"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

# اثر مصرف ورمی کمپوست بر عملکرد دانه و کیفیت محصول در کشت مخلوط باقلا (*Vicia faba* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.)

# Effect of vermicompost application on seed yield and quality in fababean (*Vicia faba* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping

حکیمه محمدی[1] و اسماعیل رضائی چیانه[2]

## چکیده

**محمدی، ح. و ا. رضائی چیانه . ۱۳۹۸.** اثر مصرف ورمی کمپوست بر عملکرد دانه و کیفیت محصول در کشت مخلوط باقلا (*Vicia faba* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۱(۲): ۱۵۴-۱۳۹.**

**به‌منظور مقایسه الگوهای کشت مخلوط جایگزینی رازیانه و باقلا در سطوح کود ورمی‌کمپوست، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۶- ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شش نسبت مخلوط: کشت خالص رازیانه، کشت خالص باقلا، کشت مخلوط یک ردیف باقلا + یک ردیف رازیانه، دو ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه، سه ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و چهار ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و دو سطح ورمی‌کمپوست: صفر و ۱۰ تن در هکتار بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عمکرد دانه رازیانه (۲۵۶۸/۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کشت خالص و کم‌ترین مقدار (۱۳۹۶/۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار یک ردیف باقلا + یک ردیف رازیانه بود. میزان اسانس و روغن دانه رازیانه در کلیه تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود. مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه، میزان اسانس، عملکرد اسانس، میزان روغن و عملکرد روغن رازیانه (به‌ترتیب ۲۰/۴۸، ۱۴/۵، ۳۲/۷، ۱۱/۱ و ۲۹/۳۷ درصد)، نسبت به عدم مصرف شد. بیشترین میزان آنتول اسانس رازیانه (۷۹/۹ درصد) و اسید چرب اولئیک (۸۳/۱ درصد) از تیمار سه ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه با مصرف ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که کشت مخلوط سه ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه با مصرف ورمی‌کمپوست، بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۴۲) را داشت که معادل ۴۲ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین (نسبت به کشت خالص دو گونه) بود. به نظر می‌رسد که این الگو می‌تواند در بهبود بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی، به ویژه در نظام‌های تولید گیاهان دارویی، مناسب‌تر باشد.**

**واژه‌های کلیدی: آنتول، اسانس، اسید اولئیک، رازیانه و کشت مخلوط.**

---

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۲/۱۸ این مقاله مستخرج از پایانامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک:e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir )

## مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) از تیره چتریان (Apiaceae)، گیاهی یک، دو یا چند ساله با عملکرد دانه یک تا دو تن در هکتار است (Mozaffarian, 2013). کلیه اندام‌های گیاه حاوی اسانس است، ولی بیش‌ترین مقدار اسانس (۲ تا ۶ درصد) در دانه (میوه) آن وجود دارد. مهم‌ترین ترکیب‌های اسانس رازیانه آنتول، متیل کاویکول، فنچون و لیمونن می‌باشند که در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی کاربرد گسترده‌ای دارند (Majnoon Hosseini and Davazdahemami, 2007). سایر ترکیبات دانه شامل پروتئین (۱۸ تا ۲۰ درصد) و روغن (۱۲ تا ۱۸ درصد) هستند (Omidbaigi, 2009). باقلا نیز (*Vicia faba* L.) گیاهی یک‌ساله علفی از تیره بقولات (Fabaceae) است که توانایی زیادی در تثبیت زیستی نیتروژن داشته (۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال) و قابلیت سازگاری زیادی نیز در کشت مخلوط دارد (Parsa and Bagheri, 2008).

کشت مخلوط در بسیاری از نقاط دنیا به‌دلیل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند استفاده کارآمد از منابع، تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، کاهش عوامل بیماری‌زا و آفات، بهبود حاصل‌خیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن حاصل از بقولات، افزایش کمیت و کیفیت محصول، اجرا می‌شود (Vandermeer, 1989). گزارش شده است که کشت مخلوط حبوبات با گیاهان دارویی به‌دلیل تثبیت نیتروژن اتمسفری و افزایش کارایی استفاده از منابع، باعث افزایش کمیت و کیفیت محصول گیاهان دارویی در مقایسه با تک کشتی آنها می‌شود (Amani Machiani *et al*., 2018). حضور گیاهان دارویی نیز می‌تواند باعث کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها در گیاهان زراعی شود (Koocheki *et al*., 2012).

تولید گیاهان دارویی در شرایط کم نهاده از جمله کشت مخلوط، یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف نهاده‌های خارجی است که در بلند مدت می‌تواند به کاهش نیاز سیستم‌های زراعی به این نهاده‌ها کمک کند (Rezaei-Chiyaneh and Dabbagh Mohammadi Nasab, 2014). به‌نظر می‌رسد که با مصرف کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست در کشت مخلوط، تا اندازه‌ای بتوان مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد. استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار علاوه بر فراهمی عناصر غذایی عناصر کم مصرف و پرمصرف، باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی، کربن آلی، زیست توده میکروبی و فعالیت آنزیمی، تخلخل و ظرفیت نگهداری آب، تولید هورمون‌های رشد گیاهی و تولید اسیدهای آلی در خاک شده و باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Ravindran *et al*., 2008؛ Arancon *et al*., 2004). این موضوع در ۶۰ درصد از خاک‌های کشور که مقدار ماده آلی آنها کم‌تر از یک درصد و در بخش قابل توجهی از آن‌ها کم‌تر از نیم درصد است، قابل توجه می‌باشد (Keshavarz Afshar *et al*., 2014).

در کشت مخلوط بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) و سویا در تیمارهای کودهای آلی و شیمیایی گزارش شده است که عملکرد زیست توده و عملکرد اسانس بادرشبی و عملکرد دانه سویا در تیمارهای کود آلی نسبت به کود شیمیایی افزایش داشت (Fallah *et al*., 2018). امانی ماچیانی و همکاران (Amani Machiani *et al*., 2018) در کشت مخلوط باقلا با نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد نعناع فلفلی از کشت خالص و بیش‌ترین عملکرد اسانس از نسبت مخلوط ۶۰:۴۰ به‌دست آمد. مهم‌ترین ترکیبات اسانس نعناع فلفلی Menthol, Menthone, 1,8-cineole بود که در کشت مخلوط نعناع فلفلی نسبت به کشت خالص بهبود یافت. نتایج یک آزمایش مربوط به

کشت مخلوط سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) گزارش شد که بیش‌ترین تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و عملکرد اسانس سیاهدانه از کشت خالص و بیش‌ترین ارتفاع بوته و وزن هزار دانه از نسبت کاشت ۷۵ درصد نخود + ۲۵ درصد سیاهدانه حاصل شد. از لحاظ میزان اسانس بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Gholinezhad and Rezaei- Chiyaneh, 2014).

