مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۲ شماره ۳ صفحه های ۲۲۷ تا ۲۴۲ (۱۴۰۰)
مقاله پژوهشی

ارزیابی برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی، درصد اسانس و نسبت برابری زمین در الگوهای مختلف کشت مخلوط خردل سیاه و اسطوخودوس[1]

Evaluation of Some Morphological Traits, Essential Oil Content and Land Equivalent Ratio in Different Intercropping Patterns of Mustard (*Brassica nigra* L.) and Lavender (*Lavandula angustifolia* L.)

زهره حبیبی شرف آباد، مهدی حسینی فرهی*، مسلم عبدی پور*، عبدالصمد کلیدری و لادن رشیدی[2]

چکیده

کشت مخلوط در بسیاری از مناطق جهان به‌دلیل استفاده بهینه از منابع و افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی و زراعی اهمیت یافته است. به‌منظور ارزیابی تأثیر کشت مخلوط خردل سیاه و اسطوخودوس بر درصد اسانس، برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و نسبت برابری زمین، آزمایشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی شامل درصدهای مختلف کشت مخلوط خردل سیاه و اسطوخودوس (۱۰۰ درصد خردل سیاه، ۷۵ درصد خردل سیاه- ۲۵ درصد اسطوخودوس، ۵۰ درصد خردل سیاه- ۵۰ درصد اسطوخودوس، ۲۵ درصد خردل سیاه- ۷۵ درصد اسطوخودوس و ۱۰۰ درصد اسطوخودوس) بودند. ویژگی‌هایی مانند وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی، تعداد شاخه جانبی، ارتفاع بوته، درصد اسانس و نسبت برابری زمین، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف کشت مخلوط، اثر معنی‌داری بر همه ویژگی‌های مورد بررسی داشت. بیشترین میزان درصد اسانس (۳/۲۴ ٪) و ویژگی‌های مطالعه شده در هر دو گیاه از تیمار۵۰+۵۰ درصد خردل سیاه و اسطوخودوس به دست آمد. یک رابطه رگرسیونی مثبت بین درصد اسانس و ماده خشک اندام هوایی در هر دو گیاه دارویی خردل سیاه و اسطوخودوس مشاهده گردید. درصد اسانس با همه ویژگی‌های مورد بررسی به غیر از ارتفاع بوته در این آزمایش در گیاه اسطوخودوس همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط، بالاتر از یک و بین ۱/۳۸ تا ۱/۸۴ بود که نسبت برابری زمین بالاتر از یک نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این ترکیب کشت می‌باشد. در مجموع، کشت مخلوط۵۰٪ خردل سیاه +۵۰٪ اسطوخودوس نسبت به کشت خالص، با توجه به بهبود ویژگی‌های ریخت‌شناسی و افزایش سودمندی آن پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسطوخودوس، خردل سیاه، درصد اسانس، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین.

مقدمه

الگوهای تک‌کشتی صرف‌نظر از ریسک بالای تولید، به‌دلیل افزایش کاربرد نهاده‌های کشاورزی مانند کود، سم و علف‌کش شیمیایی منجر به افزایش نگرانی‌ها در مورد سلامت محصول‌های و آلودگی‌های محیطی شده است. این نگرانی‌ها به‌ویژه در مورد گیاهان دارویی که دارای تقاضای روزافزون برای ترکیب‌های طبیعی می‌باشد و باید در شرایط ارگانیک تولید شوند، قابل توجه است (۱۹). تاکنون رویکردهای مختلفی برای پایین آوردن ریسک تولید و کاهش مصرف بالای ترکیب‌های شیمیایی در الگوهای

۱- تاریخ دریافت: ۹۹/۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۴

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه علوم باغبانی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران؛ استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، ایستگاه تحقیقاتی گچساران، گچساران؛ استادیار گروه زراعت، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج و دانشیار گروه سم شناسی، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، سازمان ملی استاندارد ایران، البرز، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (m.h.farahi@iauyasooj.ac.ir; abdipur.m@gmail.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

تک‌کشتی پیشنهاد شده‌اند. این روش‌های جایگزین، به‌ویژه در گیاهان دارویی که تقاضا برای محصولات طبیعی تولید شده در شرایط ارگانیک بسیار بالا است، اهمیت قابل توجه‌ای برای پژوهشگران در سال‌های اخیر داشته است. کشت مخلوط، میکروارگانیسم‌های همزیست با گیاهان و محرک‌های رشد ارگانیک از مهم‌ترین رویکردهای جایگزین و امیدبخش برای پایداری تولید و نیل به سمت کشاورزی ارگانیک به‌ویژه در گیاهان دارویی هستند (۳، ۱۶، ۳۷ ، ۴۸).

یکی از الگوهای کشاورزی پایدار کشت مخلوط بوده که به کاشت دو و یا چند گیاه به‌طور همزمان در یک مزرعه با هدف افزایش عملکرد در بعد زمان و مکان گفته می‌شود (۴۶). در نظام‌های کشاورزی، کشت مخلوط به عنوان ابزار مؤثر افزایش تولید در واحد سطح شناخته شده است. این سامانه به دلیل استفاده بهینه از منابع قابل دسترس سبب افزایش تولید و بهبود شاخص‌های ارزیابی می‌گردد (۱۷). به‌طور کلی کشت مخلوط به دلایل زیادی از جمله برخورداری از عملکرد پایدار و کاهش خطرپذیری تولید، کاهش جمعیت آفت‌ها و بیماری‌ها، استفاده بهینه از منابع موجود، افزایش کمیت و کیفیت محصول، افزایش راندمان مصرف آب، کنترل فرسایش خاک، ایجاد تعادل در جیره غذایی انسان و عوامل مختلف دیگر انجام می‌شود (۱۰). یکی از دلایل اصلی که کشاورزان در سرتاسر جهان کشت مخلوط را بر کشت خالص ترجیح می‌دهند این است که در اغلب موارد تولید بیشتری از کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از همان مقدار زمین به دست می‌آید (۱۴). رایج‌ترین شاخص مورد استفاده برای ارزیابی سودمندی عملکرد در کشت مخلوط، نسبت برابری زمین(LER) است. به وسیله این شاخص معلوم می‌شود که چه مقدار زمین لازم است تا با کشت گیاه به صورت تک‌کشتی، عملکردی مشابه کشت مخلوط به‌دست آید (۴۸). هنگامی که نسبت برابری زمین بیشتر از یک باشد نشان دهنده روابط متقابل مثبت بین گیاهان در کشت مخلوط نسبت به خالص بوده و بیان کننده برتری کشت مخلوط نسبت به خالص می‌باشد. این درحالی است که نسبت برابری زمین کمتر از یک نشان دهنده کاهش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی است و بالاخره هنگامی که نسبت برابری زمین برابر یک باشد، بیان کننده این مطلب است که زمین مورد نیاز برای هر دو محصول در کشت مخلوط با کشت خالص برابر است (۳۲).

خردل سیاه[۲] از تیره شب بو[۳]، گیاهی یکساله به ارتفاع ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر و دارای رشد سریع با ساقه راست و منشعب، برگ‌های متناوب و سرنیزه‌ای شکل است. برگ‌های پایینی آن دارای دمبرگ و دندانه‌دار است. این گیاه دارای گل‌های زرد رنگ است که به صورت خوشه‌ای بوده و به تدریج که گلدهی صورت می‌گیرد این خوشه‌ها بزرگتر می‌شوند (۷). این گیاه بومی اروپای جنوبی، نواحی مدیترانه‌ای، چین، هند و آمریکا است. چین و هند دو کشور بزرگ تولید کننده این گیاه در جهان هستند (۱۵). یکی از عمده‌ترین نوع خردل‌ها، خردل سیاه یا فرانسوی می‌باشند که با توجه به ارزش غذایی و ویژگی‌های دارویی به عنوان چاشنی و یک دانه روغنی در بسیاری از کشورهای جهان مورد توجه قرار گرفته و کاربرد غذایی آن در جهان رو به افزایش است (۲).

اسطوخودوس[۴] یکی از مهم‌ترین گیاهان تیره نعناسانان[۵]، چندساله، بوته مانند و پرپشت با گل‌های ارغوانی تیره به صورت سنبله‌های فشرده است که با توجه به سازگاری بالا در مناطق مختلف جهان رشد می‌کند (۲۱). این گیاه دارای بوی مطبوعی ناشی از وجود اسانس در برگ‌ها و گل‌ها است. ترکیب‌های سازنده این گیاه شامل اسانس‌ها، مشتق‌های کومارین، تری‌ترپن‌ها، تانن‌ها و فنیل‌کربوکسیلیک اسیدهایی مانند رزمارینیک‌اسید است (۱۲). اسانس این گیاه حاوی بیش از ۳۰۰ ترکیب فیتوشیمیایی است. اجزای اصلی آن شامل لینالول، لینالیل استات، ترپینن، استات لاوندولول، اوسیمن و سینئول هستند (۶). این گیاه دارای کاربرد وسیع در طب جهت درمان میگرن، انواع گرفتگی عضلات، آسم، برونشیت، بیماری‌های عصبی مانند صرع، بی‌خوابی، بیقراری، وسواس، تسکین دردهای روماتیسمی و همچنین آرام‌بخش در درمان کشیدگی‌های عضلانی، رفع خستگی، التیام زخم‌های دیرجوش به صورت حمام و به عنوان خواب آور درون بالش استفاده می‌شود (۶ ، ۵۰).

