرد اسانس زیره سبز

تأثیر الگوهای مختلف کشت بر درصد و عملکرد اسانس زیره سبز معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۲). درصد اسانس در کشت خالص متفاوت از تیمارهای کشت مخلوط به دست آمد، به طوری‌که درصد اسانس در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. در بین الگوهای مختلف کشت، بیشترین درصد اسانس (۳/۷ درصد) از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز +۵۰٪ عدس) و کمترین مقدار آن از کشت خالص (۲/۵۶ درصد) حاصل شد. در کشت مخلوط نواری با افزایش عرض نوارها به طور معنی‌داری از درصد اسانس کاسته شد (شکل ۳).

همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، بالاترین میزان عملکرد اسانس (۲۰ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط روی ردیف-های کاشت و کمترین عملکرد اسانس (۸/۲۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز در واحد سطح به دست آمد.کشت مخلوط نواری (به جز تیمار شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز) از نظر عملکرد اسانس در واحد سطح حدوداً برابر کشت خالص بودند، به طوریکه تفاوت بین این تیمارها معنی‌دار نشده بود.



شکل ۳- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر (الف) درصد اسانس و (ب) عملکرد اسانس زیره سبز

Fig. 3- The effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on essential oil percentage and essential oil yield of cumin

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

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

Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$.

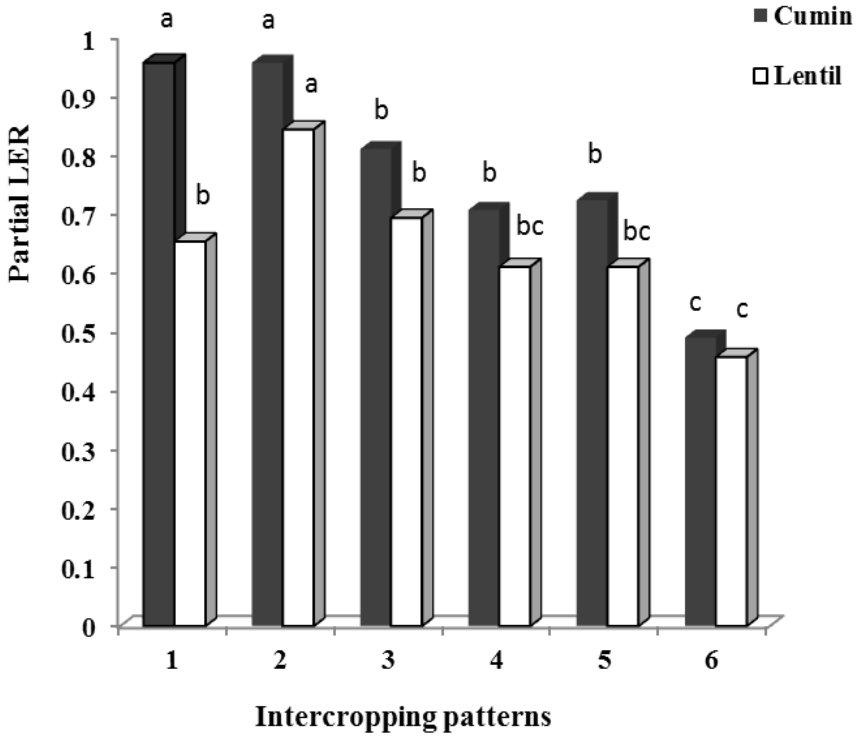
عملکرد اسانس برآیندی از عملکرد دانه و درصد اسانس دانه می‌باشد. بنابراین بالا بودن عملکرد اسانس در کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس) و کشت مخلوط ردیفی به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و درصد اسانس در این تیمارها بود. افزایش درصد اسانس در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط عدس نسبت داد. از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی موثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان اسانس گیاهان است، در این شرایط سنتز متابولیت‌های ثانویه، ازجمله اسانس نیز افزایش می‌یابد. از آنجا که اسانس‌ها جزئی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند و میزان آنها به شدت به میزان متابولیت‌های اولیه گیاهی (کربوهیدارت‌ها، پروتئین‌ها، کلروفیل‌ها و ...) بستگی دارد. بنابراین، هر عاملی که باعث افزایش فتوسنتز گیاهی گردد می‌تواند باعث بالا رفتن متابولیت‌های ثانویه گیاهی از جمله اسانس‌ها گردد (Singh et al., 2010). در تحقیق حاضر، حضور عدس در کنار زیره سبز سبب افزایش میزان اسانس و عملکرد اسانس در دانه‌های زیره سبز گردید. شاید علاوه بر تأثیر فراهمی نیتروژن برای زیره سبز از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط عدس (Hauggard-Nielson et al., 2001)، استفاده بهینه از عناصر غذایی موجود در خاک (Eskandari & Ghanbari, 2010)، توزیع مطلوب تر نور توسط کانوپی مخلوط دو گونه (Rezaei- chianeh et al., 2010) و وجود اثرات تسهیل کنندگی و تکمیل‌کنندگی (Koocheki et al., 2012) زیره سبز و عدس در کنار یکدیگر باشد. میزان تجمع اسانس علاوه بر موارد مذکور، تحت تأثیر عواملی چون ساختار ژنتیکی، تاریخ کاشت، ژنوتیپ، شرایط اقلیمی منطقه، حاصل خیزی خاک، تراکم و الگوی کاشت قرار می‌گیرد (Maffei & Mucciarelli, 2003; Ayanoglu et al, 2002). در این آزمایش نیز میزان اسانس تحت تاثیر الگوی کاشت قرار گرفت. بنابراین، عوامل مذکور می‌تواند دلیل