کشت مخلوط بقولات با گیاهان دارویی تحت تاثیر منبع کودی می‌تواند باعث تغییر در عملکرد و اجزای عملکرد دانه و ترکیبات شیمیایی اسانس و اسیدهای چرب روغن رازیانه شود. اکثر آزمایش‌های انجام شده در مورد ترکیبات شیمیایی اسانس رازیانه، بر مبنای کشت خالص بوده است. به‌علاوه تاکنون در باره ترکیبات اسیدهای چرب روغن رازیانه در کشت مخلوط گزارشی وجود ندارد. شناخت تأثیر ورمی‌کمپوست بر عملکرد و کیفیت این گیاهان در کشت مخلوط، نیازمند مطالعه و تحقیق می‌باشد. با توجه به اهمیت این موضوع، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر مصرف ورمی‌کمپوست بر عملکرد و کیفیت دانه رازیانه در کشت مخلوط با باقلا در راستای اهداف کشاورزی پایدار در شرایط آب و هوایی ارومیه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۳۳۲ از سطح دریا با میانگین دما و بارندگی سالیانه طی یک دوره ده ساله (به ترتیب ۸/۹ درجه سانتی‌گراد و ۲۳۸/۲ میلی‌متر) اجرا شد. قبل از کاشت، از از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک محل اجرای آزمایش نمونهٔ خاک تهیه و سپس تیمارهای کودی در کرت‌ها اعمال شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش و ورمی کمپوست

Table 1. Physical and chemical properties of the soil and vermicompost

| | پتاسیم قابل جذب $K_{ava}$ (mg.kg $^{-1}$) | فسفر قابل جذب $P_{ava}$ (mg. kg $^{-1}$) | نیتروژن کل Total N (%) | ماده آلی OM (%) | هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$) | اسیدیته pH | بافت Texture |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک Soil | 262 | 13.4 | 0.18 | 0.99 | 0.82 | 7.88 | رس سیلتی Silty clay |
| ورمی کمپوست Vermicompost | 2.61 | 3.10 | 3.82 | 8.69 | 4.08 | 8.15 | - |

عامل اول شامل شش نسبت کاشت مخلوط: کشت خالص رازیانه، کشت خالص باقلا، کشت مخلوط یک ردیف باقلا + یک ردیف رازیانه، دو ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه، سه ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و چهار ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و عامل دوم دو سطح ورمی‌کمپوست: صفر و ۱۰ تن در هکتار بودند. بذر باقلا رقم برکت و بذر رازیانه از توده بومی ارومیه بودند که به‌ترتیب از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان و شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. فاصله بین ردیف‌های کاشت برای هر دو گیاه ۴۰ سانتی‌متر و روی ردیف‌ها؛ برای باقلا ۱۲/۵سانتی‌متر و برای رازیانه ۲۵ سانتی‌متر، به

طول ۳ متر، در نظر گرفته شد. تراکم نهایی در کشت خالص برای باقلا ۲۰ بوته و رازیانه ۱۰ بوته در مترمربع بود. کاشت بذرهای باقلا و رازیانه به‌طور همزمان در اواخر اسفند انجام شد. بذرهای باقلا قبل از کاشت با باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* آغشته شدند که از موسسه تحقیقات آب و خاک-کرج تهیه شده بود. وجین علف‌های هرز به‌طور مرتب به صورت دستی انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت بذر و آبیاری‌های بعدی بر حسب شرایط اقلیمی و نیاز گیاه هر ۱۰-۷ روز یک‌بار انجام گرفت. در هنگام آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد، از هیچ گونه کود شیمیایی استفاده نشد. در پایان فصل رشد، از هر کرت از مساحت دو مترمربع تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه برای گیاه رازیانه اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با حذف حاشیه از هر طرف کرت‌ها، محصول ۴/۸ مترمربع از هر کرت برداشت شد. برداشت محصول رازیانه زمانی که رنگ چترهای گیاه به زردی گرایش پیدا کرده بودند، انجام شد. استخراج اسانس دانه رازیانه با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه اسانس‌گیر (کلونجر) انجام شد (Clevenger, 1928). عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه شد.

ارزیابی مواد موثره اسانس رازیانه با دستگاه گاز کروماتوگراف (Agilent 7890A-5975C, USA) دارای انجکتور split/splitless و ستون موئینه به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۲۵۰ میلی‌متر انجام شد. دتکتور دستگاه از نوع یونیزه و اشعه با حرارت ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد است که در آن گاز هیدروژن و هوا با سرعت ۴۰ میلی لیتر بر دقیقه عبور داده می‌شود. از گاز هلیوم فوق خالص با سرعت عبور یک میلی‌لیتر در دقیقه به عنوان گاز حامل استفاده شد. پیک‌های خروجی براساس زمان بازداری با نمونه‌های استاندارد و از کتابخانه جرمی Wily 2007 و NIST 2005 مقایسه و شناسایی شده و براساس سطح زیر منحنی تعیین غلظت شدند (Tilak *et al.*, 2005). استخراج و اندازه‌گیری روغن دانه رازیانه به روش سوکسله انجام شد. عملکرد روغن نیز از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد روغن محاسبه شد. اندازه‌گیری اسیدهای چرب دانه رازیانه با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف (Agilent 6890, USA) مجهز به دریچه تزریق کاپیلاری، ستون کاپیلاری ویژه تجزیه اسیدهای چرب (DB-wax) به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر با فاز ساکن پلی اتیلن گلیکول به ضخامت ۰/۲۵ میکرون‌متر و دتکتور یونش شعله‌ای (FID) انجام شد.

جهت محاسبه ضرایب بازداری ترکیب‌ها، ابتدا مخلوط آلکان‌های خطی به دستگاه GC-MS (Agilent 7890A-5975C, USA) تزریق شده و بعد از استخراج زمان‌های بازداری هر آلکان، نمونه اسانس به دستگاه تزریق و با استفاده از رابطه (۱) ضریب بازداری هر ترکیب محاسبه شد (Babushok *et al.*, 2011):

$$Ix= 100n + 100(tx-tn)/(tn+1-tn) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

Ix: ضریب بازداری، tx: زمان بازداری ترکیب، tn: زمان بازداری آلکان خطی قبل ترکیب، tn+1 : زمان بازداری آلکان خطی بعد ترکیب هستند.

برای ارزیابی سودمندی کشت مخلوط رازیانه و باقلا از شاخص نسبت برابری زمین (بر اساس عملکرد دانه) استفاده شد (رابطه ۲) (Vandermeer, 1989):

$$LER = \frac{Y_1}{F_1} + \frac{Y_2}{S_2} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

Y1 و Y2: به‌ترتیب عملکرد رازیانه و باقلا در مخلوط و F1 و S2: عملکرد رازیانه و باقلا در کشت خالص هستند.

