نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۱۲۷۳-۱۲۶۱

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1261-1273

بهبود عملکرد کمّی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در کشت مخلوط با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)

افتخار رحمتی[۱]، شیوا خالص‌رو[۲*] و غلامرضا حیدری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۷

رحمتی، ا.، خالص‌رو، ش. و حیدری، غ. ۱۳۹۸. بهبود عملکرد کمّی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در کشت مخلوط با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱ (۴):۱۲۷۳-۱۲۶۱.

چکیده

کشت مخلوط یکی از پایداراترین نظام‌های زراعی می‌باشد، گیاهان دارویی نیز نقش مهمی در تأمین نیازهای انسان دارند، بنابراین، به‌منظور ارزیابی عملکرد و کیفیت گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در کشت مخلوط با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان طی سال زراعی ۱۳۹۴ انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص سیاهدانه، کشت خالص شنبلیله، ۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله، ۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله، ۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله، ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله، ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله، ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۳۷/۵٪ شنبلیله، ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله بر اساس سری‌های جایگزینی و افزایشی بودند. در این پژوهش صفات مختلف از قبیل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد وزن خشک کل، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس سیاهدانه، تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد وزن خشک کل و عملکرد دانه شنبلیله و هم‌چنین شاخص‌های کشت مخلوط مانند LER و ATER مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد نسبت‌های مختلف کاشت، اثر معنی‌داری بر صفات نام‌برده هر دو گیاه داشت. بیش‌ترین مقادیر عملکرد دانه (۹۷۲/۱۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد وزن خشک کل (۲۷۵۷/۱ کیلوگرم در هکتار) سیاهدانه از نسبت ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله حاصل شد؛ امّا نتایج در مورد شنبلیله نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه و عملکرد وزن خشک کل به‌ترتیب با مقادیر ۷۸۴/۴ و ۳۲۶۶/۷ کیلوگرم در هکتار از کشت خالص آن حاصل گردید. بر اساس نتایج این آزمایش، بیش‌ترین ATER (۱/۳۰) از تیمار افزایشی ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله به‌دست آمد. لذا چنین می‌توان استنباط کرد که در پژوهش حاضر، این نسبت کشت مخلوط افزایشی در مقایسه با سایر نسبت‌ها، ویژگی‌های مثبت بیش‌تری داشت.

واژه‌های کلیدی: اسانس، سری‌های افزایشی، کشاورزی پایدار، گیاه دارویی، نسبت برابری زمین

مقدمه

سیستم‌های کشاورزی رایج به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که تنوع گیاهی موجود را به حداقل ممکن کاهش داده‌اند و باعث بی‌ثباتی عملکرد اقتصادی، افزایش خسارت آفات و بیماری‌ها و کاهش کیفیت محصولات زراعی به‌ویژه گیاهان دارویی شده‌اند (Geno et al., 2001). از آن‌جایی‌که در این سیستم‌ها، تولید غذا متضمن ورود انرژی‌های غیرقابل تجدید فراوانی به مزرعه است، نمی‌تواند جوابگوی تأمین نیازهای نسل‌های آینده باشد. از سوی دیگر باید این نکته را مد نظر داشت که پایداری هر بوم نظام، ارتباط مستقیمی با موجودات زنده آن دارد (Zhang et al., 2008). یکی از مهم‌ترین راهکارها برای افزایش تنوع زیستی در یک اکوسیستم زراعی، رشد دو یا چند محصول به‌صورت توأم در سیستم کشت مخلوط است که خود، امکان

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی ، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: sh.khalesro@uok.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.72390

برقراری روابط متقابل بین محصولات مختلف را فراهم می‌سازد (Sastava et al., 2004; Duchene et al., 2017) و راندمان استفاده از منابع (Gosh et al., 2008; Martin Guay et al., 2018) و کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد (Jose et al., 2018). با توجه به اهمیت گیاهان دارویی در سلامت انسان و کم‌نیاز بودن آن‌ها نسبت به نهاده‌های مختلف، انتخاب مناسبی برای کشت مخلوط در نظام کشاورزی پایدار می‌باشند. گیاهان تیره‌ی بقولات نیز علاوه بر استفاده بهینه از زمین، موجب حاصلخیزی خاک می‌شوند. در این سیستم کاشت، نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله لگوم‌ها به گیاهان همراه آن‌ها منتقل می‌شود و می‌تواند به پایداری عملکرد در کشاورزی کم‌نهاده کمک کند (Sainju et al., 2006; Amosse et al., 2014).

سیاهدانه با نام علمی *Nigella sativa* L. یکی از گیاهان دارویی مهم و معطر یک‌ساله متعلق به خانواده آلاله با ساقه‌های ایستاده به ارتفاع ۶۰ تا۷۰ سانتی‌متر می‌باشد. برگ‌ها دارای بریدگی‌های نخی و برگچه‌های ریز هستند، گل‌ها به رنگ سفید خاکستری تا آبی و میوه به‌صورت کپسول است که درون آن تعداد زیادی دانه سیاه و معطر قرار دارد. دانه‌های این گیاه ۳۰ تا ۴۰ درصد روغن، ۲۰ درصد پروتئین و ۰/۵ تا ۱/۵ درصد اسانس دارد (Antuono et al., 2002). از خواص دارویی آن می‌توان به خاصیت ضد سرطانی، ضد حساسیت، ضد دیابت، ضد فشار خون و بیماری‌های قلبی عروقی، ضد باکتریایی و خاصیت افزایش ایمنی بدن در برابر بیماری‌ها اشاره نمود (Bassim, 2003). شنبلیله نیز با نام علمی *Trigonella foenum-graecum* L. از جمله گیاهان دارویی است که از تیره بقولات می‌باشد. ریشه، دانه و اندام هوایی آن از لحاظ میزان متابولیت‌های ثانویه از جمله فنل‌ها، تریگونلین‌ها و ساپونین-های استروئیدی مختلف مانند دیوزژنین و تیکوژنین بسیار غنی است (Mirhashemi, 2009). ارتفاع آن ۱۰تا ۵۰ سانتی‌متر است و دارای برگ‌های متناوب و مرکب از سه برگچه می‌باشد. بذر و قسمت‌های هوایی شنبلیله قرن‌ها به‌عنوان منبع ارزشمندی از پروتئین در تغذیه انسان و دام مورد استفاده بوده است (Omidbaigi, 2004).