بالا بودن اسانس دانه زیره سبز در کشت مخلوط باشد.

مافی و موسیارلی (Maffei & Mucciarelli, 2003) با بررسی کشت مخلوط سویا و نعناع بر عملکرد و کیفیت اسانس نعناع گزارش نمودند که عملکرد کمی و کیفی نعناع در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود. راجسوارا (Rajsawara, 2002) در کشت مخلوط شمعدانی عطری(*Pelargonium* sp.) و نعناع دریافت که عملکرد اسانس نعناع با افزایش عرض نوار از ۶۰ سانتی‌متر به ۱۲۰ سانتی‌متر به‌طور معنی-داری کاهش یافت. اما عملکرد اسانس شمعدانی عطری تحت تاثیر عرض نوار قرار نگرفت. سینگ و همکاران (Sing et al., 2010) در کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی و نعناع مشاهده کردند که تولید اسانس در کشت مخلوط با کشت خالص تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، اما موقعی که به تیمارهای کشت مخلوط کود سبز اضافه گردید به دلیل افزایش غلظت نیتروژن و دسترسی نعناع به این عنصر غذایی میزان اسانس نعناع به طور معنی‌داری افزایش یافت. در کشت مخلوط مرزه با شبدر ایرانی، درصد اسانس مرزه (*Satureja hortensis* L.) بین تیمار کشت خالص و تیمارهای کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما عملکرد اسانس به دلیل افزایش وزن خشک اندام رویشی در تیمار کشت خالص به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط به‌دست آمد که توانست کاهش درصد اسانس را جبران نماید (Hassanzadeh Aval, 2007).

نسبت برابری زمین جزئی

نسبت برابری زمین جزئی عدس و زیره سبز بین الگوهای مختلف کشت نشان داد که نسبت برابری زمین جزئی زیره سبز نسبت به عدس بالاتر بود. بالاترین LER جزئی عدس (۰/۸۴) و زیره سبز (۰/۹۵) از تیمار کشت مخلوط ردیفی به‌دست آمد.



شکل٤- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر نسبت برابری زمین جزئی

Fig. 4– The effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on partial land equivalent ratio

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

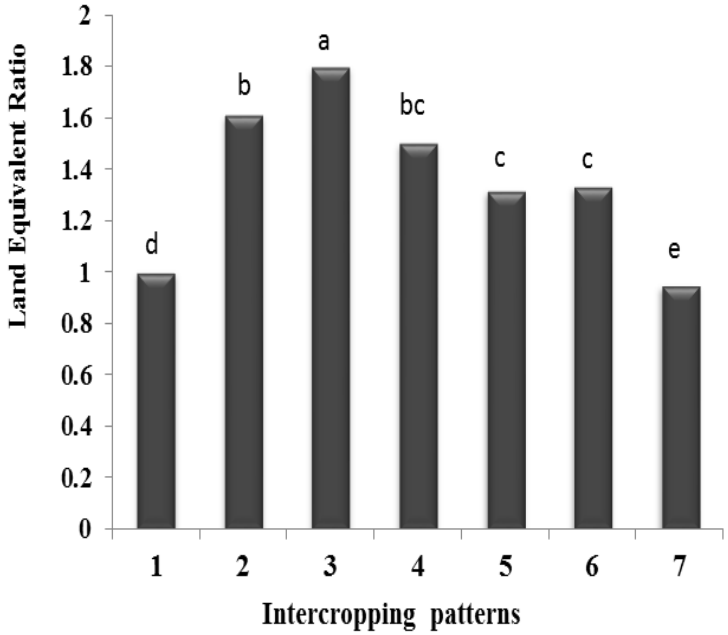
Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$.