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند

دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال احتمال پنج درصد
انجام شد.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و کیفیت دانه رازیانه در تیمارهای کشت مخلوط با باقلا

Table 2. Means comparison of seed yield and quality of fennel in intercropping treatments with faba bean

| تیمارهای آزمایشی Treatments | ارتفاع بوته Plant height (cm) | شاخه فرعی No. of lateral branch | چتر در بوته No. of umbels.plant$^{-1}$ | دانه در چتر No. of seed.umbels$^{-1}$ | عملکرد دانه Seed yield (kg.ha$^{-1}$) | عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha$^{-1}$) | اسانس دانه Essential oil contebt (%) | عملکرد اسانس Essential oil yield (kg.ha$^{-1}$) | روغن دانه Seed oil content (%) | عملکرد روغن Oil yield (kg.ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کشت خالص Sole cropping | 91.5a | 5.1a | 28.9a | 168.3a | 2568.3a | 9381.3a | 2.65d | 68.8b | 16.5c | 428.2a |
| مخلوط یک ردیف رازیانه + یک ردیف باقلا 1 row fennel + 1 row faba bean | 74.4c | 3.9d | 19.6d | 115.6d | 1396.6d | 5208.0d | 3.25c | 45.7c | 17.9b | 251.4c |
| مخلوط دو ردیف رازیانه + دو ردیف باقلا 2 rows fennel + 2 rows faba bean | 82.5b | 3.7b | 24.4b | 143.1b | 1988.3b | 7425.6b | 4.07a | 81.9a | 19.1a | 384.4b |
| مخلوط دو ردیف رازیانه + سه ردیف باقلا 2 rows fennel + 3 rows faba bean | 79.0bc | 3.5bc | 23.6b | 134.5bc | 1807.1bc | 6520.3c | 3.78b | 69.2b | 19.3a | 352.3b |
| مخلوط دو ردیف رازیانه + چهار ردیف باقلا 2 rows fennel + 4 rows faba bean | 78.1bc | 3.4cd | 21.1cd | 125.8cd | 1568.0cd | 5688.8d | 3.20c | 50.4c | 17.3b | 281.9c |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و کیفیت دانه رازیانه در تیمارهای ورمی کمپوست

Table 3. Means comparison of seed yield and quality of fennel in vermicompost treatments

| تیمارهای ورمی‌کمپوست Vermicompost treatments | ارتفاع بوته Plant height (cm) | شاخه فرعی No. of lateral branch | چتر در بوته No. of umbels.plant$^{-1}$ | دانه در چتر No. of seed.umbels$^{-1}$ | وزن هزار دانه 1000 seed weight (g) | عملکرد دانه Seed yield (kg.ha$^{-1}$) | عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha$^{-1}$) | اسانس دانه Essential oil content (%) | عملکرد اسانس Essential oil yield (kg.ha$^{-1}$) | روغن دانه Seed oil content (%) | عملکرد روغن Oil yield (kg.ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| صفر Zero | 76.6b | 3.6b | 20.5b | 132.4b | 4.9b | 1652.6b | 6127.6b | 3.12b | 50.8b | 17.1b | 281.2b |
| ۱۰ تن در هکتار (10 t.ha$^{-1}$) | 85.5a | 4.2a | 24.4a | 149.7a | 5.8a | 2078.3a | 7562.3a | 3.65a | 75.6a | 19.2a | 398.1a |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مخلوط بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس، درصد و عملکرد روغن دانه، به جز وزن هزار دانه و اثر مصرف ورمی‌کمپوست برای کلیه صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. اثر متقابل نسبت‌های مخلوط و ورمی‌کمپوست بر هیچ‌کدام از ویژگی‌های مورد نظر معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته از کشت خالص و کم‌ترین ارتفاع بوته از نسبت مخلوط ردیفی ۱:۱ به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار سه ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و تیمار چهار ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه نداشت (جدول ۲). افزایش ارتفاع بوته اغلب بارزترین تغییر ناشی از رشد در اغلب گیاهان است و از نظر رقابت با سایر گیاهان در جامعه گیاهی یک مزیت محسوب می‌شود. این صفت کارآمدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار می‌دهد (Strichland *et al.*, 2015).

قلی‌نژاد و رضائی چیانه (Gholinezhad and Rezaei-Chiyaneh, 2014) گزارش کردند که در کشت مخلوط با نخود، بوته‌های سیاهدانه فشار رقابتی بیشتری را متحمل شده و به دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی رشد رویشی آن کاهش یافته و در نتیجه ارتفاع بوته آن در کشت مخلوط کاهش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته از مصرف ورمی‌کمپوست و کم‌ترین ارتفاع بوته از عدم مصرف ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست از طریق تولید مواد محرک رشد و افزایش قدرت جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر میزان فتوسنتز و تولید زیست توده تأثیر مثبت گذاشته و باعث افزایش ارتفاع بوته رازیانه شده است. تصدیقی و همکاران (Tasdighi *et al.*, 2015) در آزمایشی در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش نمودند که بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به مصرف ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار) و کم‌ترین آن مربوط به عدم استفاده از ورمی‌کمپوست بود.

بیش‌ترین تعداد شاخه‌های فرعی رازیانه از کشت خالص و کم‌ترین آن از کشت مخلوط ۱:۱ به‌دست آمد که با تیمار چهار ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد که عدم رقابت بین گونه‌ای، وجود شرایط نوری و فضای مناسب‌تر برای رشد جوانه‌های جانبی باعث افزایش تعداد شاخه‌های فرعی رازیانه در کشت خالص نسبت به تیمارهای کشت مخلوط شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مصرف و عدم مصرف ورمی کمپوست از نظر تعداد شاخه‌های فرعی در رازیانه وجود داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد شاخه فرعی به ترتیب و از مصرف ورمی‌کمپوست و عدم مصرف ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (جدول ۳). استفاده از ورمی‌کمپوست، تعداد شاخه‌های فرعی و متعاقب آن تعداد ساقه اصلی و تعداد گل در بوته را افزایش می‌دهد. این موضوع را می‌توان به تولید مواد محرک رشد موجود در ورمی‌کمپوست و همچنین بهبود جذب آب و عناصرغذایی نسبت داد (Ravindran *et al.*, 2008). مرادی (Moradi *et al.*, 2011) نیز در آزمایشی در باره اثر انواع کودهای آلی و بیولوژیک بر گیاه دارویی رازیانه، افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعی را گزارش کرد، وی این موضوع را به فراهمی بیش‌تر عناصرغذایی برای گیاه نسبت داد.