نتایج آزمایشات مختلف حاکی از سودمندی‌های کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است. در بررسی پژوهشگران در مورد کشت مخلوط رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و شنبلیله، مشاهده شد کشت مخلوط این دو گیاه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه رازیانه در مقایسه با تک‌کشتی شد (Kumar et al., 2006). محققان دیگر نیز در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در مخلوط با عدس (*Lens culinaris* Medic.) مشاهده کردند که عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد بذر در هر چتر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت و در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی مقادیر آن‌ها افزایش یافت (Jahani, 2008).

پژوهشگران دیگر نیز اظهار داشتند که در کشت مخلوط نواری نعناع (*Mentha piperita* L.) و سویا (*Glycine max* Merr.)، عملکرد نعناع تقریباً ۵۰٪ در مقایسه با کشت خالص بیش‌تر بود و کیفیت اسانس به‌دلیل افزایش درصد منتول و کاهش درصد منتوفوران و منتول استات در مقایسه با کشت خالص بیش‌تر بود (Maffei & Mucciarelli, 2010). در بررسی کشت مخلوط گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) هم مشاهده شد که با افزایش تراکم گیاه دارویی مرزه در کشت مخلوط، علی‌رغم کاهش درصد اسانس، عملکرد اسانس در واحد سطح افزایش یافت (Hassanzadeh et al., 2011).

بنابراین، با توجه به ویژگی‌های مثبت کشت مخلوط و مدیریت کارآمد آن در استفاده بهینه از منابع و از سوی دیگر اهمیت گیاهان دارویی در تأمین سلامت انسان، هدف این پژوهش یافتن راهکاری کاربردی و مناسب جهت تولید گیاه دارویی سیاهدانه در سیتم کشت مخلوط با شنبلیله بود که در این سیستم کشت علاوه بر تولید محصول با کیفیت و سالم با فراهم نمودن نیتروژن مورد نیاز آن توسط گیاه همراه بتوان آلودگی‌های ناشی از نهاده‌های شیمیایی را کاهش داد و گامی به سوی تحقق اهداف کشاورزی پایدار برداشت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی عملکرد کمّی و کیفی سیاهدانه و شنبلیله در کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در بهار ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان با مختصات ۴۸/۸ درجه شرقی، ۳۵/۱۸ درجه شمالی با ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص سیاهدانه، کشت خالص شنبلیله، ۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله، ۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله، ۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله، ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله، ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪

شنبلیله، ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۳۷/۵٪ شنبلیله، ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله بر اساس سری‌های جایگزینی و افزایشی بودند. قبل از کاشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نقاط مختلف محل آزمایش نمونه‌برداری صورت گرفت و پس از تهیه نمونه مرکب، آنالیز خاک انجام شد. بر اساس نتایج، بافت خاک رسی بود، سایر خصوصیات خاک نیز در جدول ۱ ذکر شده است. عملیات کاشت سیاهدانه و شنبلیله به‌صورت همزمان در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه انجام شد. بذور مورد استفاده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. هر کرت شامل هشت خط کاشت به طول سه متر بود. در کشت خالص سیاهدانه و شنبلیله فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کشت پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد و تراکم آن‌ها ۶۶ بوته در مترمربع بود. در سری‌های جایگزینی نیز کشت به‌صورت ردیفی انجام شد و با رعایت همان فواصل، نسبتی از تراکم سیاهدانه حذف و معادل آن به گیاه شنبلیله اختصاص یافت به‌نحوی که در نسبت ۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله، تراکم هر گیاه به نصف تقلیل یافت. در سری‌های افزایشی نیز بعد از کشت سیاهدانه، گیاه شنبلیله به‌صورت ردیفی در بین خطوط سیاهدانه کشت شد و فاصله بین بوته‌های شنبلیله در نسبت‌های ۱۲/۵٪، ۲۵٪، ۳۷/۵٪ و ۵۰٪ شنبلیله به‌ترتیب ۴۱، ۲۰،۱۳ و ۹ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات وجین علف‌های هرز هر دو هفته یک بار به‌صورت دستی انجام شد و آبیاری بر حسب شرایط اقلیمی به‌طور متوسط هر هفت روز یک بار به طریقه آبیاری بارانی انجام گرفت. در طول دوره اجرای آزمایش از هیچ کود و سم شیمیایی استفاده نشد.

در پایان فصل رشد هر دو گیاه، ابتدا از هر کرت به‌طور تصادفی تعداد ۱۰ بوته انتخاب و صفاتی نظیر تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه برای سیاهدانه و برای شنبلیله صفاتی نظیر تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. جهت محاسبه عملکردها پس از حذف اثر حاشیه، برداشت از سطحی معادل چهار متر مربع صورت گرفت. برای ارزیابی اسانس سیاهدانه نمونه‌های بذری هر کرت آزمایشی که در مرحله رسیدگی جمع‌آوری و خشک شده بودند تهیه گردید و با روش تقطیر با آب به‌مدت سه ساعت، اسانس نمونه‌ها استخراج گردید (Kapoor et al., 2004)

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of site soil

اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	بور
pH	EC ($dS.m^{-1}$)	O.C (%)	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg.kg^{-1}$)	Zn ($mg.kg^{-1}$)	Br ($mg.kg^{-1}$)
7.62	0.49	0.76	0.039	12.4	320	2.20	0.8	0.7

معیاری که اغلب جهت داوری در مورد مؤثر بودن کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد، نسبت برابری زمین LER می‌باشد. این معیار نسبت میزان زمین لازم برای تک‌کشتی‌ها را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند. نسبت برابری زمین کوچک‌تر از یک بیانگر برتری کشت خالص و بزرگ‌تر از یک نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط می‌باشد. یکی دیگر از معیارهای سنجش در کشت مخلوط ATER است که نسبت برابری زمین و زمان لازم برای تک‌کشتی در مقایسه با کشت مخلوط را توصیف می‌کند و غالباً زمانی‌که عدم همزمانی در هنگام برداشت دو گیاه وجود داشته باشد به‌کار می‌رود، ATER بزرگ‌تر از یک نیز نشان‌دهنده راندمان بالا در استفاده از زمان و سطح زمین است (Mazaheri, 1988).