LER جزئی زیره سبز بین تیمار کشت مخلوط ردیفی با کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۴).

با توجه به این‌که هر دو گونه در این تیمارها از عملکرد بیشتری برخوردار بودند به همین دلیل توانسته بودند به LER بالا برسند. LER جزئی در زیره سبز در تمامی تیمارها بالاتر از عدس بود که می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که زیره سبز از کشت مخلوط با عدس اثر مثبت بیشتری پذیرفته است. در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و نخود مشخص شد که LER جزئی زیره سبز بالاتر از نخود بود (Abbasi-Alikamar et el., 2006). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) نشان دادند که در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، LERجزئی شاهدانه بالاتر از کنجد بود و می‌توان چنین استنباط نمود که شاهدانه گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با کنجد اثر مثبت پذیرفته است. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009) در کشت مخلوط زنیان (*Carum copticum* L.) و شنبلیله دریافتند که LER جزئی زنیان در تمامی تیمارها نسبت به شنبلیله بالاتر بود که نشان دهنده غالبیت زنیان بود. در بررسی کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان مشخص شد که مقدار نسبت برابری زمین جزئی لوبیا در تمامی الگوهای مخلوط بالاتر از گاوزبان بود که نشان داد، لوبیا از همراهی گاوزبان اثر مثبت پذیرفته که این امر باعث بهبود LER جزئی آن در مقایسه با گاوزبان شده است (Koocheki et al., 2012).

نسبت برابری زمین کل

مقایسه میانگین حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار نسبت برابری زمین کل بین الگوهای مختلف کشت مخلوط بود.



شکل ۵- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط عدس و زیره سبز بر نسبت برابری زمین کل

Fig. 5- The effect of different intercropping patterns of lentil and cumin on land equivalent ratio

۱: کشت خالص عدس، ۲: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰٪ زیره سبز + ۵۰٪ عدس)، ۳: کشت مخلوط ردیفی، ۴: کشت مخلوط نواری دو ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۵: کشت مخلوط نواری سه ردیف عدس + یک ردیف زیره سبز، ۶: کشت مخلوط نواری چهار ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز، ۷: کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز.

1: Monoculture of lentil, 2: Replacement intercropping, 3: Row intercropping, 4: Strip intercropping with two row lentil and one row cumin, 5: Strip intercropping with three row lentil and one row cumin, 6: Strip intercropping with four row lentil and two row cumin, 7: Strip intercropping with six row lentil and two row cumin.

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with different letters in each shape are significantly different based on Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$.

بالاترین LER کل (۱/۸) از الگوی کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقدار آن از کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز معادل ۰/۹۴ حاصل شد (شکل ۵). با توجه به نتیجه آزمایش، به جز کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیره سبز تمامی تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در این الگوهای کشت می‌باشد.

بالا بودن نسبت برابری زمین از یک در کشت مخلوط را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود (Hemayati et al., 2002)، بهبود جذب و کارایی مصرف نور، تثبیت و جذب نیتروژن (Lee, 2003 & Ghanbari-Bonjar)، کاهش فشار رقابتی بین دو گونه (Vandermeer, 1989) و کاهش رشد و زیست توده علف‌های هرز (Fotohye-chianeh et al., 2012) نسبت داد. در تحقیق میر هاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009)، بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط زنیان و شنبلیله به ترتیب در تیمار مخلوط ردیفی و دو ردیفی با ۱/۴۷ و ۱/۲۸ مشاهده شد. زانگ و همکاران (Zang et al., 2007) نیز بیان داشتند که بیشترین نسبت برابری زمین در ترکیب سه ردیف گندم و یک ردیف پنبه (۱/۳۹) و کمترین مقدار آن از ترکیب شش ردیف گندم و دو ردیف پنبه (۱/۲۸) بدست آمد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی گزارش کردند که در تمامی الگوهای کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان به جز الگوی ۴:۴، LER بزرگتر از یک داشتند و به تدریج و با افزایش عرض نوار، مقدار آن کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