بیش‌ترین تعداد چتر در بوته از کشت خالص و کم‌ترین تعداد آن از نسبت مخلوط ۱:۱ حاصل شد (جدول ۲). در اختیار داشتن فضای مناسب برای

افزایش تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی یکی از عوامل اصلی افزایش تعداد چتر رازیانه در کشت مخلوط محسوب می‌شود (Khorramdel *et al.*, 2016). رضائی چیانه و دباغ محمدی نسب (Rezaei-Chiyaneh and Dabbagh Mohammadi Nasab, 2014) گزارش کردند که در کشت مخلوط نواری زنیان (*Carum cupticum* L.) و شنبلیله، شرایط مطلوبی برای بوته‌های زنیان در دست‌یابی به منابع محیطی از جمله نیتروژن حاصل از جزء شنبلیله فراهم شده و تعداد چتر در بوته زنیان افزوده شده است، اما با افزایش عرض ردیف‌های کاشت، به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل کنندگی دو گونه، از تعداد چتر در بوته زنیان کاسته شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد چتر در بوته از مصرف ورمی‌کمپوست و کم‌ترین تعداد آن از عدم مصرف ورمی‌کمپوست حاصل شد (جدول ۳). افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهد، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی در خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، باعث افزایش رشد اندام هوایی و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌شود. در کشت مخلوط باقلا و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) مشخص شد که تعداد چتر زیره سبز در تیمار ورمی‌کمپوست با تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی+ کود زیستی تفاوت معنی‌داری نداشت و تیمار ورمی‌کمپوست بازدهی بیشتری نسبت به تیمار کود شیمیایی داشت (Sakhavi *et al.*, 2016).

بیش‌ترین تعداد دانه در چتر از کشت خالص و کم‌ترین تعداد از نسبت مخلوط ۱:۱ به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار چهار ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه نداشت (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد دانه در چتر در تیمار ۲:۲ به‌دست آمد که نشان می‌دهد این نسبت مخلوط با کاهش رقابت درون گونه‌ای و هم‌پوشانی بوته‌ها، ساختار پوشش گیاهی مناسب‌تری برای نفوذ و جذب تابش داشت. ساختار متنوع پوشش گیاهی موجب جذب بیشتر حشرات شده و تلقیح گل‌ها بهتر صورت می‌گیرد که این موضوع می‌تواند علت بهبود تعداد دانه در چتر در الگوی کشت مخلوط ۲:۲ باشد (Sadri *et al.*, 2014). بیش‌ترین تعداد دانه در چتر از تیمار مصرف ورمی‌کمپوست و کم‌ترین تعداد دانه در چتر از عدم مصرف ورمی‌کمپوست حاصل شد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست با افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و جذب بیش‌تر آب باعث افزایش تعداد ساقه اصلی و تعداد گل در بوته و در نتیجه افزایش تعداد دانه در چتر رازیانه می‌شود.

بیش‌ترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک رازیانه از کشت خالص و کم‌ترین عملکرد از تیمار مخلوط ۱:۱ به‌دست آمد که با تیمار چهار ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد که رازیانه در تیمار کشت مخلوط تک ردیفی به دلیل فشار رقابتی بالایی که با باقلا داشته، استفاده مناسبی از تابش و سایر منابع نداشته و در نتیجه با تولید کم‌ترین بخش رویشی، کم‌ترین عملکرد دانه را نیز داشت، اما در کشت مخلوط با باقلا در تیمار ۲:۲ به دلیل فراهم بودن فضای تغذیه‌ای مطلوب‌تر و شرایط مناسب‌تر پوشش گیاهی، تولید بیش‌تری داشت. در کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی زنیان با لوبیا، وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌های زنیان از جمله افزایش دسترسی به عناصرغذایی، به ویژه نیتروژن، رشد و فتوسنتز گیاه افزایش یافته و باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی آن شد (Khorramdel *et al.*, 2016). بیش‌ترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک رازیانه از مصرف ورمی‌کمپوست و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از عدم مصرف آن به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در این آزمایش را می‌توان به نقش مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش فعالیت ریزجانداران مفید در خاک، افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی

مورد نیاز گیاه و افزایش ظرفیت نگهداری آب نسبت داد. نتایج تحقیق سعیدنژاد و رضوانی مقدم (Saeidnejad and Rezvani Moghaddam, 2010) نشان داد که در بین تیمارهای کودهای آلی و دامی، ورمی‌کمپوست نقش موثری در افزایش کارایی تولید در گیاه زیره سبز داشت.

میزان اسانس و عملکرد اسانس در کلیه تیمارهای مخلوط بالاتر از تیمار کشت خالص بود. بیش‌ترین میزان اسانس و عملکرد اسانس از تیمار دو ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و کم‌ترین میزان اسانس از کشت خالص و عملکرد اسانس از تیمار مخلوط تک ردیفی به‌دست آمد (جدول ۲). افزایش عملکرد اسانس رازیانه در تیمارهای مخلوط به این دلیل است که عملکرد اسانس تابع میزان اسانس و عملکرد دانه می‌باشد، بنابراین بالا بودن عملکرد اسانس در تیمار دو ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه به دلیل بالاتر بودن عملکرد دانه و میزان اسانس رازیانه در این تیمار بود. افزایش میزان اسانس در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به بهره‌برداری مطلوب‌تر از منابع محیطی، به ویژه افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط گیاه باقلا و جذب بهتر عناصر غذایی در کشت مخلوط نسبت داد (Amani Machiani *et al*., 2019).

نتایج نشان داد که مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش میزان اسانس و عملکرد اسانس رازیانه شد (جدول ۳). در تحقیقی دیگر مشخص شد که مصرف کودهای آلی و فراهمی عناصر غذایی، باعث افزایش تولید اسانس در گیاه بادرشبی شد (Fallah *et al*., 2018). به‌نظر می‌رسد که مصرف ورمی‌کمپوست باعث بهبود وضعیت عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) آن می‌شود و از آنجایی که این عناصر در تشکیل اسانس نقش دارند، میزان اسانس نیز افزایش می‌یابد.