برای ارزیابی شاخص نسبت برابری زمین از معادله ۱ (Vandermeer, 1989) استفاده شد:

معادله (۱) $$LER = \frac{Y1}{N1} + \frac{Y2}{N2}$$

در این معادله، Y_1و Y_2: به‌ترتیب عملکرد گونه اول و دوم در کشت مخلوط و N_1 و N_2: به‌ترتیب عملکرد گونه اول و دوم در کشت خالص بودند.

جهت سنجش شاخص نسبت برابری زمین- زمان از معادله ۲ (Mead & Eilley, 1980) استفاده شد:

معادله (۲) $$ATER = \left(Y1 + \frac{ts}{N1}\right) + \left(\frac{Y2 + \left(\frac{tc}{N2}\right)}{t}\right)$$

در این رابطه، ts و tc: طول مدت زمان رشد گونه‌های اول و دوم و t: طول مدت زمان کلی ترکیب کشت مخلوط می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD صورت گرفت و برای

رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات مورفولوژیک سیاهدانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر صفات مورفولوژیک سیاهدانه شامل تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌های این پژوهش حاکی از این بود که بالاترین مقادیر صفات نام‌برده به نسبت کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله اختصاص داشت که مقادیر آن‌ها به‌ترتیب ۱۸/۸۷ شاخه فرعی، ۲۹/۷۳ کپسول، ۵۲/۶ دانه در کپسول و ۲/۶۷ گرم وزن هزار دانه بود و کم‌ترین میزان آن‌ها نیز از نسبت جایگزینی ۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله حاصل شد که به‌ترتیب برابر با مقادیر ۹/۳، ۱۵/۶۷، ۲۸ و ۲/۱۰ بودند (جدول ۳). با توجه به این‌که ساختار پوشش گیاهی حاصل از کشت مخلوط، نقش مهمی در استفاده از تابش خورشید و در نتیجه افزایش عملکرد محصول دارد (Koocheki et al., 2016)، بنابراین، افزایش تعداد شاخه‌های فرعی سیاهدانه در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط می‌تواند به‌علت استفاده بهینه از فضای موجود به‌ویژه در یک‌سوم فوقانی پوشش گیاهی حاصل از کشت مخلوط سیاهدانه و شنبلیله باشد. به نظر می‌رسد که گیاه سیاهدانه در نسبت کاشت (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله) که اختلاف آماری معنی‌داری با کشت خالص سیاهدانه ندارد، ضمن استفاده بیش‌تر از تابش خورشید در افزایش تعداد شاخه‌های فرعی موفق‌تر عمل کرده است. امّا با افزایش تراکم شنبلیله در سایر نسبت-های افزایشی، رقابت بین گونه‌ای زیاد شده و مقدار صفت کاهش یافته است. با انجام مطالعه‌ای در مورد کشت مخلوط زنیان (*Tarchyspermum ammi* L.) و شنبلیله مشاهده گردیدکه تیمارهای کاشت، تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی زنیان داشتند (Mirhashemi et al., 2009). در تحقیق حاضر در نسبت‌های افزایشی (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله) و (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله) تعداد کپسول در بوته و دانه در کپسول مقادیر بالایی را به خود اختصاص دادند که با کشت خالص سیاهدانه و نسبت جایگزینی ۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله در یک گروه آماری قرار گرفتند، امّا در سایر نسبت‌ها با افزایش تراکم شنبلیله و افزایش رقابت برون‌گونه‌ای میزان این صفات کاهش یافت به‌طوری‌که بالاترین نسبت تراکم افزایشی، کم‌ترین مقادیر تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول را به خود اختصاص داد. نتایج تحقیقاتی حاکی از این بود که در کشت مخلوط بقولات و غلات فرآیند تثبیت نیتروژن توسط بقولات به تغذیه نیتروژن کمک می‌کند و در بهبود رشدونمو گیاه و غلاف‌بندی مؤثر می‌باشد (Caruthers et al., 2000). پژوهشگران دیگر نیز با انجام آزمایشی بر کشت مخلوط سیاهدانه و ماش (*Vigna radiate* L. Wilczek) نشان دادند تأثیر آرایش کاشت بر تعداد کپسول در بوته سیاهدانه معنی‌دار بود (Rezvani Moghaddam et al., 2009). بر اساس نظر سایر پژوهشگران تعداد دانه در غلاف، در حقیقت ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند و هرچه تعداد دانه بیش‌تر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگ‌تری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و در نهایت، افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد و از طرفی، ساختار متنوع کانوپی، موجب جذب بیش‌تر حشرات شده و تلقیح گل‌ها تحت چنین شرایطی مناسب‌تر صورت گرفته و سبب افزایش تعداد دانه در کپسول می‌شود. در کشت مخلوط تریتیکاله (*Triticosecale* Witt.) با باقلا (*Vicia faba* L.) گزارش شد که تعداد دانه در سنبله تریتیکاله با افزایش تراکم باقلا و افزایش رقابت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Sobkowicz, 2006). در کشت مخلوط با افزایش تراکم، گیاه به عوامل محیطی (نور، مواد غذایی و رطوبت) کم‌تری دسترسی دارد و در نهایت، مواد فتوسنتزی کم تری را به دانه منتقل می‌سازد که این امر منجر به کاهش وزن هزار دانه در تراکم‌های بالا می‌شود (Hamzei et al., 2012). در بررسی‌های دیگر در کشت مخلوط سیاهدانه با نخود (*Cicer arietinum* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نتایج حاکی از این بود که وزن هزار دانه سیاهدانه در کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص بوده که دلیل آن را تأثیر مثبت کشت مخلوط از نظر فراهمی نیتروژن مورد نیاز و نیز کنترل مؤثر علف‌های هرز به‌دلیل بسته شدن زودتر کانوپی عنوان کرده‌اند (Koocheki et al., 2016).