به طورکلی نتایج نشان داد که عملکرد عدس و زیره سبز تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفت. با افزایش عرض نوار و تغییر الگوی کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه، عملکرد هر دو گونه و LER کاهش پیدا کرد. در تیمارهای کشت مخلوط، زیره سبز گیاه غالب بود. حضور عدس کنار زیره سبز در تیمارهای مختلف به احتمال زیاد با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن موجب افزایش اسانس زیره سبز گردید.

منابع

1. Abbasi-Alikamar, R., Hejazi, A., Akbari, G.A., Kafi, M., and Zand, E. 2006. Study on different densities of cumin and chickpea intercropping with emphasis on weed control. Iranian Journal of Field Crops Research 4: 83-94. (In Persian with English Summary)
2. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 541-553. (In Persian with English Summary)
3. Ayanoglu, F., Mert, A., Aslan, N., and Gurbuz, B. 2002. Seed yields, yield components and essential oil of selected coriander coriander (*Coriandrum sativum* L.) lines. Journal Herbs Spices Medicinal Plants 9: 71–77.
4. Clevenger, J.F. 1928. Apparatus for determination of essential oil. Journal of the American Pharmacists Association 17: 346–349.
5. Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2010. Evaluation of competition and complementarity of Corn (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna sinensis* L.) intercropping for nutrient consumption. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 2: 67-75. (In Persian with English Summary)
6. Fotohi- chianeh, S., Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Zand, E., Razavi, F., and Rezaei-Chianeh, E. 2012. Effect of various corn and bean intercropping densities on crop yield and weed biomass. Journal of Agroecology 4: 131-143. (In Persian with English Summary)
7. Ghanbari, A., Nasirpour, M., and Tavassoli, A. 2010. Evaluation of ecophysiological characteristics of intercropping of millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Agroecology 4: 556-564. (In Persian with English Summary)
8. Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58: 28–36.
9. Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO.
10. Hasanzadeh Aval, F. 2007. Effect of density on agronomic characteristics and yield of savory andIranian clover in intercropping. MSc Thesis Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
11. Hauggard-Nielson, H., Ambus, P., and Jenson, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with

weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Research 70: 101-109.
12. Hemayati, S., Siadat, A., and Sadeghzade, F. 2002. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities Iranian Journal of Agricultural Science 25: 73-87. (In Persian with English Summary)
13. Jahan, M. 2004. Study of Ecological aspects intercropping of chamomile (*Matricaria chamomile* L.) and ever green (*Calendula officinalis* L.) with manure. MSc Thesis, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
14. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teimouri, M., and. Senjani, S. 2010. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. Agroecology 2: 27-36. (In Persian with English Summary)
15. 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. Agroecology 4: 1-11. (In Persian with English Summary)
16. Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S., and Rengel, Z. 2001. Wheat-maize or wheat-soybean strip intercropping I.Yield advantage and interspecific interaction on nutrients. Field Crops Research 71: 123-137.
17. Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.
18. Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Publication, Tehran, Iran 310 pp. (In Persian)
19. Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluating the benefit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 685-694. (In Persian with English Summary)
20. 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). Crop Products 16: 133-144.
21. Rezaei-chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K., and Aharizad, S. 2010. Evaluation of light interception and canopy characteristics in mono-cropping and intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). Agroecology 2: 437-447. (In Persian with English Summary)
22. Rezvan Bidokhti, S. 2004. Comparison of different combinations of planting corn and beans. Thesis of Master of Science in Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
23. 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)
24. 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 menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. Industrial Crops and Products 31: 289–293.
25. Thorsted, M.D., Olesen, J.E., and Weiner, S. 2006. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. Field Crops Research 95: 280–290.
26. Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge. University Press, 297 pp.
27. Willey, R. W. 1990. Resource use in intercropping system. Agriculture Water Management 17: 215-231.
28. Zare Feizabadi, A., and Emamverdian, A.G. 2012. Effect of mixed cropping an yield and agronomic characteristics of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Agroecology 4: 144-150. (In Persian with English Summary)
29. Zhang. L., van der Werf, W., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H.J. 2007. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. Field Crops Research 103: 178–188.