بر اساس یافته‌های این تحقیق ۱۴ ترکیب در اسانس رازیانه شناسایی شد. ترکیبات اصلی اسانس رازیانه آنتول (۷۹/۹۷ – ۷۳/۲۳ درصد)، فنچون (۵/۴۰ – ۸/۲۵ درصد)، لیمونن (۴/۳۶- ۷/۰۹ درصد) و متیل کاویکول (۲/۹۱- ۴/۹۴ درصد) بودند. بیش‌ترین میزان آنتول (۷۹/۹۷ درصد) و لیمونن (۷/۰۹ درصد) از تیمار سه ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه با مصرف کود ورمی کمپوست به‌دست آمد و کم‌ترین میزان آنتول (۷۳/۲۳ درصد) و لیمونن (۴/۳۶ درصد) در کشت خالص در تیمار عدم مصرف ورمی کمپوست مشاهده شد. همچنین، بیشترین و کمترین میزان فنچون (۸/۲۵ درصد) به ترتیب از تیمار چهار ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه و کشت خالص رازیانه با عدم مصرف کود ورمی کمپوست به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان متیل کاویکول (۴/۹۴ درصد) از کشت خالص در تیمار عدم مصرف ورمی کمپوست و کم‌ترین میزان آن (۲/۹۱ درصد) از تیمار سه ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه با مصرف ورمی کمپوست به‌دست آمد (جدول ۴). افزایش میزان اسانس در اثر مصرف ورمی‌کمپوست به دلیل نقش مهم عناصر غذایی، به‌خصوص نیتروژن در توسعه و تقسیم سلول‌های جدید حاوی اسانس، کانال‌های اسانس، مجاری ترشحی و کرک‌های غده‌ای می‌باشد، بنابراین به‌نظر می‌رسد که دسترسی بهتر و بیشتر عناصر غذایی از طریق مصرف ورمی‌کمپوست و افزایش کارایی مصرف منابع در کشت مخلوط منجر به افزایش ترکیبات اسانس بادرشبی شد (Amani Machiani *et al*., 2019 Ravindran *et al*., 2008;). در کشت مخلوط رازیانه، بادرشبی با لوبیا با مصرف اسید هیومیک مشخص شد که کیفیت اسانس رازیانه با افزایش محتوای آنتول، فنچون، لیمونن و کاهش محتوای متیل کاویکول در کشت مخلوط افزایش یافت (Amani Machiani *et al*., 2019). در کشت مخلوط شوید و سویا گزارش شده است

کـه ترکیبـات غالـب اسـانس شـوید -A Carvone, phellandrene, P-cymene و Dillapiole بود که مصـرف کـود مرغـی باعـث افـزایش میـزان Aphellandrene و P-cymene شد (Rostaei *et al*., 2018).

## جدول ۴ - اجزای اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای کشت مخلوط با باقلا و مصرف ورمی‌کمپوست

Table 4. Essential oil components of fennel in intercropping treatments with fababean and vermicompost application treatments

| جزای اسانس Essential oil components | شاخص‌های بازداری Retention indices | زمان بازداری Retention time | تیمارهای آزمایشی Treatments | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | کشت خالص رازیانه Sole cropping fennel | کشت خالص رازیانه+ ورمی کمپوست Sole cropping+ Vermicompost | 1:1* | 1:1+ V | 2:2 | 2:2 + V | 3:2 | 3:2+ V | 4:2 | 4:2 + V | میانگین در تیمارهای مخلوط Average in intercropping treatments |
| **Alpha-pinene** | 934 | 5.28 | 0.78 | 0.85 | 1.27 | 1.28 | 0.88 | 0.69 | 1.01 | 0.42 | 0.94 | 0.13 | 0.82 |
| **Camphene** | 949 | 5.57 | - | 0.08 | 0.18 | 0.09 | 0.10 | - | 0.10 | - | 0.13 | - | 0.068 |
| **Sabinene** | 973 | 6.05 | - | 0.18 | 0.20 | 0.18 | 0.30 | 0.10 | 0.20 | 0.10 | 0.19 | 0.12 | 0.15 |
| **Beta.-myrcene** | 990 | 6.38 | 0.88 | 0.37 | 0.57 | 0.41 | 0.45 | 0.32 | 0.32 | 0.29 | 0.43 | 0.31 | 0.43 |
| **L-phellandrene** | 1005 | 6.69 | – | 0.11 | 0.21 | 0.16 | 0.15 | 0.08 | | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.10 |
| **Limonene** | 1030 | 7.24 | 4.36 | **4.78** | **5.87** | **6.71** | **4.65** | **5.87** | **6.92** | **7.09** | **5.74** | **7.00** | **5.70** |
| **1,8-cineole** | 1032 | 7.30 | - | 0.13 | 0.12 | - | 0.36 | - | 0.13 | - | 0.09 | - | 0.05 |
| **Beta-ocimene** | 1036 | 7.38 | 0.51 | 0.80 | 0.95 | 0.67 | 0.95 | 0.76 | 0.86 | 0.68 | 0.72 | 0.52 | 0.74 |
| **Fenchone** | 1091 | 8.62 | 5.40 | **6.48** | **7.31** | **7.34** | **6.67** | **7.00** | **6.39** | **6.30** | **8.25** | **7.19** | **6.83** |
| **Camphor** | 1148 | 9.92 | 0.19 | 0.16 | 0.22 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.12 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.15 |
| **Methyl chavicol** | 1200 | 11.14 | 4.94 | 4.44 | 4.24 | 3.73 | 3.54 | 3.07 | 4.51 | 2.91 | 4.26 | 3.90 | 3.95 |
| **P-Anisaldehyde** | 1257 | 12.44 | 0.41 | 0.40 | 0.15 | 0.21 | 0.20 | 0.11 | 0.69 | 0.17 | 0.43 | 0.53 | 0.33 |
| **Trans-anethole** | 1293 | 13.27 | **73.23** | **74.45** | **74.65** | **77.74** | **77.05** | **79.09** | **76.70** | **79.97** | **75.22** | **76.71** | **76.49** |
| **Germacrene D** | 1487 | 17.44 | 0.13 | 0.10 | 0.12 | - | – | - | – | - | – | 0.17 | 0.52 |
| مجموع اجزای شناسایی شده Total identified components (%) | | | 90.83 | 93.33 | 95.94 | 98.63 | 95.43 | 97.23 | 98.03 | 98.19 | 96.66 | 96.84 | 96.32 |

* 1:1 ، 2:2، 3:2، 4:2 و Vبه‌ترتیب:کشت مخلوط یک ردیف باقلا + یک ردیف رازیانه، دو ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه، سه ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و چهار ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و مصرف ورمی‌کمپوست

* 1:1، 2:2، 3:2 and 4:2 : 1 row fennel+ 1 row faba bean, 2 rows fennel+ 2 rows faba bean, 3 rows faba bean+ 2 rows fennel, 4 rows faba bean+ 2 rows fennel and vermicompost, respectively

بیش‌ترین میزان روغن دانه رازیانه در تیمار سه ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه به دست آمد که نسبت به کشت خالص ۱۴/۶ درصد بالاتر بود. بیشترین عملکرد روغن از کشت خالص رازیانه و کمترین عملکرد روغن از تیمار یک ردیف رازیانه + یک ردیف باقلا به‌دست آمد (جدول ۵). بالا بودن عملکرد روغن در کشت خالص به‌دلیل بالا بودن عملکرد دانه در این تیمار بود و نشان می‌دهد که بالا بودن میزان روغن دانه رازیانه نمی‌تواند دستیابی به بالاترین عملکرد روغن در هکتار را تضمین نماید و عملکرد روغن بیشتر وابسته به عملکرد دانه در واحد سطح است. رضائی چیانه (Rezaei- Chiyaneh, 2016) در کشت مخلوط بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) نیز گزارش کرد که میزان روغن بزرک در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود، اما عملکرد روغن بزرک در کشت خالص بالاتر به دست آمد که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد. مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش درصد روغن و عملکرد روغن دانه رازیانه (به ترتیب ۱۱/۱ و ۲۹/۳ درصد) شد (جدول ۲). گزارش شده است که عناصر ریزمغذی به عنوان کوفاکتور آنزیم‌های مسئول بیوسنتز اسیدهای چرب عمل می‌کنند و با فعال سازی فرایندهای تشکیل اسیدهای چرب، افزایش جذب، انتقال عناصر و افزایش میزان روغن در گیاهان باعث بهبود ویژگی‌های کیفی آنها می‌شوند (Beyzi *et al*., 2019). در تحقیق حاضر نیز به نظر می‌رسد که مصرف ورمی کمپوست با فراهم نمودن شرایط مناسب جذب عناصر غذایی پر مصرف و کم-مصرف (آهن، روی، منگنز و مس)، باعث افزایش روغن رازیانه شد.