عملکرد دانه و وزن خشک کل سیاهدانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط بر عملکرد دانه و وزن خشک کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارها

بیش‌ترین مقادیر عملکرد دانه و وزن خشک کل از سری افزایشی (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله) به‌دست آمد. عملکرد دانه در سری افزایشی مذکور با تیمارهای کشت خالص سیاهدانه و نسبت افزایشی (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله) در یک گروه آماری قرار گرفتند. از میان کلیه نسبت‌های مورد بررسی در این پژوهش نیز کم‌ترین مقادیر عملکرد دانه و وزن خشک کل مربوط به تیمار (۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله) بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد با توجه به این مطلب که گیاه سیاهدانه قدرت رقابت کمی با علف‌های هرز دارد، به همین علت پوشش مناسب سطح زمین توسط کانوپی مخلوط و در نتیجه عدم رشد علف‌های هرز از جمله عواملی هستند که می‌توانند در افزایش عملکرد گیاه سیاهدانه در این شرایط بسیار مؤثر باشند.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط با شنبلیله بر خصوصیات مورفولوژیک سیاهدانه

Table 2- Analysis variance (mean of squares) of intercropping ratios with fenugreek on morphological traits of black cumin

منابع تغیرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد شاخه جانبی در بوته Branches No. per plant	تعداد کپسول در بوته Follicle No. per plant	تعداد دانه در کپسول Seed No. per follicle	وزن هزار دانه 1000-seed weight
تکرار Replication	2	2.52^{ns}	2.21^{ns}	128.04^{ns}	0.033^{ns}
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	7	31.53^{**}	72.85^{**}	215.26^{**}	0.112^{**}
خطا Error	14	1. 37	4.62	29.11	0.01
ضریب تغیرات CV (%)		8.16	9.15	5.97	4.11

ns * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌داری، معنی‌دار در سطح ۵ و۱ درصد

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های کشت مخلوط بر خصوصیات مورفولوژیک سیاهدانه

Table 3- Means comparisons for the effect of of intercropping ratios with fenugreek on morphological traits of black cumin

نسبت‌های کشت مخلوط Cultivars	تعداد شاخه جانبی Branch No. per plant	تعداد کپسول در بوته Follicle No. per plant	تعداد دانه در کپسول Seed No. per follicle	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
کشت خالص Monoculture	17.02^{ab*}	28.07^{a}	48.87^{ab}	2.63^{a}
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 12.5% fenugreek	18.87^{a}	29.73^{a}	52.6^{a}	2.67^{a}
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 25% fenugreek	15.93^{b}	26.17^{ab}	51.53^{a}	2.53^{ab}
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۳۷/۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 37.5% fenugreek	13^{cd}	22.53^{ab}	41^{bc}	2.43^{bc}
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله 100% black cumin+ 50% fenugreek	10.97^{de}	17.87^{d}	38.4^{c}	2.33^{cd}
۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله 75% black cumin+ 25% fenugreek	$16. 3^{b}$	26^{ab}	48.13^{ab}	2.46^{bc}
۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله 50% black cumin+ 50% fenugreek	13.37^{c}	21.8^{c}	37.8^{c}	2.24^{de}
۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله 25% black cumin+ 75% fenugreek	$9. 3^{e}$	15.67^{d}	28^{d}	2.1^{e}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط با شنبلیله بر عملکرد سیاهدانه

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of intercropping ratios with fenugreek on black cumin yield

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد وزن خشک کل Total dry weight yield	عملکرد دانه Seed yield	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	98044.22 ns	100910.93**	0.017ns	9.95**
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	7	928046.16**	170444.90**	0.080 ns	14.20**
خطا Error	14	47733.70	11103.49	0.036	0.80
ضریب تغییرات CV (%)		16.21	15.74	14.53	10.76

ns * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌داری، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, * and **: Non significant, significant at the 5 and 1 % evels of probability, respectively.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های کشت مخلوط با شنبلیله بر عملکرد سیاهدانه

Table 5- Means comparisons for the effect of intercropping ratios with fenugreek on black cumin yield

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	عملکرد دانه Seed yield($kg.ha^{-1}$)	عملکرد وزن خشک کل Total dry weight yield($kg.ha^{-1}$)	عملکرد اسانس Essential oil yield($kg.ha^{-1}$)
کشت خالص Monoculture	956.53a*	2587.9ab	10.36a
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 12.5% fenugreek	972.15a	2757.1a	11.19a
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 25% fenugreek	806.36ab	2335. 7bc	10.12ab
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۳۷/۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 37.5% fenugreek	551.83c	1721.7d	7.81cd
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله 100% black cumin+ 50% fenugreek	496.89c	1494de	6.43de
۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله 75% black cumin+ 25% fenugreek	748. 15b	2122.9c	8.70bc
۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله 50% black cumin+ 50% fenugreek	516.53c	1736.9d	6.77d
۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله 25% black cumin+ 75% fenugreek	306. 5d	1153.2e	5e

* میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level.

از طرف دیگر کشت سیاهدانه به همراه گیاه تثبیت کننده نیتروژن نیز از جمله دلایل مهم افزایش عملکرد این گیاه در تیمارهای کشت مخلوط است. امّا با افزایش تراکم شنبلیله در نسبت افزایشی (۱۰۰٪ سیاهدانه + ٪۵۰ شنبلیله) به‌دلیل رقابت بین‌گونه‌ای، میزان عملکرد دانه کاهش یافته است؛ احتمالاً دلیل آن می‌تواند کاهش نور در کانوپی و تأثیر آن بر فتوسنتز، سرعت رشد محصول و در نهایت، کاهش عملکرد باشد. در مورد نسبت ۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله نیز که حداقل عملکردها را در این بخش به خود اختصاص داده علاوه‌بر مطالب ذکر شده لازم است که به تراکم کم‌تر گیاه سیاهدانه که در حصول نتیجه حاضر مؤثر است نیز توجه نمود.

پژوهشگران در کشت مخلوط مرزه و شبدر ایرانی گزارش کردند که تیمارهای مختلف از نظر وزن خشک اندام رویشی اختلاف معنی-داری داشتند (Hassanzadeh et al., 2011). در کشت مخلوط شوید (*Anethun graveolens* L.) و لوبیا اثر الگوی کاشت بر عملکرد وزن خشک کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود

(Rezaeichiyaneh et al., 2014). نتایج تحقیقات دیگر نیز حاکی از افزایش عملکرد دانه زنیان در کشت مخلوط با شنبلیله (Mirhashemi et al., 2009)، افزایش عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) در کشت مخلوط با نخود (Banik et al., 2006) و افزایش عملکرد دانه سیاهدانه در کشت مخلوط با ماش (Rezvani Moghadam, 2009) نسبت به کشت خالص بودند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

درصد اسانس و عملکرد اسانس سیاهدانه

بین نسبت‌های مختلف کاشت از نظر درصد اسانس اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد امّا اثر تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد اسانس سیاهدانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد اسانس از نسبت افزایشی (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله) حاصل شد که با تیمارهای کشت خالص سیاهدانه و نسبت افزایشی (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله) اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین مقدار از نسبت جایگزینی (۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله) حاصل گردید (جدول ۵). از آن‌جایی‌که عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد دانه می‌باشد، دلیل بالا بودن عملکرد اسانس در نسبت (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله) را می‌توان به بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در این تیمار نسبت داد. سایر پژوهشگران در کشت مخلوط گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و شنبلیله، بیش‌ترین عملکرد اسانس برگ گشنیز را در تیمار افزایشی ۱۰۰٪ گشنیز+ ۲۵٪ شنبلیله مشاهده نمودند (Bigonah et al., 2015). هم‌چنین در کشت مخلوط شنبلیله و رازیانه بیش‌ترین عملکرد اسانس بذر رازیانه ۳۱/۳۱ کیلوگرم در هکتار به تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ رازیانه + ۳۳٪ شنبلیله اختصاص داشت که این تیمار با تیمار کشت خالص آن اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (Sadri et al., 2014). بر اساس گزارش پژوهشگران دیگر در کشت مخلوط زیره سبز و نخود نیز عملکرد اسانس در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش یافت (Zarifpour et al., 2014).

خصوصیات مورفولوژیک شنبلیله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر صفات تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیش‌ترین مقادیر صفات نام‌برده (به‌ترتیب ۱۲/۲۷، ۱۶/۸۰، ۱۱/۶۳ و ۱۵/۷۷) متعلق به کشت خالص شنبلیله بود که البته با تیمار جایگزینی (۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله) در یک گروه آماری قرار گرفتند. کم‌ترین مقادیر صفات مذکور نیز به تیمار افزایشی (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله) اختصاص داشت (جدول ۷). چنین به نظر می‌رسد که علت افزایش عملکرد شنبلیله در کشت خالص نسبت به تیمارهای کشت مخلوط می‌تواند به‌دلیل عدم رقابت شنبلیله با سیاهدانه در کشت خالص بر سر جذب نور باشد که این امر موجب افزیش جذب نور توسط کانوپی شنبلیله و در نتیجه بهبود فتوسنتز شده و نهایتاً باعث افزایش تعداد دانه شده است.

در کشت مخلوط ریحان شیرین (*Ocimum basilicum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) گزارش شد که الگوی کاشت اثر معنی‌داری بر صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف ریحان داشت (Bilasvar et al., 2016). وزن هزاردانه تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده برای مخزن‌ها و شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه می‌باشد. دلیل کاهش وزن هزاردانه در کشت مخلوط نسبت به خالص به‌دلیل وجود رقابت برون‌گونه‌ای و تولید آسیمیلاسیون کم‌تر بوده است به‌طوری که در آزمایش کشت مخلوط ارزن و لوبیا بیان شد با افزایش تراکم ارزن در کشت مخلوط به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای از وزن هزاردانه کاسته شد. برای لوبیا نیز بالاترین مقدار وزن هزاردانه از کشت خالص به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار آن از سیستم کاشت ۲۵٪ ارزن + ۷۵٪ لوبیا حاصل شد، کم‌تر بودن وزن هزاردانه لوبیا در شرایط مختلف کشت مخلوط را می‌توان به آسیمیلاسیون کم‌تر بر اثر رقابت برون‌گونه‌ای و سایه‌اندازی گیاه ارزن بر گیاه لوبیا نسبت داد (Singh, 2010).

عملکرد دانه و وزن خشک کل شنبلیله

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد دانه و وزن خشک کل شنبلیله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقادیر عملکرد دانه و وزن خشک کل در کشت خالص شنبلیله و کم‌ترین مقدار عملکرد آن‌ها از کشت مخلوط افزایشی (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله) به‌دست آمد (جدول ۷). با توجه

به اینکه بالاترین اجزای عملکرد (غلاف در بوته، دانه در غلاف) مربوط به کشت خالص شنبلیله بود و نیز در کشت خالص، سطح زیر کشت کامل به گیاه شنبلیله اختصاص داشت به‌طور طبیعی عملکرد بالاتری نیز داشته است. در تحقیقات سایر محققان نیز کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط گندم و نخود (Banik et al., 2006) و آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) و لوبیا (Morales et al., 2009) نسبت به کشت خالص گزارش شده است. نتایج حاصل به‌دلیل اختلاف زیاد تراکم بوته‌های شنبلیله در بین الگوهای کشت

جدول ٦- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیاهدانه بر عملکرد و اجزاء عملکرد شنبلیله

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) for effect intercropping ratios with black cumin on yield and yield components of fenugreek

منابع تغیرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد شاخه جانبی در بوته Branch No. per plant	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	تعداد دانه در غلاف Seed No. per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد وزن خشک کل Total dry weight yield	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	1.40^{ns}	4.46^{ns}	0.69^{ns}	0.02^{ns}	86523.62^{ns}	12278.62^{ns}
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	7	13.57^{**}	18.52^{**}	15.47^{**}	3.08^{**}	1577933.38**	123740.43**
خطا Error	14	0.42	0.74	0.67	0.06	79021.65	3649.63
ضریب تغییرات CV (%)		7.17	6.70	10.01	1.68	12.72	11.66

ns * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌داری، معنی‌دار و سطح ۵ و۱ درصد احتمال

ns, * and **: Non significant, significant et the 5 and 1 % levels of probability, respectively

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های کشت مخلوط با سیاهدانه بر خصوصیات مورفولوژیک شنبلیله

Table7- Means comparisons for the effect of intercropping ratios effect on morphological traits with black cumin and yield of fenugreek

تیمارهای کشت مخلوط Intercropping tretments	تعداد شاخه جانبی Branches No. per plant	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	تعداد دانه در غلاف Seed No. per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight(g)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد وزن خشک کل Total dry weight yield ($kg.ha^{-1}$)
کشت خالص Monoculture	12.27^{a*}	16.80^{a}	11.63^{a}	15.77^{a}	874.4^{a}	3266.7^{a}
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 12.5% fenugreek	6.3^{d}	10.12^{d}	5.03^{e}	12.97^{e}	280.55^{f}	1175.2^{e}
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 25% fenugreek	6.8^{d}	10.21^{d}	6.43^{de}	14.03^{cd}	429.37^{e}	1664.9^{de}
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۳۷/۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 37.5% fenugreek	8.03^{c}	12.01^{c}	6.87^{cd}	14.27^{c}	563.55^{d}	2001.1^{cd}
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله 100% black cumin+ 50% fenugreek	9^{c}	12.26^{c}	8.17^{c}	15^{b}	594.57^{cd}	2176.7^{c}
۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله 75% black cumin+ 25% fenugreek	7.97^{c}	11.60^{cd}	6.73^{d}	13.67^{d}	355.63^{ef}	1696.3^{cd}
۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله 50% black cumin+ 50% fenugreek	10.53^{b}	14.33^{b}	9.67^{b}	15.4^{ab}	680.53^{bc}	2669.2^{b}
۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله 25% black cumin+ 75% fenugreek	11.17^{ab}	15.74^{ab}	10.47^{ab}	15.63^{a}	753.82^{b}	3033.4^{ab}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

*Means with similar letters are not significantly different at 5% level.

مخلوط افزایشی و جایگزینی، منطقی به نظر می‌رسد. در تحقیقی دیگر با بررسی کشت مخلوط نعناع و رز کم تر بودن عملکرد وزن خشک کل در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گزارش شد (Rajeswara, 2002).

نسبت برابری زمین LER و ATER

بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر LER و ATER به‌ترتیب از نسبت افزایشی (۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله) و نسبت جایگزینی (۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله) حاصل شد (جدول ۸). پژوهشگران با انجام مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) با گیاهانی نظیر ماش، ماش سیاه (*Phaseolus mungo* L.)، بادام‌زمینی (*Arachys hypogaea* L.) و آفتابگردان مشاهده کردند که کشت مخلوط کنجد با بادام‌زمینی با نسبت ۱:۲ بیش‌ترین نسبت برابری زمین را در بین گیاهان داشتند (Sarkar et al., 2001). سایر محققین نیز بیان کردند بیش‌ترین LER از نسبت ۵۰:۵۰ کشت مخلوط زعفران (*Crocus sativus* L.) و زیره سبز حاصل گردید (Koocheki et al., 2016). در صورتی که زمان تصرف زمین به‌وسیله گونه‌های شرکت‌کننده در کشت مخلوط متفاوت باشد، نسبت معادل سطح- زمان در مقایسه با نسبت برابری زمین، شرایط ارزیابی بهتری فراهم می‌نماید (Awal et al., 2007). نسبت معادل سطح زمان در تیمارهای کشت مخلوط ذرت با گندم و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp.) با نعناع بالاتر از یک و در تیمارهای مخلوط ذرت با سویا و بادام زمینی کم‌تر از یک گزارش شده است (Sherma & Behara, 2009; Singh et al., 2010). در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و بادام‌زمینی نیز نسبت معادل سطح- زمان تنها در تیمار دو ردیف بادام‌زمینی و یک ردیف جو، بزرگ‌تر از یک گزارش شده است (Awal et al., 2007).

جدول ۸- نسبت برابری زمین و نسبت برابری زمین-زمان در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط شنبلیله و سیاهدانه

Table 8- LER and ATER in different intercropping ratios of fenugreek and black cumin

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping treatments	نسبت برابری زمین LER	نسبت برابری زمین-زمان ATER
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 12.5% fenugreek	1.36	1.30
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 25% fenugreek	1.34	1.28
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۳۷/۵٪ شنبلیله 100% black cumin+ 37.5% fenugreek	1.22	1.19
۱۰۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله 100% black cumin+ 50% fenugreek	1.20	1.17
۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ شنبلیله 75% black cumin+ 25% fenugreek	1.19	1.14
۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ شنبلیله 50% black cumin+ 50% fenugreek	1.31	1.27
۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ شنبلیله 25% black cumin+ 75% fenugreek	1.18	1.16

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان دارویی سیاهدانه و شنبلیله تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط قرار گرفت. سری افزایشی ۱۰۰٪ سیاهدانه + ۱۲/۵٪ شنبلیله، بالاترین مقادیر عملکرد دانه، عملکرد وزن خشک کل، درصد اسانس و عملکرد اسانس را در گیاه سیاهدانه به خود اختصاص داد. در گیاه شنبلیله بیش‌تر صفات از جمله عملکرد وزن خشک کل و عملکرد دانه در کشت مخلوط کم‌تر از کشت خالص بود، امّا قابل ذکر است که نهایتاً عملکرد کل در دو گیاه در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص گردید. محاسبه شاخص سودمندی کشت مخلوط حاکی از حصول بیش‌ترین نسبت برابری زمین- زمان (ATER= ۱/۳۰) در سری افزایشی مذکور بود. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که با به‌کار گرفتن نسبت‌های صحیح کشت برای گیاهان در نظام کشت مخلوط بتوان عملکردها و خصوصیات کیفی گیاهان را بهبود بخشید که برای رسیدن به نتایج بهتر و دقیق‌تر به انجام تحقیقات بیش‌تری در این زمینه نیاز می‌باشد و می‌توان حالت‌های مختلف کشت ردیفی، نواری و

درهم دو گیاه مورد بررسی در این آزمایش را ارزیابی نمود. هـم‌چنـین می‌توان اثر سایر گیاهان تیـره لگومینـوز را در کنـار سـیاهدانه مـورد سنجش قرار داد.

References

Amosse, C., Jeuffroy, M.H., Mary, B., and David, C., 2014. Contribution of relay intercropping with legume cover crops on nitrogen dynamics in organic grain systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems 98: 1-14.

Antuono, L.F., Moretti, A., and Lovato, A.F.S., 2002. Seed yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascene* L. Industrial Crops and Products 15: 59 – 69.

Awal, M.A., Pramanik, M.H.R., and Hossen, M.A., 2007. Interspecies competition, growth and yield in Barley-Peanut intercropping. Asian Journal of Plant Sciences 6(4): 577-584.

Banik, P.A., Midya, B.K., Sarkar, S., and Ghose, S., 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal Agronomy 24: 325-332.

Bassim Atta, A., 2003. Some characteristics of nigella (*Nigella sativa* L.) seed cultivated in Egypt and its lipid profile. Food Chemistry 83: 63-68.

Bigonah, R., Rezvani Moghadam, P., and Jahan, M., 2015. Effect of different fertilizer management on some quantitative and qualitative traits of (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(4): 574-581. (In Persian with English Summary)

Bilasvar, H.M., Salmasi, S.Z., Valizadeh, M., Janmohammadi, H., and Lotfi, R., 2016. Cropping pattern and time of harvest effects on essential oil content of two sweet basil cultivars in intercropping with corn. Advances in Bioresearch 7(2): 22-27.

Carruthers, K., Prithirviraj, B., Clouter, D., Martin, R.C., and Smith D.L., 2000. Intercropping corn with soybean, lupine and forages: Yield component responses. European Journal of Agronomy 12: 103-115.

Duchene, O., Vian, J.F., and Celette, F., 2017. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms: A review. Agriculture, Ecosystems and Environment 240: 148-161.

Ghosh, P.K., Tripathi, A.K., Bandyopadhyay, K.K., and Manna, M.C., 2009. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. European Journal of Agronomy 31: 43-50.

Hamzei, J., 2013. Evaluation of yield, SPAD index, land use efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare*) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia*). Journal of Crop Production and Processing 4: 79-91. (In Persian with English Summary)

Hassanzadeh, F., Koocheki, A., Khazaie, H.R., and Nassiri Mahallati, M., 2011. Effect of plant density on growth characteristics and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) Intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8(6): 920-929. (In Persian with English Summary)

Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary)

Jose, G.F., Stephen, R., and King, A.V., 2018. Component crop physiology and water use efficiency in response to intercropping. European Journal of Agronomy 93: 27-39.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G., 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foeniculum vulgare* Mill.) on mycorrhiza inoculation supplemented with p- fertilizer. Journal of Bioresource Technology 93: 307- 311.

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Broumand Rezazadeh, Z, Jahani, M., and Jafari, L., 2014. Evaluation yield of medicinal plant (*Nigella sativa* L.) in intercropping with (*Cicer arietinum* L.) and (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Seyyedi, S.M., and Gharaei, S.H., 2016. Evaluation of the effects of saffron–cumin intercropping on growth, quality and land equivalent ratio under semi-arid conditions. Scientia Horticulturae 201: 190-198.

Kumar, B.R.M., Mansur, C.P., Salimath, P.M., Alagundagi, S.C., and Sarawad, I.M., 2009. Influence of different row proportions on yield components and yield of rabi crops under different intercropping systems. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 22: 1087-1089.

Maffei, J., and Mucciarelli, M., 2003. Essential oil yield in pipper mint-soybean strip-cropping. Field Crops Research

84: 229-240.

Martin Guay, M.O., Paquette, A., Dupras, J., and Rivest, D., 2018. The new Green Revolution: Sustainable intensification of agriculture by intercropping. Science of the Total Environment 615: 767-772.

Mazaheri, D., 1998. Intercropping. Tehran University Publication, Tehran, Iran 262 p. (In Persian)

Mead, R., and Willey, W., 1980. The concept of land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture 16: 217-228.

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): 269-279. (In Persian with English Summary)

Morales, R.E.J., Escalante, E.J.A., Sosa, C.L., and Volke, H.V.H., 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annus* L. in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high valleys of Mexico. Tropical and Subtropical Agro ecosystems 10: 431–439.