عمق نفوذ خوب ریشه برای جذب آب و ماده‌های غذایی، قابلیت بالای پوشش سطح زمین و کاهش جمعیت علف‌های هرز، همچنین عدم رقابت برای جذب نور به دلیل تفاوت ارتفاع، شکل کانوپی و در نهایت سایه‌اندازی گیاه اسطوخودوس، شرایط مناسبی را برای کشت مخلوط با خردل سیاه فراهم کرده است (۴۶)، اما تاکنون گزارشی ازکشت مخلوط خردل سیاه با

۱- Land Equivalent Ratio (LER)
۲- *Brassica nigra* L.
۳- Brassicaceae
۴- *Lavandula angustifolia* L.
۵- Labiatae

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

اسطوخودوس وجود ندارد. با این حال با توجه به اهمیت بالای گیاهان دارویی و مزایای کشت مخلوط، مطالعه‌های زیادی در مورد کشت مخلوط گیاهان دارویی با هم گزارش شده است. میرهاشمی و همکاران (۳۳) ضمن بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد زنیان[۱] و شنبلیه[۲] در کشت‌های خالص و مخلوط، گزارش کردند که مقادیر وزن خشک، شاخص سطح برگ و دوام آن و سرعت رشد محصول در همه تیمارهای کشت مخلوط زنیان و شنبلیله در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود. کشت مخلوط باعث بیشینه استفاده از منابع محیطی و جذب ماده‌های غذایی از خاک شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. کشت مخلوط نخود و خردل به نسبت ۴ به ۱ و ۳ به ۱ نیز باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به کشت خالص نخود و خردل شده است (۱).

نتیجه‌های پژوهش‌های پیشین 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 دنبال آن افزایش عملکرد گیاهان در واحد سطح می‌شود (۲۴). در بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر ویژگی‌های کمی و کیفی زیره سبز[۳] و نخود زراعی[۴] گزارش شد که بالاترین نسبت برابری زمین در نسبت کاشت ۵۰:۵۰ به دست آمد (۵۱). در بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود[۵] و لوبیا[۶] مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه زیر تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این ویژگی در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود، اما در تمامی تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بیش از یک بود که نشان دهنده برتری تیمارهای کشت مخلوط نسبت به خالص بود (۲۵). رضوانی مقدم و مرادی (۴۲) در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله و احمدوند و حاجی‌نیا (۴) در کشت مخلوط سویا[۷] و ارزن[۸] معمولی نیز به نتیجه‌های مشابهی دست یافتند. بهادر و همکاران (۹) با انجام کشت مخلوط سیر با گیاهان اسفرزه، سیاهدانه، شوید، زنیان، رازیانه و همیشه بهار نتیجه گرفتند گیاهانی مانند زنیان و رازیانه که دارای نیاز آبی بالایی بودند عملکرد سیر را به شدت کاهش دادند، اما به‌دلیل اینکه سهم عملکرد بالاتری در کشت مخلوط داشتند، از شاخص ارزش نسبی بیشتری برخوردار بودند.

نتیجه‌های پژوهشی روی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گل‌کلم[۹] و رازیانه[۱۰] نشان داد که کشت مخلوط این دو گیاه باعث افزایش عملکرد دانه گیاه رازیانه نسبت به کشت خالص آن شد و در این پژوهش بیشترین عملکرد دانه رازیانه از نسبت ۱:۱ این کشت مخلوط به‌دست آمد (۴۷). رضایی چیانه و دباغ محمدی نسب (۴۱) گزارش کردند که در کشت مخلوط نواری عملکرد و اجزای عملکرد شنبلیله با زنیان بیشترین ارتفاع بوته (۵۶/۴۴ سانتی‌متر) از کشت خالص شنبلیله و کمترین میزان آن (۴۵ سانتی‌متر) از کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۲ ردیف زنیان و ۶ ردیف شنبلیله به دست آمد.

دو گیاه اسطوخودوس و خردل سیاه با توجه به تفاوت سیستم ریشه‌ای، ارتفاع، شکل تاج پوشش و توانایی جذب ماده‌های غذایی از خاک، شانس رسیدن به یک نسبت برابری زمین قابل قبول را به دلیل کاهش اثرات رقابتی افزایش می‌دهد. این ویژگی‌های مناسب دو گیاه برای کشت مخلوط و عدم ارائه گزارش علمی در رابطه با امکان‌سنجی و ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان خردل سیاه و اسطوخودوس در شرایط کشت مخلوط نیاز به ارزیابی این دو گیاه در شرایط کشت مخلوط را بیش از پیش نشان می‌دهد. لذا هدف از این مطالعه در وهله اول امکان‌سنجی کشت مخلوط این دو گیاه و بررسی تاثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گیاه خردل سیاه و اسطوخودوس بر ویژگی‌های کمی و کیفی آن‌ها و در مرحله دوم تعیین بهترین نسبت کشت مخلوط برای دستیابی به بهترین نسبت برابری زمین جهت نیل به درآمد بالاتر در تولید این دو گیاه دارویی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کشت مخلوط خردل سیاه و اسطوخودوس بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، درصد اسانس و نسبت برابری زمین، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج (عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۱ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۸۷۰ متر) اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی کشت مخلوط شامل درصدهای مختلف کشت مخلوط خردل سیاه و اسطوخودوس

۱- *Trachyspermum copticum* ۲- *Trigonella graceum-foenum* L. ۳- *Cuminum cyminum L.*
۴- *Cicer arietinum L.* ۵- *Cicer arietinum L.* ۶- *Phaseolus vulgaris L.* ۷- *Glycine max L. Merr*
۸- *Panicum miliaceum L.* ۹- *Brassica oleracea* ۱۰- *Foeniculum vulgar Mill*

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

(۱۰۰ درصد خردل سیاه، ۷۵ درصد خردل سیاه- ۲۵ درصد اسطوخودوس، ۵۰ درصد خردل سیاه- ۵۰ درصد اسطوخودوس، ۲۵ درصد خردل سیاه- ۷۵ درصد اسطوخودوس و ۱۰۰ درصد اسطوخودوس) بودند. پیش از اجرای آزمایش با برداشت نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱). بر اساس آنالیز خاک حدود ۳۰ تن کود دامی پوسیده به مزرعه اضافه گردید. شیوه توزیع بارندگی و همچنین دیگر ویژگی‌های آب و هوایی محل اجرای آزمایش در طول فصل رشد در گیاه خردل سیاه و اسطوخودوس در جدول (۲) آورده شده است.

جدول۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Some of the physical and chemical characteristics of the experimental soil.

بافت خاک Soil texture	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	درصد نیتروژن کل N (%)	درصد کربن آلی Organic carbon (%)	pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	عمق خاک Depth of soil (cm)
رسی Clay	338	10	0.09	0.09	7.6	0.7	0-30

جدول ۲- برخی ویژگی‌های آب و هوایی یاسوج در فصل زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ سایت هواشناسی کهگیلویه و بویراحمد.

Table 2. Meteorological data for the Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad site in 2017-18.

ماه‌های سال Months of the year	بارش ماهیانه Monthly rainfall (mm)	رطوبت ماهیانه Monthly humidity (%)		دمای ماهیانه Monthly temperature (°C)	
		کمینه رطوبت Minimum humidity	بیشینه رطوبت Maximum humidity	کمینه دما Minimum temperature	بیشینه دما Maximum temperature
مهر October	0.00	1.00	51.00	6.40	30.40
آبان November	17.30	1.00	100.00	-1.20	26.80
آذر December	60.80	2.00	100.00	-4.20	20.00
دی January	16.80	1.00	97.00	-0.60	21.60
بهمن February	33.50	3.00	100.00	-0.80	19.20
اسفند March	98.20	2.00	98.00	3.20	22.20
فروردین April	66.70	1.00	100.00	4.80	27.40
اردیبهشت May	129.30	2.00	70.00	9.20	27.00
خرداد June	0.00	1.00	40.00	14.00	36.20
تیر July	0.00	1.00	40.00	14.00	39.60
مرداد August	0.00	2.00	55.00	16.80	37.80
شهریور September	2.70	1.00	59.00	13.60	36.80

Source: Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Meteorological Department.