مهم‌ترین ترکیب اسیدهای چرب در روغن دانه رازیانه شامل اسیدهای چرب غیر اشباع اولئیک (۸۰/۴۷ – ۸۳/۷۱ درصد)، لینولئیک (۷/۱۵ – ۱۰/۰۹ درصد) و اسید چرب اشباع پالمتیک (۳/۲۴ – ۷/۷۹ درصد) بودند. بیش‌ترین میزان اسیدهای چرب اولئیک (۸۳/۷۱ درصد) از تیمار سه ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه با مصرف ورمی کمپوست و لینولئیک (۱۰/۰۹ درصد) از تیمار دو ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه با مصرف ورمی کمپوست به دست آمد، اما بیش‌ترین میزان اسید چرب اشباع پالمتیک (۷/۷۹ درصد) از کشت خالص در تیمار عدم مصرف ورمی کمپوست حاصل شد (جدول ۵).

مصرف ورمی‌کمپوست میزان اسیدهای چرب غیر اشباع اولئیک و لینولئیک (مطلوب در تغذیه انسان) را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. دلیل این موضوع احتمالا افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد ورمی‌کمپوست و جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز گیاه و بهبود صفات کیفی و کمی آن می‌باشد. در یک آزمایش میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب در دانه تعدادی از گیاهان تیره چتریان ۱۱/۲ درصد تا ۲۲/۸ درصد اندازه‌گیری و آنالیز اسیدهای چرب آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین درصد اسیدهای چرب مربوط به اولئیک و لینولئیک بود (Beigi, 2007). به دلیل بالا بودن اسیدهای چرب غیراشباع در روغن دانه رازیانه، این روغن نیز همانند سایر دانه‌های روغنی از جمله کلزا، و آفتابگردان می‌تواند عنوان روغن سالم مورد توجه قرار گیرد.

بالاترین نسبت برابری زمین (LER) جزئی رازیانه (۰/۷۹) و باقلا (۰/۷۸) به‌ترتیب از تیمارهای دو ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه با مصرف ورمی کمپوست و چهار ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه بدون مصرف ورمی کمپوست به‌دست آمد (شکل ۱). بین تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین جزئی رازیانه نسبت به باقلا بالاتر بود که می‌توان چنین استنباط کرد که رازیانه گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با باقلا اثر مثبت پذیرفته است. بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین کل به ترتیب از تیمار سه ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه (۱/۴۲) با مصرف ورمی‌کمپوست و تیمار یک ردیف

## جدول ۵ - ترکیب اسیدهای چرب دانه گیاه رازیانه در تیمارهای کشت مخلوط با باقلا و مصرف ورمی‌کمپوست

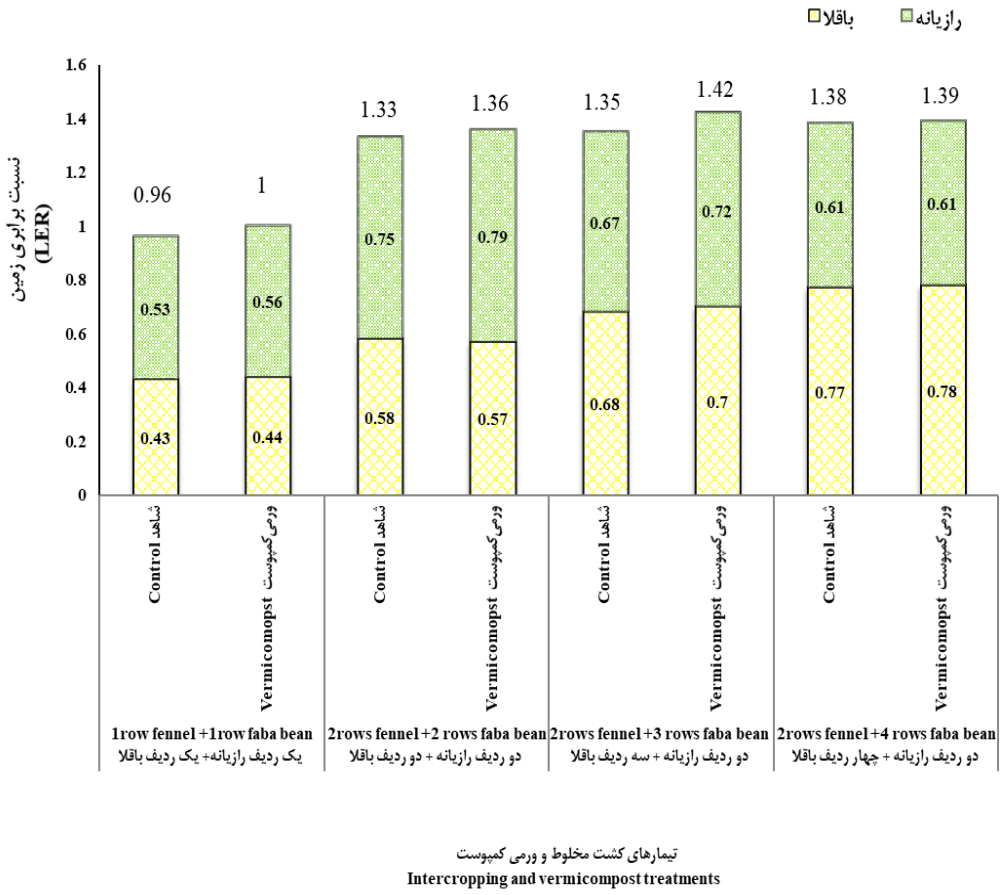
Table 5. Fatty acids composition of fennel seed in in intercropping treatments with fababean and vermicompost application treatments