Omidbaigi, R., 2004. Production and processing of medicinal plants. Third Edition. Astane Ghodse Razavi Publication, Mashhad, Iran 397 p. (In Persian)

Rajeswara Rao, B.R., 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oilcomposition of rose-scented geranium (Pelargonium species) as influenced by row spacings an intercropping with corn mint (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens Malinv*. Ex Holmes). Industrial Crops and Products 16: 133–144.

Rezaeichiyaneh, E., Valizadegan, O., Tajbakhsh, M., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Rimaz, V., 2014. 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)

Rezvani Moghadam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi, R., 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek)- black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. Journal of Agroecology 1(1): 65-79. (In Persian with English Summary)

Sadri, S., Pouryousef, M., and Solaimani, A., 2014. Evaluation of essential oil yield and indexes in intercropping of fennel and fenugreek. Iranian Journal of Crop Improvement 16(4): 921-932. (In Persian with English Summary)

Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P., and Wang, S., 2006. Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization effects on soil nitrogen and cotton and sorghum yields. European Journal of Agronomy 25: 372-382.

Sarkar, R.K., and Kunda, C., 2001. Sustainable intercropping system of sesame (*Sesamum indicum*) with pulse and oilseed crop on rice fallow land. Indian Journal of Agricultural Sciencec 71: 545-550.

Sastava, B.M., Lavan, M., and Maina, Y.T., 2004. Management of insect pests of soybean: effects of sowing date and intercropping on damage and grain yield in the Nigerian Sudan savanna. Crop Protection 23: 155-161.

Sherma, A.R., and Behera, U.K., 2009. Recycling of legume residues for nitrogen economy and higher productivity in maize (*Zea mays* L.)– wheat (*Triticum aestivum*) cropping system. Nutrient Cycling in Agroecosystem 83: 197-210.

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: 289-29.

Sobkowicz, P., 2006. Competition between triticale (*Triticoscale* Witt.) and field beans (*Vicia faba* L.) in additive intercrops. Plant, Soil and Environment 52: 42-54.

Vandermeer, J.H., 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press.

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

Zhang L., Vanderwerf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li., B., and Spierts, J.H., 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research 107: 29-42.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1261-1273

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۱۲۷۳-۱۲۶۱

Improving Quantitative and Qualitative Yield of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) in Intercropping with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.)

E. Rahmati[1], SH. Khalesro[2*] and GH. Heidari[3]
Submitted: 29-04-2018
Accepted: 08-09-2018

Rahmati, E., Khalesro, Sh. and Heidari, Gh. 2020. Improving quantitative and qualitative yield of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Journal of Agroecology. 11 (4):1261-1273.

Introduction
Intercropping system is one of the most important strategies for achieving sustainable agriculture goals. Intercropping increases biodiversity in agroecosystems and enhances yield on a given piece of land by making more efficient use of the available resources. In these systems, legumes are a key functional group, and are highly valued for the agroecological services they provide. Adding legumes in fields is justified by their natural ability to exploit atmospheric nitrogen. This additional source of N is expected to avoid inter-specific competition between plants and legumes for N acquisition. Medicinal plants play pivotal role in human health. The use of sustainable agriculture is the foundation for safe and healthy Medicinal plants. Therefore, the purpose of this research was evaluation of quantitative and qualitative traits of black cumin (*Nigella sativa* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-greacum* L.) in additive and replacement series of intercropping.

Materials and Methods
Field experiment was conducted at the Agricultural Research station, University of Kurdistan, during 2015 growing season. In this research, qualitative and quantitative traits of black cumin and fenugreek were investigated. Experimental design was randomized complete block with three replications. Experimental factors were 50% fenugreek + 50% black cumin, 25% black cumin + 75% fenugreek, 75% black cumin + 25% fenugreek, 100% black cumin + 12.5% fenugreek, 100% black cumin + 25% fenugreek, 100% black cumin + 37.5% fenugreek, 100% black cumin + 50% fenugreek based on replacement and additive series and their monocultures. The seeds were sown directly on 4th of May for both plants. In this study, morphological characteristics consisted of branch number per plant, follicle number per plant, seed number per follicle, 1000 seed weight, essential oil content, essential oil yield of black cumin and branch number per plant, pod number per plant, seed number per pod, 1000 seed weight of fenugreek and biological and seed yield were measured in both plants. Intercropping indexes included of LER and ATER were also evaluated. The obtained data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS statistical software and means were compared using the least significant difference test (L.S.D) at level of 0.05.

Results and Discussion
The results revealed that different intercropping ratios had significant effect on morphological traits, biological and seed yield of both plants. The usage of 100% black cumin + 12.5% fenugreek gave the highest values of branch number per plant (18.87), follicle Number per plant (29.73), Seed number per follicle (52.6), 1000-seed weight (2.67 g), seed yield (972.1 kg.ha^{-1}), biological yield (2757.1 kg.ha^{-1}) and essential oil yield (11.19 kg.ha^{-1}) of black cumin. It seems that black cumin was more efficient for uptake nutrient resources in comparison with fenugreek. With increasing fenugreek density different traits of black cumin decreased in the other additive treatments. This decrement maybe related to the effect of density which increases competition. Statistical analysis revealed that all traits of fenugreek such as branch number per plant, pod number per plant, Seed number per pod, 1000-seed weight, biological yield and seed yield were 12.27, 16.80, 11.63, 15.77g, 3266.7 kg.ha^{-1} and 874.4 kg.ha^{-1}, respectively. These values belonged to monoculture of fenugreek. Intercropping indexes included of LER (1.36) and ATER (1.30) showed higher values in 100% black cumin + 12.5% fenugreek treatment.

1, 2 and 3 - Post graduate of M.Sc in Agroecology, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: sh.khalesro@uok.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.72390

Conclusion
The highest values of most characteristics of black cumin were obtained from 100% black cumin + 12.5% fenugreek. Furthermore, it could be concluded that the mentioned additive series was the best treatment of intercropping and gave the highest LER and ATER due to improved growth condition.

Keywords: Additive series, Essential oil, Land equivalent ratio, Medicinal plants, Sustainable agriculture