منبع: اداره هواشناسی استان کهگیلویه و بویراحمد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

عملیات آماده‌سازی زمین در اواخر پاییز سال ۱۳۹۶ با شخم عمیق توسط گاوآهن برگردان‌دار شروع شد و در اوایل بهار سال ۱۳۹۷ کود گاوی پوسیده به میزان ۳۰ تن در هکتار به زمین آزمایش اضافه و عملیات دیسک‌زنی و کولیتوار جهت آماده‌سازی صورت گرفت. نشاء هر دو گیاه، خردل سیاه و اسطوخودوس از یک تولید کننده تجاری تهیه و به ترتیب در تاریخ های ۱۰ و ۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۷ به زمین اصلی منتقل و در کرت‌هایی به مساحت ۱۲ متر مربع به ابعاد ۴×۳ متر نشاءکاری گردید. فاصله ردیف‌ها از هم ۵۰ سانتی‌متر بود. فاصله نشاهای کشت‌شده خردل سیاه و اسطوخودوس روی ردیف‌ها به ترتیب ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر نسبت به هم درنظر گرفته شدند. تراکم خردل سیاه ۶ بوته و برای اسطوخودوس ۴ بوته در متر مربع بود. آبیاری به صورت غرقابی انجام شد و به منظور استقرار کامل نشاها و جلوگیری از خشک شدن آن‌ها، آبیاری در ابتدای نشاکاری به صورت هر دو روز یکبار به مدت دو هفته و پس از اطمینان از استقرار نشاها، آبیاری هر ۱۰-۷ روز یکبار صورت گرفت. کنترل علف‌های هرز با وجین دستی و طی چند مرحله در طول فصل رشد انجام گرفت.

خردل سیاه از انتهای خرداد ماه تا ابتدای تیرماه ۱۳۹۷ زمانی‌که نیام‌ها در مرحله رسیدگی کامل بودند، برداشت شد. برداشت سرشاخه‌های گلدار در گیاه اسطوخودوس همزمان با بیشینه گلدهی یعنی باز شدن بیش از ۵۰ ٪، از گلچه‌ها از شهریور ماه تا آذرماه ۱۳۹۷ در چند چین انجام شد. در مورد گیاه اسطوخودوس با توجه به کم بودن گل‌ها، سرشاخه‌های گل‌دار برداشت شدند. برای این منظور دو ردیف کناری هر کرت و همچنین نیم متر از بالا و انتهای هر کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و بقیه برداشت شدند. نمونه‌های گل و سرشاخه‌های برداشت شده برای تعیین وزن تر و خشک (بر حسب گرم در مترمربع) به آزمایشگاه منتقل شدند.

برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه (برحسب گرم در متر مربع) ابتدا پنج بوته از هر گیاه در هر کرت در پایان فصل رشد، انتخاب و پس از انتقال بوته‌ها به آزمایشگاه اندام هوایی و ریشه‌ها جدا گردید و وزن تر با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری گردید. سپس اندام هوایی و ریشه هر تیمار به طور جداگانه در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت و سپس وزن خشک با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد (۲۳). برای اندازه‌گیری تعداد شاخه جانبی ابتدا پس از خارج کردن بوته‌ها از خاک، تعداد شاخه‌های جانبی منشعب شده از ناحیه پاهنگ در هر کرت به صورت تصادفی از بین ۸ بوته اندازه‌گیری شد. همچنین، برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، ۵ بوته از هر کرت در پایان فصل رشد انتخاب شدند، ارتفاع بوته (از ۲-۳ سانتی‌متری پاهنگ) تا جایی که ساقه اصلی رشد کرده بودند به‌وسیله خط‌کش اندازه‌گیری شد (۲۳). برای اندازه‌گیری میزان اسانس هر دو گیاه از دستگاه کلونجر استفاده شد. ابتدا نمونه‌های خشک گیاه (به میزان ۵۰ گرم) که پیش از آن در دمای اتاق (۲۳-۲۰ درجه سلسیوس) خشک شده بودند به همراه آب وارد بالن دستگاه شد و هیتر روشن گردید. از طرفی شیر آب خنک باز تا در پیرامون کندانسور جریان یابد. پس از جوشیدن آب، بخارها به سمت مبرد حرکت و در آن جا خنک شد و مایع و اسانس داخل لوله جمع‌آوری اسانس ریخته شدند. پس از پایان کار (به مدت ۳ ساعت)، شیر لوله جمع‌آوری اسانس باز شد و پس از پایان کار، اسانس داخل ظرف ویژه ریخته شد و با سولفات سدیم خشک گردید (۳۱).

نسبت برابری زمین

جهت ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین براساس عملکرد گونه‌های خردل سیاه و اسطوخودوس (LER) براساس معادله یک بهره گرفته شد (۳۲).

معادله (۱)
$$LER=\frac{Y1}{F1}+\frac{Y2}{D2}$$

در این معادله، Y_1 و Y_2 به‌ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در مخلوط و F_1 و D_2 نیز عملکرد خالص گونه اول و دوم است. واکاوی آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزارآماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون کمینه اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد.

نتایج و بحث

آنالیز واریانس ویژگی‌های مورد ارزیابی

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار کشت مخلوط خردل سیاه و اسطوخودوس در ویژگی‌های مورد بررسی از جمله وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، تعداد ساقه جانبی و ارتفاع بوته برای گیاه

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

خردل سیاه در سطح آماری پنج درصد ($P\leq0.05$) و درصد اسانس در سطح آماری یک درصد ($P\leq0.01$) معنی‌دار شدند .اثر کشت مخلوط اسطوخودوس و خردل سیاه در وزن خشک ریشه، تعداد شاخه جانبی و درصد اسانس اسطوحودوس در سطح آماری یک درصد ($P\leq0.01$) و در ویژگی‌های وزن تر ریشه، وزن تر و خشک اندام‌هوایی و ارتفاع بوته این گیاه در سطح آماری پنج درصد ($P\leq0.05$) معنی‌دار شدند.

وزن تر و خشک ریشه

ویژگی‌های وزن تر و خشک ریشه در ترکیب کشت مخلوط ۵۰+۵۰ در هر دو گیاه خردل سیاه و اسطوخودوس نسبت به کشت خالص بیشتر بودند. همچنین، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نسبت به بقیه ترکیب‌های کشت مخلوط داشتند (جدول‌های ۳ و ۴). وزن خشک ریشه برای هر دو گیاه در کشت مخلوط ۷۵+۲۵ نسبت به کشت خالص تفاوت معنی‌داری نشان نداد. وزن خشک ریشه در تیمار کشت مخلوط ۵۰+۵۰ درصد گیاه خردل و اسطوخودوس نسبت به کشت خالص در هر دو گیاه به ترتیب تفاوتی بیش از ۳۶ و ۲۷ درصد را نشان دادند که با توجه به تفاوت‌های ریخت‌شناسی دو گونه، وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌ها، استفاده بهینه از عنصرهای غذایی موجود در خاک و توزیع مطلوب تر نور توسط سایه‌سار، کشت مخلوط می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی دو گونه شود که می‌توان از این موضوع در تولید گیاهان دارویی با مصرف کم نهاده‌های شیمیایی که در تولید گیاهان دارویی حائز اهمیت است، استفاده کرد (۲۷ ، ۳۸). به نظر می‌رسد در ترکیب کشت مخلوط ۵۰ درصد خردل سیاه و ۵۰ درصد اسطوخودوس نور بیشتری به هر دو گیاه رسیده و میزان فتوسنتز افزایش پیدا می‌کند و همچنین میزان دسترسی بهتر ریشه گیاه به عنصرهای غذایی موجب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز در گیاه می‌شود (۵ ، ۳۳). شاید یکی از دلایل احتمالی افزایش رشد ریشه در این تیمار به دلیل دسترسی مناسب بوته‌ها در کشت مخلوط به عنصرهای غذایی باشد که موجب افزایش فتوسنتز شده و با تخصیص بیشتر منابع موجب رشد ریشه شده است. در پژوهشی القوراشی (۵) گزارش کرد که در کشت مخلوط گواوا[1]با گیاهان پوششی، بیشترین وزن تر ریشه گواوا از کشت مخلوط این گیاه با شنبلیله به‌دست آمد. نتیجه‌های مشابهی درباره افزایش وزن خشک ریشه در لوبیای چشم بلبلی در کشت مخلوط با ارزن گزارش شد (۳۶). مردانی و همکاران (۳۰) نشان دادند که در کشت مخلوط پیاز با شنبلیله، وزن خشک پیاز در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. ایشان مقدار کم وزن خشک شنبلیله در کشت خالص را به علت تراکم زیاد و افزایش رقابت بر سر منابع عنوان کردند. وجودی مهربانی و عظیمی (۴۹) گزارش کردند که بیشترین میزان وزن خشک ریشه شنبلیله (۴۳/۱ گرم) در تیمار ۲۵ درصد شنبلیله و ۷۵ درصد داوودی مشاهده گردید.

وزن تر و خشک اندام‌های هوایی

وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در هر دو گیاه خردل سیاه و اسطوخودوس به طور معنی‌داری زیر تاثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط این دو گیاه با هم قرار گرفتند. به نظر می‌آید که تفاوت ارتفاع این دو گیاه (جدول‌های ۳ و ۴) و همچنین متفاوت بودن آشیان‌های اکولوژیک در استفاده از منابع و پایین بودن رقابت بین این دو گیاه از جمله عواملی هستند که سبب سودمندی کشت مخلوط خردل سیاه و اسطوخودوس و تولید وزن تر و خشک بالاتر نسبت به حالت کشت خالص این گیاهان شده است (۳۸) در پژوهشی بیان شد در اثر کشت مخلوط شنبلیله و گشنیز، اختلاف ارتفاع این دو گیاه، جدا بودن آشیان‌های اکولوژیک در استفاده از منابع و کاهش رقابت بین دو گیاه گشنیز و شنبلیله از جمله عواملی هستند که سبب سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه و تولید عملکرد زیستی بالاتر نسبت به کشت تکی آن‌ها می‌شوند (۴۴). برخی از پژوهشگران بیان داشته‌اند که الگوهای کشت مخلوط بر وزن تر و خشک کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار داشتند (۳۵). در پژوهشی در کشت مخلوط نعناع و سویا، تعداد برگ در هر گره، سطح برگ و شاخص سطح برگ در مقایسه با تک‌کشتی بالاتر و همچنین وزن خشک ساقه و برگ در کشت مخلوط نعناع نسبت به کشت خالص بیشتر بود (۲۹). به طور معمول، افزایش عملکرد در کشت مخلوط به دلیل افزایش جذب نور و کارایی استفاده بهتر از نور در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد و همچنین یک رابطه مثبت بین نور و دریافت نور در کشت‌های مخلوط گزارش گردیده است (۸). کشت مخلوط به دلیل آشیانه‌ای اکولوژیک متفاوت موجب افزایش دریافت نور نسبت به کشت خالص می‌گردد (۴۸). کوچکی و همکاران (۲۶) با مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت

۱- *Psidium guajava* L.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

مخلوط مرزنجوش و زعفران گزارش کردند که کشت مخلوط زعفران با مرزنجوش به احتمال به دلیل سایه اندازی بر سطح خاک و تعدیل ریزاقلیم تاج پوشش و در نتیجه مساعدتر شدن شرایط محیطی برای رشد پداژه باعث بهبود تولید گل و عملکرد اقتصادی زعفران در مقایسه با تیمار کشت خالص شد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن خشک اندام هوایی در گیاه اسطوخودوس با ویژگی‌های وزن خشک ریشه، وزن تر اندام هوایی، تعداد ساقه جانبی و درصد اسانس بیانگر این مطلب است که تغییر در وزن خشک ریشه با تغییر در متغیر دیگر مرتبط است. نتیجه‌های حاصل از رابطه رگرسیونی بین ویژگی وزن خشک اندام هوایی و درصد اسانس در گیاهان دارویی خردل سیاه و اسطوخودوس نشان‌دهنده رابطه مثبت و افزایشی است. به این مفهوم که به ترتیب به ازای هر واحد تغییر در ماده خشک اندام هوایی در متغیر درصد اسانس ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۲ واحد تغییر می‌کند (شکل ۱ و ۲).

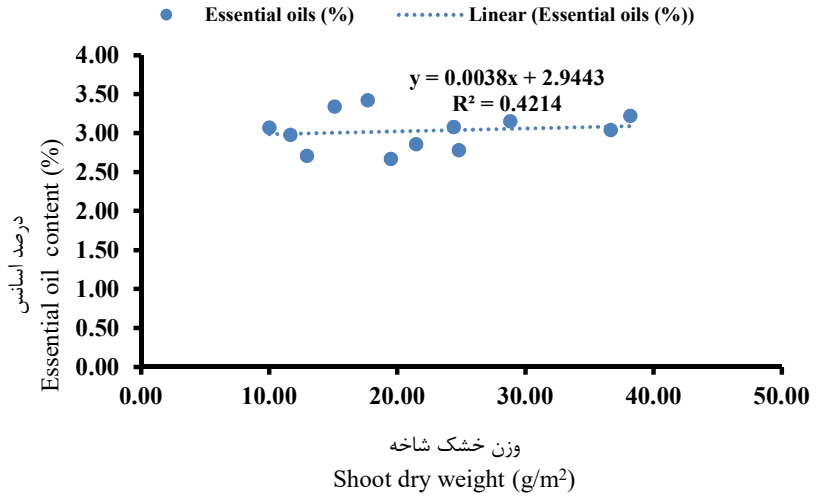

Fig. 1. Relationship between essential oil content (%) and shoot dry matter in black mustard based on the linear regression model.

شکل ۱- ارتباط درصد اسانس و ماده خشک اندام‌هوایی در گیاه خردل سیاه بر اساس مدل رگرسیون خطی.

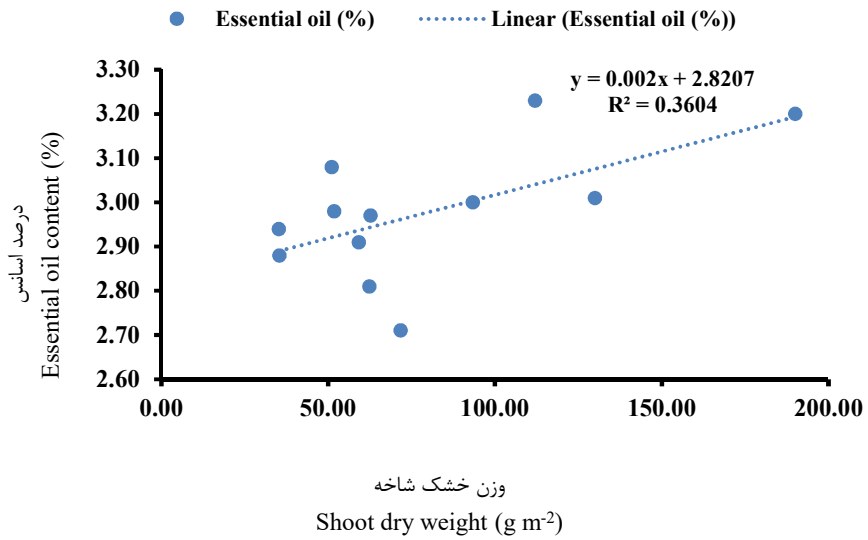

Fig. 2. Relationship between essential oil content (%) and shoot dry matter in lavender based on the linear regression model

شکل ۲- ارتباط درصد اسانس و ماده خشک اندام‌هوایی در گیاه اسطوخودوس بر اساس مدل رگرسیون خطی.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

تعداد شاخه جانبی

بیشترین تعداد شاخه جانبی در خردل سیاه از تیمارکشت مخلوط ۵۰ درصد خردل سیاه +۵۰ درصد اسطوخودوس به دست آمد به طوری که به میزان ۲۲/۷۶ درصد نسبت به کشت خالص خردل سیاه افزایش داشت. کمترین تعداد شاخه جانبی هم مربوط به تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد خردل سیاه + ۷۵ درصد اسطوخودوس بود (جدول‌های ۳ و ۴). بیشترین تعداد شاخه جانبی در اسطوخودوس هم در تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد اسطوخودوس +۵۰ درصد خردل سیاه مشاهده شد. چنین به نظر می‌رسد که به دلیل ایجاد فضای مناسب برای هر گیاه در سیستم کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، امکان ایجاد آرایش فضایی مناسب‌تر برای هر گیاه مقدور شده و گیاهان با استفاده بهینه از امکان موجود تعداد شاخه را افزایش دادند (۴۵). نتیجه‌های حاصل از بررسی حاضر با نتیجه‌های پژوهش روستایی و همکاران (۴۳) روی افزایش تعداد شاخه جانبی در کشت مخلوط شنبلیه با سیاهدانه همخوانی داشت. در بررسی کشت مخلوط زنیان و شنبلیله گزارش شده است که نسبت‌های مخلوط تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های جانبی زنیان داشتند، به‌طوری که بیشترین و کمترین تعداد شاخه جانبی زنیان به ترتیب در کشت مخلوط تک ردیفی و در تک کشتی تولید شد (۳۳).

ارتفاع بوته

براساس نتیجه‌های به دست آمده بیشترین ارتفاع گیاه از ترکیب کشت مخلوط۵۰+۵۰ در هر دو گیاه خردل سیاه و اسطوخودوس حاصل شد که نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول‌های ۳ و ۴). اختلاف ارتفاع بوته گیاه اسطوخودوس در کشت مخلوط ۵۰+۵۰ با گیاه خردل سیاه نسبت به کشت خالص اختلافی بیش از ۲۱ درصد داشته است. به احتمال به نظر می‌رسد که بوته‌های اسطوخودوس به دلیل سایه‌اندازی روی خردل سیاه، باعث کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور شده و در نتیجه این امر، طول بوته خردل سیاه افزایش یافته است (۲۲). بی‌گناه و همکاران (۱۱) در پژوهشی روی تأثیر کشت مخلوط شنبلیله و نعناع فلفلی بیان داشتند در نسبت بالاتری شنبلیله با افزایش رقابت بین گونه‌ای شرایطی مشابه کمبود نور برای نعناع فلفلی ایجاد و طول میانگره‌ها زیاد و به دنبال آن ارتفاع بوته افزایش یافته است. همچنین این پژوهشگران بیان کردند که بوته‌های شنبلیله به دلیل داشتن ارتفاع بلندتر و سایه‌اندازی روی نعناع باعث کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور شده و در نتیجه این امر ارتفاع بوته نعناع در نسبت کشت ۲+۱ افزایش یافت. همبستگی بین ویژگی ارتفاع بوته با بقیه ویژگی‌ها در اسطوخودوس در این آزمایش معنی‌دار نبودند (جدول ۶). کمترین همبستگی معنی‌دار مربوط به ارتفاع بوته با تعداد شاخه جانبی در گیاه خردل سیاه مشاهده گردید (جدول ۵).

درصد اسانس

همان‌طور که در جدول‌های ۴ و ۶ مشاهده می‌شود در کشت مخلوط گیاه خردل سیاه با اسطوخودوس در تمامی نسبت‌های ترکیب شده با هم و در هر دو گیاه نسبت به کشت خالص، درصد اسانس افزایش پیدا کرد. در گیاه خردل سیاه، بیشترین میزان درصد اسانس مربوط به ترکیب کشت ۵۰+۵۰ خردل سیاه و اسطوخودوس بود که به میزان ۱۵/۳ درصد نسبت به کشت خالص خردل سیاه افزایش داشته است. این مقادیر با مقادیر به‌دست آمده از ترکیب‌های ۷۵ درصد خردل سیاه + ۲۵ درصد اسطوخودوس تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری نشان ندادند (جدول ۳). همچنین، بین ترکیب ۲۵ درصد خردل سیاه و ۷۵ درصد اسطوخودوس با کشت خالص خردل سیاه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در گیاه اسطوخودوس بیشترین مقدار درصد اسانس از کشت مخلوط ۵۰ درصد اسطوخودوس و ۵۰ درصد خردل سیاه به دست آمد و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نسبت به کشت خالص اسطوخودوس و سایر ترکیب‌های کشت مخلوط مشاهده شد (جدول ۴). کمترین درصد اسانس مربوط به کشت خالص اسطوخودوس بود.

از آنجا که اسانس‌ها جزئی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند و میزان آن‌ها به شدت به میزان متابولیت‌های اولیه گیاهی (کربوهیدارت ها، پروتئین‌ها و غیره) بستگی دارد؛ بنابراین هر عاملی که باعث افزایش فتوسنتز گیاهی گردد می‌تواند باعث بالا رفتن متابولیت‌های ثانویه گیاهی از جمله اسانس‌ها گردد (۱۳). چنین به‌نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌ها از جمله استفاده بهینه از عنصرهای غذایی موجود در خاک و توزیع مطلوب‌تر نور توسط سایه‌سار دو گونه باعث بهبود رشد و فتوسنتز و به دنبال آن سبب افزایش میزان اسانس در مقایسه با کشت خالص شده است. میزان انباشت اسانس افزون بر موارد بیان‌شده، زیر تاثیر عواملی چون ساختار ژنتیکی، تاریخ کاشت، ژنوتیپ، شرایط اقلیمی منطقه، حاصلخیزی

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

خاک و همچنین، تراکم و الگوی کاشت قرار می‌گیرد (۲۸). براساس نتیجه‌های بی‌گناه و همکاران (۱۱) در کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله، با افزایش نسبت گیاه گشنیز، درصد اسانس در گیاه شنبلیه افـزایش پیدا کرد، به طوری که در تیمار ۷۵ درصد گشنیز + ۲۵ درصد شنبلیه بیشترین میزان اسانس نسبت به سایر تیمارها به دست آمد. حسن زاده اول و همکاران (۱۸) بیان کردند که در کشت مخلوط مرزه[۲]و شبدر ایرانی[۲] درصد اسانس مرزه در همه تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از تیمار خالص مرزه بود. در این آزمایش همبستگی غیرمعنی‌داری بین درصد اسانس با سایر ویژگی‌های مورد بررسی در گیاه دارویی خردل سیاه مشاهده گردید. این یافته مشخص می‌نماید که احتمال دارد اگر متغیر درصد اسانس تغییر کند سایر متغیرهای مورد بررسی تغییر نمایند، اما این تغییرها از لحاظ آماری معنی‌دار و قابل بحث نیستند.

همبستگی بین ویژگی‌ها در خردل سیاه

یکی از شاخص‌های استنباط آماری که میزان و درجه ارتباط بین متغیرها را نشان می‌دهد تعیین ضرایب همبستگی می‌باشد. نتیجه‌های همبستگی پدیدگانی بین ویژگی‌های مورد مطالعه نشان داد که درصد اسانس گیاه خردل هیچگونه همبستگی با ویژگی‌های مورد بررسی در این آزمایش نداشت (جدول ۵). بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۹۳) بین وزن تر ریشه با وزن خشک ریشه در گیاه خردل سیاه مشاهده گردید (جدول ۵). این مطلب بیانگر این است که تغییرهای دو متغیر همراه با هم می‌باشد. نتیجه‌های همبستگی بین ویژگی‌ها نشان داد که همه ویژگی‌های وزن تر و خشک ریشه، وزن تر اندام هوایی، تعداد ساقه جانبی و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار با وزن خشک اندام هوایی داشتند. در مجموع بین بیشتر ویژگی‌های مورد بررسی در گیاه خردل به غیر از ویژگی درصد اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده گردید. برای ارتباط دقیق بین متغیرها از رگرسیون استفاده شد. برای این منظور رابطه بین درصد اسانس به عنوان متغیر تابع و وزن خشک اندام هوایی به عنوان متغیر مستقل استفاده شد (شکل ۱). در این معادله (۲)، ضریب رگرسیون تاثیر نسبی تغییر وزن خشک اندام هوایی موجود در مدل را بر درصد اسانس خردل سیاه نشان می دهد. بر اساس ضریب این معادله، درصد اسانس خردل سیاه به ازای هر واحد تغییر وزن خشک اندام هوایی خردل سیاه ۰/۰۰۳۸ واحد افزایش را نشان داد.

معادله (۲) Essential oil content (%) =2.9443+0.0038 Shoot dry weight

همبستگی بین ویژگی‌ها در اسطوخودوس

نتیجه‌های همبستگی بین وزن خشک اندام هوایی و سایر ویژگی‌ها در گیاه اسطوخودوس نشان داد که ویژگی‌های وزن خشک ریشه، وزن تر اندام هوایی، تعداد ساقه جانبی و درصد اسانس همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد دارند (جدول ۶). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ویژگی‌های وزن خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و تعداد ساقه جانبی با ویژگی درصد اسانس در اسطوخودوس مشاهده گردید. نتیجه‌های حاصل از رابطه رگرسیونی (معادله ۳) بین ویژگی وزن خشک اندام هوایی و درصد اسانس در گیاه اسطوخودوس نشان دهنده رابطه مثبت و افزایشی است.

معادله (۳) Essential oil content (%) = 2.8207+0.002 Shoot dry weight

۲- *Satureja hortensis* L. ۲- *Trifolium resupinatum* L.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد مطالعه در گیاه خردل سیاه در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با اسطوخودوس.

Table 3. Mean comparison of the studied traits in black mustard in different intercropping with lavender.

ترکیب کشت (خردل سیاه+ اسطوخودوس) Culture combination (Black mustard + Lavender)	درصد اسانس Essential oil (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد انشعاب‌های جانبی Number of lateral branches	وزن خشک اندام‌های هوایی Aerial parts dry weight (g m^{-2})	وزن تر اندام‌های هوایی Aerial parts fresh weight (g m^{-2})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g m^{-2})	وزن تر ریشه Root fresh weight (g m^{-2})
۱۰۰ درصد خردل 100% Black Mustard	2.81^{b}	68.23^{ab}	4.00^{b}	18.65^{bc}	47.12^{b}	1.47^{b}	4.07^{ab‡}
۷۵ درصد خردل + ۲۵ درصد اسطوخودوس 25% Lavender+75% Black Mustard	3.18^{a}	65.13^{b}	4.33^{ab}	25.39^{ab}	56.65^{b}	1.78^{ab}	4.83^{a}
۵۰ درصد خردل + ۵۰ درصد اسطوخودوس 50% Lavender+50% Black Mustard	3.24^{a}	72.13^{a}	5.67^{a}	28.22^{a}	72.90^{a}	2.00^{a}	10.6^{a}
۲۵ درصد خردل + ۷۵ درصد اسطوخودوس 75% Lavender+25% Black Mustard	2.88^{b}	57.27^{c}	3.67^{c}	14.81^{c}	44.59^{b}	1.34^{b}	2.60^{b}

‡Means with the same letters are not significantly different according to LSD test at 5% level of probability.

‡میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارد.

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد مطالعه در گیاه اسطوخودوس در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با خردل سیاه.

Table 4. Comparison of the mean of studied traits in lavender in different intercropping with black mustard.

ترکیب کشت (خردل سیاه+ اسطوخودوس) Culture combination (Black mustard + Lavender)	درصد اسانس Essential oil (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد انشعاب‌های جانبی Number of lateral branches	وزن خشک اندام‌های هوایی Aerial parts dry weight (g m^{-2})	وزن تر اندام‌های هوایی Aerial parts fresh weight (g m^{-2})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g m^{-2})	وزن تر ریشه Root fresh weight (g m^{-2})
۱۰۰ درصد اسطوخودوس 100% Lavender	2.83^{c}	67.33^{b}	32.67^{b}	57.89^{b}	155.00^{b}	35.33^{b}	59.02^{b‡}
۷۵ درصد اسطوخودوس+ ۲۵ درصد خردل 250% Black Mustard +75% Lavender	2.91^{c}	68.50^{b}	35.00^{b}	64.29^{b}	146.00^{b}	38.09^{b}	53.67^{b}
۵۰ درصد اسطوخودوس+ ۵۰ درصد خردل 50% Black Mustard +50% Lavender	3.17^{a}	85.33^{a}	48.00^{a}	86.22^{a}	232.67^{a}	48.59^{a}	73.62^{a}
۲۵ درصد اسطوخودوس+ ۷۵ درصد خردل 75% Black Mustard +25% Lavender	2.99^{b}	74.67^{ab}	51.67^{a}	73.13^{ab}	227.33^{ab}	34.59^{b}	71.58^{ab}

‡Means with the same letters are not significantly different according to LSD test at 5% level of probability.

‡میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

جدول ۵- ضرایب همبستگی ویژگی‌های مورد بررسی در خردل سیاه.

Table 5. Correlation coefficients of studied traits in black mustard.

ویژگی‌های مورد بررسی Studied traits	وزن تر ریشه Root fresh weight (g m^{-2})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g m^{-2})	وزن تر اندام‌های هوایی Aerial parts fresh weight (g m^{-2})	وزن خشک اندام‌های هوایی Aerial parts dry weight (g m^{-2})	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	ارتفاع بوته Plant height (cm)	درصد اسانس Essential oil (%)
وزن تر ریشه Root fresh weight	1						
وزن خشک ریشه Root dry weight	0.93**	1					
وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	0.91**	0.89**	1				
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	0.71**	0.92**	0.92**	1			
تعداد انشعاب‌های جانبی Number of lateral branches	0.83**	0.73**	0.75**	0.76**	1		
ارتفاع بوته Plant height	0.71**	0.69*	0.63*	0.71**	0.61*	1	
درصد اسانس Essential oil (%)	0.12 ns	-0.06 ns	0.07 ns	0.14 ns	0.24 ns	0.43 ns	1

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

**, * and ns are significant at the 5 and 1% probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۶- ضرایب همبستگی ویژگی‌های مورد بررسی در اسطوخودوس.

Table 6. Correlation coefficients of studied traits in lavender.

ویژگی‌های مورد بررسی Studied traits	وزن تر ریشه Root fresh weight (g m^{-2})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g m^{-2})	وزن تر اندام‌های هوایی Shoot fresh weight (g m^{-2})	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot Dry weight (g m^{-2})	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	ارتفاع بوته Plant height (cm)	درصد اسانس Essential oil content (%)
وزن تر ریشه Root fresh weight	1						
وزن خشک ریشه Root dry weight	-0.22 ns	1					
وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	-0.09 ns	*0.63	1				
وزن خشک اندام هوایی Shoot Dry weight	-0.32 ns	**0.90	*0.62	1			
تعداد ساقه جانبی Number of lateral branches	-0.01 ns	**0.72	*0.59	**0.79	1		
ارتفاع بوته Plant height	-0.56 ns	0.07 ns	0.44 ns	0.24 ns	0.24 ns	1	
درصد اسانس Essential oil content (%)	-0.04 ns	** 0.69	*0.61	*0.60	**0.84	0.17 ns	1

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار

**, * and ns are significant at the 5 and 1% probability levels and non-significant, respectively

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

شاخص نسبت برابری زمین

مقایسه داده‌ها حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار شاخص نسبت برابری زمین کل بین الگوهای مختلف کشت مخلوط بود. بالاترین LER کل (۱/۸۴) از ترکیب کشت مخلوط ۵۰+۵۰ به دست آمد (جدول ۷). با توجه به نتیجه آزمایش، در تمامی تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در این الگوهای کشت می‌باشد (جدول ۷). میزان نسبت برابری زمین در تیمارهای مختلف کشت مخلوط از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری بودند و در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفتند. در محاسبه نسبت برابری زمین براساس عملکرد گل در خردل سیاه و عملکرد سرشاخه‌های گلدار در اسطوخودوس، شاخص نسبت برابری زمین کل برای هر دو گیاه در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک و بین ۱/۳۸ تا ۱/۸۴ بود. یعنی ۳۸ تا ۸۴ درصد سطح زمین بیشتری در تک کشتی نیاز است تا عملکردی مشابه کشت مخلوط به دست آید. بالا بودن نسبت برابری زمین در کشت مخلوط را می‌توان به استفاده بهتر از منابع محیطیمانند آب، نور و ماده‌های غذایی، تثبیت و جذب نیتروژن، بهبود کارایی مصرف نور، کاهش فشار رقابتی بین دو گونه و کاهش رشد و زیست توده علف‌های هرز نسبت داد (۴۷) و این موضوع نشان می‌دهد که تسهیل بین گونه‌ای بیش از رقابت بین گونه‌ای بوده است.

جدول ۷- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین برای عملکرد گل در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط خردل سیاه و اسطوخودوس.
Table 7. Mean comparison of land equivalent ratio for flower yield in different intercropping ratios of black mustard and lavender.

ترکیب کشت (خردل سیاه+ اسطوخودوس) Culture combination (Black mustard + Lavender)		نسبت برابری زمین - براساس عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Land Equivalent Ratio - based on yield (kg/ha)		
		اسطوخودوس Lavender	خردل سیاه Black mustard	کل Total
100% black mmustard	۱۰۰ درصد خردل	0.00[d]	1.00 [a]	-
0% black mmustard +100% Lavender	۱۰۰ درصد اسطوخودوس	1.00 [b]	0.00[e]	-
25% Lavender+75% black mmustard	۷۵ درصد خردل + ۲۵ درصد اسطوخودوس	0.82[c]	0.58[c]	1.40 [b‡]
50% Lavender+50% black mmustard	۵۰ درصد خردل + ۵۰ درصد اسطوخودوس	1.14[a]	0.70[b]	1.84 [a]
75% Lavender+25% black mmustard	۲۵ درصد خردل + ۷۵ درصد اسطوخودوس	1.05[ab]	0.33[d]	1.38 [c]

‡Means with the same letters are not significantly different according to LSD test at 5% level of probability.
میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارد.

میزان نسبت برابری زمین در تیمارهای مختلف کشت مخلوط از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری بودند و در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفتند. در مجموع نسبت برابری زمین بالاتر از یک در این آزمایش نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در این الگوهای کشت می باشد. نسبت برابری زمین بیشتر از یک معیاری از جذب نور بهتر و کارایی مصرف بالاتر آن در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. همچنین، نشان دهنده رقابت بهتر و استفاده بهینه از منابع نیتروژن و آب در کشت مخلوط می باشد (۲۰). میرهاشمی (۳۳) نیز گزارش کرد که در کشت مخلوط زنیان و شنبلیله بیشترین نسبت برابری (۱/۴۷) از کشت مخلوط تک ردیفی آن‌ها حاصل می‌شود.

متقیان و همکاران (۳۴) در کشت مخلوط ریحان و کنجد نتیجه گرفتند که ترکیب‌های ۵۰ درصد ریحان + ۵۰ درصد کنجد و ۷۵ درصد ریحان +۲۵ درصد کنجد از بیشینه عملکرد (به ترتیب ۱۱۱۴/۸۰ و ۱۰۹۸/۷۵ کیلوگرم در هکتار) و کارایی استفاده از زمین (به ترتیب ۱/۳۳ و ۱/۲۹) برخوردار بودند. پژوهشگران در بررسی کشت مخلوط زیره سبز با عدس (۳۹) زنیان و شنبلیله

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

(۴۰)، ارزن دم روباهی[۳] و ماش[۲] (۲۲) و زیره سبز با شنبلیله (۴۲) مقدار LER را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کرده‌اند که پژوهش حاضر با یافته‌های پیشین همسو می باشد و نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. در مجموع براساس منابع مورد بررسی تاکنون پژوهشی در خصوص تأثیر کشت مخلوط بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و درصد اسانس گیاه اسطوخودوس انجام نشده است و شاید این اولین گزارش در خصوص تاثیر مثبت کشت مخلوط خردل سیاه بر ویژگی‌های مورد نظر در گیاه دارویی اسطوخودوس باشد. نتیجه‌های حاصل از آزمایش حاضر نشان دهنده تاثیر کشت مخلوط بر ویژگی‌های وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، تعداد شاخه جانبی، ارتفاع بوته و درصد اسانس در اسطوخودوس بود. بیشترین مقادیر ویژگی‌های معنی‌دار برای خردل سیاه، از الگوی‌های کشت مخلوط۵۰+۵۰ برای تمامی ویژگی‌های مورد بررسی به دست آمد. نسبت برابری همه الگوهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود که حاکی از برتری کشت مخلوط بر کشت خالص است که نشان‌دهنده رقابت بهتر و استفاده بهینه از جمله منابع نیتروژن و آب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی در گیاه خردل سیاه و اسطوخودوس، بیشترین میزان ویژگی‌های مورد ارزیابی در این آزمایش مربوط به ترکیب کشت ۵۰٪ خردل سیاه + ۵۰٪ اسطوخودوس بود که نسبت به کشت خالص هر دو گیاه دارویی خردل سیاه و اسطوخودوس افزایش را نشان داده است. نتیجه‌های حاصل از این آزمایش حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در نسبت برابری زمین بین الگوهای کاشت مخلوط بود. به طوری که نسبت برابری زمین کل (۱/۸۴) از ترکیب کشت مخلوط ۵۰ + ۵۰ به دست آمد. در تمام تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود. لذا دستیابی به LER بالاتر از یک نشان می‌دهد که کشت مخلوط در مقایسه با کشت‌های خالص از منابع محیطی شامل نور و عنصرهای غذایی به طور موثرتری استفاده کرده‌اند و در رابطه کشت مخلوط مکمل هم بودند. این مزیت به دلیل وجود اختلاف فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی اجزای کشت مخلوط می‌باشد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از رساله دکتری نگارنده اول می باشد. بدینوسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج به جهت فراهم کردن امکانات لازم جهت اجرای این پژوهش تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع References

1. Abraham, T., O.V.S. Thenua and B.G. Shivakumar. 2010. Impact of levels of irrigation and fertility gradients on dry matter production, nutrient uptake and yield on chickpea (*Cicer arietinum*) intercropping system. Legum. Res. Int. J. 33:10–16.
2. Abul-Fadl, M.M., N. El-Badry., M.S. Ammar. 2011. Nutritional and chemical evaluation for two different varieties of mustard seeds. World. Appl. Sci. J. 15:1225–1233
3. Ahmadi, A., A. Dabbagh Mohammdi Nasab., S. Zehtab Salmasi., R. Amini., H. Janmohammadi and F. Nami. 2011. Investigation of light status in sole cropping and intercropping of barley and vetch and its relationship with forage yield. J. Agr. Sci. Sustain. Prod. 21:53–65.
4. Ahmadvand, G and S. Hajinia. 2019. Effect of intercropping on water use efficiency, yield quantity and quality of millet and soybean in irrigation regimes. Iran. J. F. Crop. Sci. 49:97–113. doi: 10.22059/ijfcs.2017.230808.654302
5. Al-qurashi, A.D.S. 2005. Growth and leaf nutrients content of Guava seedling (*Psidium guajava* L.) Intercropped with some legume cover crops. Asian. J. Agric. Sci. 36:109.
6. Amin, G., M. Bozorgi., A. Hosein Salari., A. Khalaj., B. Zolfaghari., R. Rahimi., S. Soleymani., M.R. Shams Ardekani., M, Shirzad and A. Taleb .2019. Lavender. J. Islam. Iran. Tradit. Med. 10:89–96.
7. Askarnejad. M., G. Zarei and A. Zarezadeh. 2015. Effects of planting date and plant density on yield and yield components of *Brassica nigra* under Abarkooh climatic conditions. J. Crop. Prod. 8:183–198.
8. Ayanoğlu, F., A. Mert., N.N. Aslan. and B. Gürbüz. 2002. Seed yields, yield components and essential oil of selected coriander (*Coriandrum sativum* l.) lines. J. Herbs. Spices. Med. Plants. 9:71–76. doi: 10.1300/J044v09n02_10.

۲- *Vigna radiata*
۳- *Setaria italic*

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

9. Bahador, M., A. Abdali-Mashhadi., A. Koochekzade., A. Lotfi and H. Yousefian. 2014. Evaluation of intercropping of garlic (*Allium sativum* L.) with some medicinal plants in Ahvaz climatic conditions. J. Agroecol. 6:488–494. doi: 10.22067/jag.v6i3.21005.
10. Banik. P., A. Midya., B.K. Sarkar and S.S. Ghose. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. Eur. J. Agron. 24:325–332.
11. Bigonah. R., P. Rezvani Moghaddam. and M. Jahan. 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of coriander and fenugreek. Iran. J. F. Crop. Res. 12:369–377. doi: 10.22067/gsc.v12i3.42213.
12. Blažeković, B., S. Vladimir-Knežević., A. Brantner and M.B. Štefan. 2010. Evaluation of antioxidant potential of Lavandula x intermedia Emeric ex Loisel.'Budrovka': a comparative study with L. angustifolia Mill. Molecules. 15:5971–5987.
13. Esmaeilzadeh Bahabadi, S and M. Sharifi. 2013. Increasing the production of plant secondary metabolites using biotic elicitors. J. Cell. Tissue. 4:119–128.
14. Gao, Y., A. Duan., J. Sun., F. Li., Z. Liu., H. Liu and Z. Liu. 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. F. Crop. Res. 111:65–73.
15. Ghassemi-Golezani K., N. Hassanzadeh., M.R. Shakiba and B. Esmaeilpour. 2020. Exogenous salicylic acid and 24-epi-brassinolide improve antioxidant capacity and secondary metabolites of *Brassica nigra*. Biocatal Agric Biotechnol 101636
16. Golubkina, N., L. Logvinenko., M. Novitsky., S. Zamana., S.Sokolov., A. Molchanova., O. Shevchuk., A. Sekara Tallarita. and G. Caruso. 2020. Yield, essential oil and quality performances of *Artemisia dracunculus*, *Hyssopus officinalis* and *Lavandula angustifolia* as affected by arbuscular mycorrhizal fungi under organic management. Plants 9(375):2-16.
17. Gou, F., M.K. Van Ittersum., E. Simon., P.A. Leffelaar., P.E.L. Van der Putten., L. Zhang. and W. Van der Werf. 2017. Intercropping wheat and maize increases total radiation interception and wheat RUE but lowers maize RUE. Eur. J. Agron. 84:125–139.
18. Hassanzadeh Aval, F., A. Koocheki., H.R. Khazaie., H.R. Khazaie., M. Nassiri Mahallati. 2012. Effect of plant density on growth indices of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) intercropping. Iran. J. F. Crop. Res. 10:75–83. doi: 10.22067/gsc.v10i1.14406.
19. Hata, F.T., M. Ursi., V. Maria., T.De Paula., N.V. De. Souza., M.U. Ventura., M.T de. Paula., G.D. Shimizu., J.C.B de. Paula., D.A.O. Kussaba. and N.V. De. Souza. 2019. Intercropping garlic in strawberry fields improves land equivalent ratio and gross income. Ciência Rural 49:1–8.
20. Jahani, M., A. Koochaki. and M. Nassiri Mahalati. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iran. J. F. Crop. Res. 6:67–78. doi: 10.22067/gsc.v6i1.1177.
21. Jamróz, E., L. Juszczak., M. Kucharek. 2018. Investigation of the physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of ternary potato starch-furcellaran-gelatin films incorporated with lavender essential oil. Int. J. Biol. Macromol. 114:1094–1101.
22. Khatamipour, M., M.R. Asgharipour. A.R. Sirousmehr. 2014. Intercropping benefits of foxtail millet (*Setaria italica*) with mungbean (*Vigna radiata*) as influenced by application of different manure levels. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 24:75–86.
23. Kheiry, A., M. Arghavani. and M. Khastoo. 2016. Effects of organic fertilizers application on morphophysiological characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.). Iran. J. Med. Aromat. Plants. Res. 31:1047–1057. doi: 10.22092/ijmapr.2016.105893
24. Koocheki, A., M. Nassiri Mahallati., H. Feizi., S. Amirmoradi. and F. Mondani. 2010. 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. J. Agroecol. 2:225–235. doi: 10.22067/jag.v2i2.7627.
25. Koocheki, A., J. Shabahang., S. Khorramdel. and A. Amin Ghafouri. 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. J. Agroecol. 4:1–11. doi: 10.22067/jag.v4i1.14951
26. Koocheki, A., J. Shabahang., S. Khorramdel and R. Azimi. 2013. The effect of irrigation intervals and

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

intecropped marjoram (*Origanum vulgare*) with saffron (*Crocus sativus*) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. Iran. J. F. Crop. Res. 11:390. doi: 10.22067/gsc.v11i3.29693.

27. Leithy, S., T.A. El-Meseiry. and E. Abdallah. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. J. Appl. Sci. Res. 2:773–779.
28. Machiani, M.A., E. Rezaei-Chiyaneh., A. Javanmard., F. Maggi, M.R. Morshedloo. 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping system under humic acid application. J. Clean. Prod. 235:112–122.
29. Maffei, M. and M. Mucciarelli. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. F. Crop. Res. 84:229–240.
30. Mardani, F., H. Balouchi., A. Yadavi. and A. Salehi. 2015. Effect of row intercropping patterns on yield, yield components, and weed control of fenugreek (*Trigonella foenum-greacum* L l.) and anise (*Pimpinella anisum* L.). Iran. J. F. Crop. Res. 13:623–636. doi: 10.22067/gsc.v13i3.29670.
31. Mardani Nezhad, S., B. Kholdebarin., Y.A. Saadat., A. Moradshahi., M. Vazirpour. 2003. Study of changes in some vegetatien behaviors and essential oil amount in Lavander (*Lvandula officinalis*) in response to different levels of ammonium nitrate. Iran. J. Med. Aromat. Plants. Res. 19:15–36.
32. Mazaheri, D. 1998. Mixed cultivation. University of Tehran Publications. 160 page
33. Mirhashemi, S., A. Koocheki., M. Parsa., S.M. Mirhashemi., A. Koocheki., M. Parsa. and M. Nassiri Mahallati.2009. Evaluating the benefit of Ajowan and Fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iran. J. F. Crop. Res. 7:269–279.
34. Mottaghian, A., H. Pirdashti., M. Bahmanyari. and Mottaghian, B. 2016. Response of basil (*Ocimum basilicum* l.) to type and amount of organic fertilizer applications in intercropping with sesame (*Sesamum indicum* l.). J. Crop. Ecophysiol. 10:1–18.
35. Najaf Abadi, A., J. Jalilian., M.R. Zardoshti. 2017. The effect of intercropping patterns on quantitative and qualitative characteristics of safflower and bitter vetch in high-input and low-input farming systems. J. Crop. Improv. 19:445–460. doi: 10.22059/jci.2017.60427
36. Oliveira, L.B.D.E., R.L.N. Barros., W.B.D.E. Magalhaes., L.O. Medici. and C. Pimentel. 2017. Cowpea growth and yield in sole crop and intercropped with millet. Rev. Caatinga. 30:53–58.
37. Radkowski, A., I. Radkowska. J. Bocianowski. 2020. Effect of the fertilization of meadow sward with amino acids obtained from enzymatic hydrolysis on silage quality. J. Elem. 25:259–277. doi: DOI: 10.5601/jelem.2019.24.3.1890.
38. Rezaei- Chiyaneh, E., M. Tajbakhsh., M. Jamali and M. Ghiyasi. 2016. Evaluation of yield and indices advantages at different intercropping patterns of dill (Anethun graveolens L.) and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). J. Plant. Prod. Technol. 8:15–27. doi: 10.22084/ppt.2016.1752
39. Rezaei- Chiyaneh, E., M. Tajbakhsh., O. Valizadegan and F. Banaei- Asl. 2013. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop. J. Agroecol. 5:462–473. doi: 10.22067/jag.v5i4.33009
40. Rezaei- Chiyaneh, I., M. Tajbakhsh. and S. Fotohi Chiyaneh. 2015. Yield and yield components of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with Ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 24:1–15
41. Rezaei-Chiyaneh, E. and A. Dabbagh Mohammadinasab. 2014. Evaluation of integrated application of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of Ajowan in strip intercropping with of Fenugreek. J. Agroecol. 6:582–594. doi: 10.22067/jag.v6i3.25814.
42. Rezvani Moghadam, P. and R. Moradi. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of Cumin and Fenugreek. Iran. J. F. Crop. Sci. 43:217–230. doi: 10.22059/ijfcs.2012.28484.
43. Rostaei, M. and S. Fallah. 2016. Assessment of canopy characteristics and essential oil yeild of Fenugreek and Black cumin in intercropping under application of organic and chemical ferilizer. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 25:1–23
44. Safikhani, S., M.R. Chaichi., A.A. Poor-Babaei. 2014. The effect of different N fertilizer sources on forage

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

yield of Berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) in an additive intercropping system with basil (*Ocimum basilicum* L.) in Karaj climatic conditions. J. Agroecol. 6:290–300. doi: 10.22067/jag.v6i2.39369

45. Sakhavi, S., R. Amini., M. Reza Shakiba. and A. Dabbagh Mohammadinasab. 2017. Advantage of Faba Bean (*Vicia faba* L.) and Cumin (*Cuminum cyminum* L.) intercropping under organic, biological and chemical fertilizer treatments. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 26:17–32
46. Stanev, S., T. Zagorcheva. and I. Atanassov. 2016. Lavender cultivation in Bulgaria-21st century developments, breeding challenges and opportunities. Bulg. J. Agric. Sci. 22:584–590
47. Sujatha, S., R. Bhat., C. Kannan. and D. Balasimha. 2011. Impact of intercropping of medicinal and aromatic plants with organic farming approach on resource use efficiency in arecanut (*Areca catechu* L.) plantation in India. Ind. Crops. Prod. 33:78–83
48. Tsubo, M., E. Mukhala., H.O. Ogindo. and S. Walker. 2003. Productivity of maize-bean intercropping in a semi-arid region of South Africa. Water. Sa. 29:381–388.
49. Vojodi Mehrabani, L and S. Azimi. 2017. Evaluation of Fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) and Florists Daisy (*Chrysanthemum morifolium* L.) intercropping and its effects on insect population. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 27:247–259.
50. Yaghoobi, K., G. Kaka., S. Davoodi. and H. Ashayeri. 2016. Therapeutic effects of Lavandula angustifolia. J. Gorgan. Univ. Med. Sci. 17(4):1–9.
51. Zarifpour, N., M.T. Naseri Poor Yazdi and M. Nasiri mahallati. 2014. Evaluate the effect of different intercropping arrangements of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) and Chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characterastis of species. Iran. J. F. Crop. Res. 12:34–43. doi: 10.22067/gsc.v12i1.36635.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 22 (3): 227–242 (2021)
Research article

Evaluation of Some Morphological Traits, Essential Oil Content and Land Equivalent Ratio in Different Intercropping Patterns of Mustard (*Brassica nigra* L.) With Lavender (*Lavandula angustifolia* L.)

Z. Habibi-Sharafabad, M. Hosseinifarhi*, M. Abdipour*, A. Kelidari and L. Rashidi[1]

Intercropping has become important in many parts of the world due to the optimal use of resources and increasing the quantitative and qualitative yield of medicinal and agricultural plants. To evaluate the effects of different intercropping patterns of black mustard and lavender on some morphological traits, essential oil content and the land equivalent ratio (LER), an experiment was conducted based on a Randomized Complete Block Design in three replications on the research farm of Islamic Azad University, Yasooj Branch during 2017-2018. Different ratios of black mustard and lavender were intercropping treatments, these treatments included: 100% black mustard (black mustard sole crop), 75% black mustard + 25% lavender, 50% black mustard + 50% lavender, 25% black mustard + 75% lavender and 100% lavender (lavender sole crop). Study traits included root fresh weight, root dry weight, shoot fresh weight, shoot dry weight, number of branches, plant height, essential oil content and LER. The results showed that different intercropping patterns had a significant effect on all the studied traits. The highest content of essential oils and other mentioned traits in both plants were obtained by intercropping treatment (50% black mustard + 50%lavender). A positive regression relationship was observed between essential oil content and shoot dry matter in both black mustard and lavender plants. There was a positive and significant correlation among essential oil content and other traits in lavender. The LER index in all intercropping treatments was more than one (1.38 and 1.84), indicating the superiority of the intercropping systems compared to the sole crop system. In total, intercropping of 50% black mustard + 50% lavender compared to sole crop is recommended due to the improvement of morphological traits and increasing its usefulness.
Keywords: Black mustard, Essential oil, Intercropping, LER, Lavender.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.3.8]

1. Ph.D. Student and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad, Gachsaran Research Station, Gachsaran, Assistant Professor, Department of Agronomy, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj and Associate Professor, Department of Toxicology, Food and Agriculture Research Institute, Standard Research Institute, National Standard Organization of Iran, Alborz, Iran, respectively.
* Corresponding Author, Email: (m.h.farahi@iauyasooj.ac.ir; abdipur.m@gmail.com).