| | | تیمارهای آزمایشی Treatments | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | اسیدهای چرب Fatty acids | کشت خالص رازیانه Sole cropping fennel | کشت خالص رازیانه+ ورمی کمپوست Sole cropping+ Vermicompost | *1:1 | 1:1+ V | 2:2 | 2:2 + V | 3:2 | 3:2+ V | 4:2 | 4:2 + V | میانگین در تیمارهای مخلوط in intercropping treatments Average |
| 1 | میریستیک اسید Myristic acid | 0.33 | 0.36 | 0.05 | 0.05 | 0.18 | 0.11 | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.14 |
| 2 | پالمتیک اسید Palmitic acid | **7.79** | **6.46** | **6.21** | **4.58** | **5.94** | **3.24** | **5.48** | **4.37** | **5.86** | **4.66** | **5.45** |
| 3 | پالمیتولئیک اسید Palmitoleic acid | 2.61 | 0.52 | 0.82 | 0.39 | 1.00 | 0.96 | 0.67 | 1.00 | 0.88 | 1.03 | 0.98 |
| 4 | استاریک اسید Stearic acid | 1.07 | 1.00 | 0.96 | 1.46 | 0.89 | 0.99 | 0.96 | 1.01 | 1.03 | 0.98 | 1.03 |
| 5 | اولئیک اسید Oleic acid | **80.47** | **81.34** | **82.5** | **82.43** | **82.01** | **83.16** | **82.99** | **83.71** | **82.23** | **83.55** | **82.43** |
| 6 | لینولئیک اسید Linoleic acid | **7.15** | **8.17** | **8.32** | **8.57** | **9.01** | **10.09** | **8.56** | **9.51** | **8.76** | **9.37** | **8.75** |
| 7 | لینولنیک اسید Linolenic acid | 0.12 | 0.11 | 0.05 | 1.51 | 0.15 | 0.16 | 0.11 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.24 |
| 8 | آراشیدونیک اسید Arachidonic acid | 0.10 | 0.13 | 0.07 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.05 | 0.07 | 0.13 | 0.11 | 0.10 |
| | مجموع ترکیبات شناسایی شده Total identified compounds (%) | 99.64 | 98.09 | 98.98 | 99.12 | 99.3 | 99.81 | 98.88 | 99.83 | 98.92 | 99.86 | 99.12 |

* 1:1 ، 2:2، 3:2، 4:2 و Vبه‌ترتیب:کشت مخلوط یک ردیف باقلا + یک ردیف رازیانه، دو ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه، سه ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و چهار ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه و مصرف ورمی‌کمپوست

* 1:1 ،2:2 ،3:2 and 4:2: 1 row fennel+ 1 row faba bean, 2 rows fennel+ 2 rows faba bean, 3 rows faba bean+ 2 rows fennel, 4 rows faba bean+ 2 rows fennel and vermicompost, respectively

باقلا + یک ردیف رازیانه (۰/۹۶) در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست حاصل شد. در کلیه تیمارهای آزمایشی به جز تیمار یک ردیف باقلا + یک ردیف رازیانه بدون مصرف ورمی‌کمپوست، نسبت برابری زمین کل بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در این تیمارها بوده است. بالا بودن نسبت برابری زمین (از یک) در کشت مخلوط را می‌توان به سودمندی ناشی از عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست نسبت داد. این موضوع می‌تواند ناشی از آرایش صحیح و استفاده مکمل از مواد مغذی و منابع به وسیله اجزای مخلوط و نیاز به ورودی‌های خارجی کمتر نیز باشد که این شرایط باعث افزایش رشد و نمو دو گیاه رازیانه و باقلا شده است. در همین رابطه می‌توان ایجاد حالت تکمیل و تسهیل کنندگی در بهره‌برداری منابع از طریق ساختار ریشه و فنولوژی گیاه، کارآیی مصرف منابع را توجیه کننده سودمندی کشت مخلوط در نظر گرفت. نقش تفاوت‌های مورفولوژیک در دستیابی به LER بالاتر توسط رضائی چیانه و دباغ محمدی نسب Rezaei-Chiyaneh and Dabbagh (Mohammadi Nasab. 2014) در کشت مخلوط زنیان و شنبلیله، خرم‌دل و همکاران (Khorramdel *et al*., 2016) در کشت مخلوط زنیان و لوبیا و امانی ماچیانی (Amani Machiani *et al*., 2018) در کشت مخلوط باقلا و نعناع فلفلی نیز گزارش شده است.




شکل ۱- نسبت برابری زمین کل برای عملکرد دانه رازیانه و باقلا در تیمارهای کشت مخلوط و مصرف ورمی کمپوست

Fig. 1. Land equivalent ratio (LER) for seed yields of fennel and faba bean in intercropping and vermicompost application treatments

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط رازیانه با باقلا بر عملکرد و کیفیت محصول رازیانه اثر معنی‌داری داشته و اگرچه بیش‌ترین عمکرد دانه رازیانه از کشت خالص به‌دست آمد، اما میزان اسانس و روغن در کلیه تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود و مصرف ورمی کمپوست نیز باعث بهبود عملکرد و کیفیت محصول رازیانه شد. اجزای اصلی اسانس رازیانه آنتول، فنچون، لیمونن و متیل کاویکول و مهم‌ترین ترکیب اسیدهای چرب در روغن دانه رازیانه اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک و لینولئیک بودند و بیش‌ترین میزان آنتول، لیمونن و اسید چرب غیر اشباع اولئیک از کشت مخلوط سه ردیف باقلا+ دو ردیف رازیانه با مصرف ورمی کمپوست به‌دست آمد. بیشترین نسبت برابری زمین کل از تیمار سه ردیف باقلا + دو ردیف رازیانه (۱/۴۲) با مصرف ورمی‌کمپوست حاصل شد. با توجه به ضرورت استفاده از نهاده‌های آلی مانند ورمی کمپوست در بوم نظام‌های تولید این قبیل گیاهان در نظام‌های کم نهاده، به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی در کشت مخلوط می‌تواند اثرات سودمندی از نظر اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی داشته باشد و به عنوان یک گزینه مناسب در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار در تولید گیاهان دارویی مد نظر قرار گرفته و با هدف کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی مورد توجه قرار داده شود.

## منابع مورد استفاده

## References


**Amani Machiani, M., A. Javanmard, M. R. Morshedloo and F. Maggi. 2018.** Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). J. Clean. Prod. 171: 529–537.

**Amani Machiani, M., E. Rezaei- Chiyaneh, A. Javanmard, M. R. Morshedloo and F. Maggi. 2019.** Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare*) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in intercropping system under humic acid application. J. Clean. Prod. 235: 112.122.

**Arancon, N., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J. D. Metzger. 2004.** Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresour. Technol. 93(2): 145-153.

**Babushok, V. I., P. J. Linstrom, and I. G. Zenkevich. 2011.** Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils. J. Phys. Chem. Ref. (4):4: 1-47.

**Beigi, E. 2007.** Fatty acid and tocochromanol patterns of some Turkish apiaceae (umbelliferae) plants-a chemotaxonomic approach. Acta Bot. Gallica. 154: 143-151.

**Beyzi, E., A. Gunes, S. B. Beyzi and Y. Konca. 2019.** Changes in fatty acid and mineral composition of rapeseed (*Brassica napus* ssp. oleifera L.) oil with seed sizes. Ind. Crops Prod. 129: 10–14.

**Fallah, S., M. Rostaei, Z. Lorigooini and A. Abbasi Surki. 2018.** Chemical compositions of essential oil and antioxidant activity of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in sole crop and dragonhead soybean (*Glycine max*) intercropping system under organic manure and chemical fertilizers. Ind. Crops Prod. 115:

158–165.

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

**Keshavarz Afshar, R., M. R. Chaichi, M. H. Assareh, M. Hashemi and A. Liaghat. 2014.** Interactive effect of deficit irrigation and soil organic amendments on seed yield and flavonolignan production of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.). Ind. Crops. Prod. 58: 166–172.

**Khorramdel, S., A. Siahmarguie and G. Mahmoodi. 2016.** Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. Electronic J. Crop Prod. (1)9: 1-24. (In Persian with English abstract).

**Koocheki, A., J. Shabahang, S. Khorramdel and A. 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. (In Persian with English abstract).

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

**Moradi, R., M. Nasiri Mahallati, P. Rezvani Moghaddam, A. Lakzian and A. Nezhadali. 2011.** The Effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality essential oil of *Foeniculum vulgare* mill. (Fennel). Iran. J. Field Crops Res. (1)25: 25-33. (In Persian with English abstract).

**Mozaffarian, V. 2013.** Identification of Medicinal and Aromatic Plants of Iran. Farhang Moaser Press. 1350 pp. (In Persian).

**Omidbaigi, R. 2009.** Production and Processing of Medicinal Plants. (Vol. I). (Fifth Ed.), Astan Quds Razavi Press. 347 p. (In Persian).

**Parsa, M. and A. Bagheri. 2008.** Pulses. Mashhad Jadah Daneshghahi Press., 522 p. (In Persian).

**Ravindran, B., S. L. Dinesh, L. Kennedy and G. Sekaran. 2008.** Vermicomposting of solid aste generated from leather industries using epigeic earthworm *eisenia fetida*. Appl. Biochem. Biotechnol. 151: 480–488.

**Rezaei-Chiyaneh, E. 2016.** Intercropping of flax seed (*Linum usitatissimum* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under foliar application of iron nano chelated and zinc. J. Sustain. Agric. Prod. Sci. (1)26: 39-56. (In Persian with English abstract).

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

**Rostaei, M., S. Fallah, Z. Lorigooini and A. Abbasi Surki. 2018.** The effect of organic manure and chemical fertilizer on essential oil, chemical compositions and antioxidant activity of dill (*Anethum graveolens*) in sole and intercropped with soybean (*Glycine max*). J. Clean. Prod.199: 18-26.

**Sadri, S., M. Pouryousef, A. Soleimani, T. Barzegar and Kh. Jamshidi. 2014.** Evaluation of agronomical traits fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) – fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in intercropping. Iran. J. Field Crops Sci. (3)13: 593-602. (In Persian with English abstract).

**Saeidnejad, A. H. and P. Rezvani Moghaddam. 2010.** Investigation the effect of compost, vermicompost, cow and sheep manures on yield, yield components and essence percentage of cumin (*Cuminum cyminum*). J. Hort. Sci. (2)24: 142-148. (In Persian with English abstract).

**Sakhavi, Sh., R. Amini, M. R. Shakiba and A. Dabbagh Mohammadi Nasab. 2016.** Advantage of faba bean (*Vicia faba* L.) and cumin (*Cuminum cyminum* L.) intercropping under organic, biological and chemical fertilizer treatments. J. Sustain. Agric. Prod. Sci. (4)26: 17-32. (In Persian with English abstract).

**Strichland, M. S., Z. H. Leggett and M. A. Bradford. 2015.** Biofuel intercropping effects on soil carbon and microbial activity. Ecologic. Appl. 25: 140-150.

**Tasdighi, H., A. Salehi, M. Movahhedi Dehnavi and Y. Behzadi. 2015.** Survey of yield, yield components and essential oil of *Matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation level. J. Sustain. Agric. Prod. Sci. (3)25: 61-78. (In Persian with English abstract).

**Tilak, K. V. B. R., N. Ranganayaki, K. K. Pal, R. De, A. K. Saxena, C. Shekhar Nautiyal, A. K. Shilpi Mittal and B.N. Johri. 2005.** Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Curr Sci. 89: 136-150.

**Vandermeer, J. H. 1989.** The Ecology of Intercropping, Cambridge University Press, 297p.

# Effect of vermicompost application on seed yield and quality in fababean (*Vicia faba* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping

**Mohammadi, H.[1] and E. Rezaei-Chiyaneh[2]**

## ABSTRACT

**Mohammadi, H. and E. Rezaei-Chiyaneh. 2019.** Effect of vermicompost application on seed yield and quality in fababean (*Vicia faba* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping**. Iranian Journal of Crop Sciences. 21(2): 139-154. (In Persian).**

To compare the replacement intercropping patterns of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different levels of vermicompost, a field experiment was conducted as factorial arrangement in randomized complete block design with three replications at the research field of the Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran, in growing season of 2018. Experimental treatments included six planting ratios: sole cropping of fennel and faba bean, one row of fennel + one row of faba bean, two rows fennel + two rows faba bean, three rows faba bean + two rows fennel, four rows faba bean + two rows fennel, and two levels of vermicompost: 0 and 10 $t.ha^{-1}$. The results showed that the highest seed yield (2568.33 $kg.ha^{-1}$) of fennel was obtained in the sole cropping and the lowest seed yield (1396.67 $kg.ha^{-1}$) was belonged to the one row of fennel + one row of faba bean, respectively. Essential oil and oil content (%) of fennel were higher in all intercropping system than in sole cropping. Application of vermicompost could increase seed yield, essential oil content, essential oil yield, oil conten (%) and fennel oil yield by 20.48%, 14.52%, 32.72%, 11.12% and 29.37, in comparison with control (no application of vermicompost), respectively. The highest amount of *E*-anethole of essential oil (79.9%) and oleic fatty acid (83.1%) of fennel were obtained from three rows of faba bean + two rows of fennel with vermicompost consumption. The highest land equivalent ratio (1.42) was obtained in the three rows faba bean + two rows fennel intercropping system fertilized with vermicompost, indicating that intercropping improved land use efficiency by 42%, when compared to sole cropping. This cropping system was identified more suitable for increasing land use efficiency particularly in the medicinal plants production systems.

**Key word:** Anethole, Essential oil, Fennel, Intercropping and Oleic acid.

**Received: February, 2019 Accepted: May, 2019**

1. MSc Graduate, Urmia University, Urmia, Iran
2. Assistant Prof., Urmia University, Urmia, Iran (Corresponding author) (Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir)