نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۵، شماره ۵، صفحه ۷۸۸-۷۷۴ (۱۳۹۸)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2019.124424.2450
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.35.774.97.5.1576.41

بررسی تأثیر کودهای شیمیایی، زیستی و تلفیقی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی اسانس و علوفه گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

الهه تشکری‌فرد[۱]، غلامرضا محسن‌آبادی[۲*]، سید محمدرضا احتشامی[۳] و سمانه اسدی صنم[۴]

۱- دانشجوی دکترا، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، پست الکترونیک: mohsenabadi@guilan.ac.ir

۳- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۴- استادیار، بخش گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۷ تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۸

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی مدیریت‌های متنوع حاصلخیزی خاک بر صفات مورفولوژی، عملکرد اسانس و کیفیت علوفه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) اجرا شد. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطح کود (شیمیایی، زیستی، ورمی‌کمپوست، تلفیق ۷۵٪ و ۵۰٪ غلظت کودهای شیمیایی + کودهای زیستی + ورمی‌کمپوست) بود. نتایج حکایت از معنی‌دار بودن اعمال تیمارهای مختلف کودی بر صفات مورد بررسی داشتند. بر این اساس تیمار ۷۵٪ کودهای شیمیایی به‌همراه کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست با بهبود ویژگی‌های مورفولوژی، عملکرد اسانس و عملکرد کمّی و کیفی علوفه، به‌عنوان تیمار برتر شناخته شد. تیمار مذکور، بالاترین ارتفاع بوته (۹۵ سانتی‌متر)، وزن خشک اندام هوایی (۹۸ گرم در مترمربع)، عملکرد زیستی (۱۱۹۱/۶ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه (۱۳۸ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۱۱/۶٪) را به خود اختصاص داد. بیشترین و کمترین درصد و عملکرد اسانس به‌ترتیب مربوط به تیمار ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی + کودهای زیستی + ورمی‌کمپوست (حدود ۳٪ و ۱۸ کیلوگرم در هکتار) و تیمار کاربرد ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی (حدود ۲٪ و ۱۳ کیلوگرم در هکتار) بود. صفات مهم کیفیت علوفه مانند درصد ماده خشک قابل هضم، درصد قندهای محلول در آب و میزان خاکستر در تیمار ادغام ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست بالاترین مقدار را به‌همراه داشت. در حالی‌که صفات مذکور در کاربرد ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی، در مقایسه با سایر تیمارها کمترین مقدار را دارا بود. افزون براین عوامل کاهنده کیفیت علوفه مانند فیبرهای نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در این تیمار بیشترین مقادیر را شامل شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد در راستای دستیابی به کشاورزی پایدار و بهینه‌سازی تولید ارگانیک گیاهان دارویی، غلظت‌های کاهش‌یافته کودهای شیمیایی به‌همراه منابع زیستی افزون بر تولید اقتصادی بتواند موجب کاهش آلودگی محیط‌زیست شود.

واژه‌های کلیدی: حاصلخیزی خاک، مورفولوژی، گیاه دارویی، کیفیت علوفه، ریزجانداران.

مقدمه

تمایل به تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای محصولات طبیعی در جهان به‌ویژه در شرایط ارگانیک رو به افزایش است (Griffe *et al*., 2003). رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) به‌عنوان یکی از گیاهان دارویی پرکاربرد شناخته شده است. دانه رازیانه در طب سنتی به عنوان ضدنفخ معروف بوده و اسانس آن در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی از زمان باستان مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Younesian *et al*., 2012). ضد نفخ، ضد گرفتگی عضلات (Awasthi *et al*., 2011)، ضدعفونی‌کننده، خلط‌آور (Nakhaei *et al*., 2012) و زیادکننده شیر (Khorshidi *et al*., 2009) از خاصیت‌های مهم درمانی این گیاه می‌باشد. از سوی دیگر، امکان استفاده از گیاهان دارویی برای تغییر و کنترل متابولیسم مواد در شکمبه دام‌های نشخوارکننده ثابت شده است (Stefano *et al*., 2013). علوفه گیاهان دارویی از منابع غذایی مهم مورد استفاده دام محسوب می شوند. ازاین رو، دانشمندان امیدوارند که گیاهان دارویی بتوانند نقشی حیاتی در سلامت جهانی ایفاء نمایند.

بررسی‌ها نشان داده‌اند که استفاده از کودهای زیستی می‌تواند کیفیت اسانس را بهبود ببخشد (Younesian *et al*., 2012؛ Dadkhah, 2012). در مطالعه کاربرد تلفیقی کودها بر رازیانه، مشخص گردید که کاربرد کودهای زیستی با ۵۰٪ کود شیمیایی، موجب افزایش صفات رویشی در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی به تنهایی شد و تیمار تلفیقی، بالاترین میزان عملکرد اسانس را نیز به‌همراه داشت (Dadkhah, 2012). در مطالعه Abd El-Azim و همکاران (۲۰۱۷)، استفاده از کودهای زیستی توانست درصد و عملکرد اسانس رازیانه را افزایش دهد. در پژوهش دیگری که با هدف تعیین کیفیت علوفه رازیانه برای تغذیه دام انجام شد، کاربرد تلفیقی کود زیستی و شیمیایی توانست بالاترین کیفیت علوفه مورد نظر را تأمین نماید (Agha Baba Dastjerdi *et al*., 2015).

استفاده از کمپوست و ورمی کمپوست در کنار کاربرد تلفیقی با ریزجانداران مفید خاکزی به‌دلیل غنی بودن از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و نیز با آزادسازی تدریجی عناصر غذایی که متناسب با مرحله رشدی گیاه می باشد، موجب افزایش میزان اسانس در گیاهان دارویی می‌شود (Carvalho *et al*., 2016). در پژوهشی مشخص گردید که ورمی کمپوست موجب افزایش درصد اسانس رازیانه شد. همچنین ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی بر تجمع اسانس بذر رازیانه داشت و با افزایش میزان آنتول (Anethole) کیفیت اسانس را بهبود بخشید (Darzi *et al*., 2007).

با توجه به نیاز روزافزون به تولید گیاهان دارویی و کمبود اطلاعات کافی در ارتباط با استفاده از علوفه گیاهان دارویی در تغذیه نشخوارکنندگان، این پژوهش با هدف تعیین مناسب‌ترین ترکیب کودی در جهت افزایش خصوصیات مهم رویشی، عملکرد اسانس و کیفیت علوفه گیاه دارویی رازیانه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (مجتمع تحقیقاتی البرز) در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. این منطقه دارای طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ و ۴۸ درجه شمالی و در ارتفاع ۱۳۲۱ متری از سطح دریا قرار دارد. تعداد روزهای یخبندان آن در سال ۸۱ روز و دارای متوسط بارندگی ۲۳۰ میلی‌متر است.

پیش از اجرای آزمایش، از خاک مزرعه و ورمی کمپوست نمونه‌برداری گردید که نتایج آن در جدول ۱ مشاهده می‌گردد. داده های دما، رطوبت نسبی و میانگین بارندگی در سال انجام آزمایش از ایستگاه هواشناسی دانشگاه تهران جمع‌آوری شد (جدول ۲).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست استفاده شده

	بافت خاک	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر میلی‌گرم بر کیلوگرم	پتاسیم (٪)	اسیدیته	هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس بر متر
خاک	شنی-لومی	۸/۵	۰/۰۹۵	۷	۰/۱۴	۸/۹	۲۳۸
ورمی‌کمپوست	-	۱۶	۴۸	۸	۹/۳	۴۱۰	۷۷۰۰

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی مربوط به شش ماه فصل رشد رازیانه در سال ۱۳۹۶

ماه‌های سال	دما (درجه سلسیوس)		رطوبت نسبی (٪)		میانگین بارندگی (میلی‌متر)	مجموع ساعات آفتابی
	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه		
فروردین	۷/۹	۱۷/۵	۳۵	۷۴	۰/۱	۱۸۷/۱
اردیبهشت	۱۲/۸	۲۶/۶	۲۵	۷۳	۱/۷	۲۳۸/۶
خرداد	۱۶/۳	۳۲/۸	۱۲	۵۴	صفر	۳۸۵/۴
تیر	۱۹/۳	۳۵/۸	۱۳	۵۷	صفر	۳۶۴/۶
مرداد	۱۹/۹	۳۵/۹	۱۵	۵۸	صفر	۳۶۵/۴
شهریور	۱۷/۶	۳۳/۲	۱۴	۵۲	صفر	۳۴۲/۱
جمع	۹۳/۸	۱۸۷/۷	۱۱۵	۳۶۸	۲/۷	۱۹۲۸/۲
میانگین	۱۵/۶۴	۳۰/۲۸	۱۹/۱۷	۶۱/۳۳	۰/۴۵	۳۲۱/۳۷

آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با پنج سطح کود (شیمیایی، زیستی، ورمی کمپوست، کاربرد ۷۵٪ و ۵۰٪ غلظت کودهای شیمیایی به‌همراه کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست) در سه تکرار انجام گردید. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم و دو دیسک عمود بر هم بود که در نیمه دوم فروردین‌ماه انجام شد. در ابتدا بستر کاشت با ایجاد ردیف هایی به فاصله نیم متر با استفاده از فاروئر آماده شد. سپس کرت‌بندی انجام گردید، به‌طوری که در هر کرت، شش خط کاشت وجود داشت. بذرهای مورد استفاده در پژوهش از توده همدان بودند که از شرکت پاکان بذر تهیه شد. کاشت بذر در اواخر فروردین‌ماه، با فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی خط انجام شد. ابعاد کرت ها ۵×۳ متر و فاصله بلوک ها نیز دو متر در نظر گرفته شد.

پس از انجام آزمون تجزیه خاک و ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی مورد استفاده شامل اوره (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، در دو مرحله قبل از کاشت و در مرحله ساقه‌دهی)، سوپر فسفات تریپل (۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم پودری (۴۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت نواری به خاک اضافه شدند. ورمی‌کمپوست به مقدار ۶ تن در هکتار پیش از کاشت با لایه ۵۰ سانتی‌متری خاک به خوبی مخلوط گردید. کودهای زیستی مورد استفاده (محصول شرکت زیست‌فناور سبز) شامل ازتو بارور ۱ (*Azotobacter vinelandii* O4)، فسفات بارور ۲ (*Pseudomonas putida* P13، *Pantoea agglomerans* P5) و پتا بارور ۲ (*Pseudomonas koreensis*، *Pseudomonas vancouverensis*) به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار (مطابق با توصیه شرکت سازنده) با آب رقیق شدند تا تبدیل به سوسپانسیون گردد و در نهایت بذر

گیاه به‌مدت یک ساعت در محلول قرار گرفت. سپس بذرها در محیط سایه خشک شدند.

آبیاری به صورت قطره‌ای، در مواقع لازم و براساس عرف منطقه انجام گردید و علف‌های هرز به‌صورت دستی وجین و حذف شدند. همچنین، در طول فصل رشد گیاه آفت یا بیماری خاصی مشاهده نگردید.

برداشت برای تعیین کیفیت علوفه، در زمان گلدهی کامل اوایل شهریورماه، از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای و به‌صورت تصادفی از خطوط میانی کشت انجام شد. گیاهان برداشت شده (کل شامل اندام هوایی گیاه) در محیط سایه، خشک و آسیاب شدند. تمامی صفات کیفی علوفه (درصد پروتئین خام، درصد ماده خشک قابل هضم، درصد قندهای محلول در آب، درصد فیبرهای نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، درصد خاکستر و درصد الیاف خام) با استفاده از روش طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR) در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور بر اساس روش ارائه شده توسط Jafari (۲۰۰۲) و با استفاده از دستگاه Perten مدل Inframatic 8620 (ساخت کشور سوئد) اندازه‌گیری شد. به‌منظور ارزیابی صفات کیفی علوفه، نمونه‌های ۱۰ گرمی آسیاب شده از هر تیمار برای تجزیه جدا شدند. پس از پودر شدن توسط دستگاه ارزیابی گردیدند.

بوته‌های رازیانه پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه در اواسط شهریورماه برداشت شدند. صفات مورد اندازه گیری شامل صفات مورفولوژی (ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد و وزن خشک چتر، تعداد چترک در چتر، تعداد و وزن دانه در چتر و وزن هزاردانه) بودند.

اندازه گیری صفات مرتبط با عملکرد گیاه (عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت (Harvest Index) (رابطه ۱)) و همچنین ارزیابی اسانس (درصد و عملکرد اسانس) پس از رسیدگی دانه در اوایل مهرماه انجام شد. اسانس گیری از دانه‌ها با استفاده از روش تقطیر با آب به‌وسیله دستگاه کلونجر به مدت دو ساعت با ۵۰ گرم نمونه هواخشک انجام و پس از رطوبت‌زدایی اسانس‌ها، بازده اسانس نسبت به وزن خشک تعیین گردید. عملکرد اسانس نیز از حاصل‌ضرب بازده اسانس در عملکرد ماده خشک گیاه محاسبه شد.

رابطه ۱ $$\text{شاخص برداشت (HI)} = \left(\frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد زیستی}}\right) \times ۱۰۰$$

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال $P\leq ۰/۰۱$ محاسبه گردید.

نتایج

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، مدیریت های مختلف کودی بر تمامی صفات مورفولوژی مورد بررسی بجز تعداد شاخه فرعی معنی دار گردید. همچنین اعمال تیمارهای کودی منجر به معنی‌دار شدن عملکرد زیستی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد و عملکرد اسانس در سطح آماری ۱٪ شد (جدول ۵). براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۷)، کاربرد انواع مختلف کود اثر معنی داری بر کیفیت علوفه رازیانه داشت.

مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک گیاه دارویی رازیانه نشان داد که استفاده از مدیریت ارگانیک و تلفیقی کودها، نتایجی مشابه و البته بالاتر نسبت به کاربرد ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی بر ارتفاع بوته گیاه داشت، به‌طوری که اختلاف کودهای زیستی و تلفیقی با کودهای شیمیایی، حدود ۱۵ سانتی‌متر بود (جدول ۴). بیشترین وزن خشک اندام هوایی (با میانگین حدود ۹۹ گرم) و ریشه (با میانگین حدود ۷ گرم) مربوط به تیمار تلفیقی کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست با ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی بود. همچنین، تیمار تلفیقی ۵۰٪ کودهای شیمیایی + کودهای زیستی + ورمی‌کمپوست و همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی به تنهایی نیز جایگاه‌های بعد را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). کاربرد کودهای شیمیایی بالاترین تعداد چتر با میانگین ۲۰ عدد را در گیاه نشان داد. این در حالی بود که دیگر مدیریت‌های کودی به‌ترتیب شامل

تلفیق ۵۰٪ کودهای شیمیایی و ارگانیک، کودهای زیستی و تلفیقی ۷۵٪ کودهای شیمیایی با زیستی و ورمی کمپوست در رده‌های بعدی جای داشتند (جدول ۴). کمترین تعداد چتر نیز مربوط به تیمار ورمی‌کمپوست با میانگین ۸ عدد بود. از سوی دیگر تعداد کمتر چتر در تیمارهای تلفیق کودها، به علت وجود چترهایی بزرگتر در این تیمارها بود، به‌طوری که بالاترین وزن خشک چتر (میانگین حدود ۱۴ گرم) در تیمار تلفیقی ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی + کودهای زیستی + ورمی‌کمپوست مشاهده گردید (جدول ۴). بیشترین و کمترین تعداد چترک در چتر گیاه نیز به ترتیب مربوط به تیمار ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی در همراهی با کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست بود (۴۶۰ و ۸۳ عدد به‌ترتیب). تیمار ۷۵٪ کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و ورمی کمپوست، همچنین بیشترین تعداد دانه در چتر، میانگین ۲۲۰۰ عدد و وزن دانه در چتر، میانگین حدود ۱۴ گرم را به دنبال داشت (جدول ۴). بیشترین وزن هزاردانه نیز در تیمارهای تلفیقی ۷۵٪ و ۵۰٪ کودهای شیمیایی در کنار کاربرد کودهای زیستی و ورمی کمپوست، بدون اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید که نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی حدود ۷۷٪ افزایش داشت (جدول ۴).

تیمار استفاده از کودهای زیستی و ورمی کمپوست + ۷۵٪ غلظت توصیه شده کودهای شیمیایی، بالاترین عملکرد زیستی را با میانگین ۱۱۹۱/۷ کیلوگرم در هکتار نشان داد. تیمار تلفیقی ۵۰٪ + ورمی کمپوست + کودهای زیستی و کاربرد کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست هریک به تنهایی در مرتبه‌های بعد قرار گرفتند؛ در حالی‌که بین تیمار ورمی کمپوست و کودهای زیستی تفاوتی وجود نداشت و کاربرد کودهای زیستی نتایجی مشابه با کودهای شیمیایی نشان داد (جدول ۶). بیشترین عملکرد مربوط به تیمار تلفیق ۷۵٪ کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و ورمی کمپوست بود و کمترین مقدار نیز با اختلاف اندکی نسبت به کودهای شیمیایی، هنگامی که ورمی‌کمپوست در ریزوسفر گیاه استفاده گردید، مشاهده شد (جدول ۶). با توجه به وجود بالاترین مقادیر عملکرد زیستی و دانه در تیمار تلفیقی ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی همراه با کودهای زیستی و ورمی کمپوست، به‌تبع بیشترین شاخص برداشت نیز در تیمار مذکور با میانگین حدود ۵۰٪ مشاهده گردید (جدول ۶). همچنین از نظر شاخص برداشت بین تیمارهای تلفیقی ۵۰٪ غلظت کودهای شیمیایی و کودهای زیستی و ورمی کمپوست و کاربرد به تنهایی کودهای زیستی تفاوتی وجود نداشت کمترین شاخص برداشت نیز مربوط به تیمار استفاده از ورمی‌کمپوست بود (جدول ۶).

براساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۶)، استفاده از مدیریت تلفیقی کودها، بیشترین درصد اسانس را در گیاه دارویی رازیانه تولید کرد؛ بالاترین مقدار بدون تفاوت آماری معنی‌دار، با میانگین حدود ۳٪ در تیمارهای ۷۵٪ و ۵۰٪ کودهای شیمیایی در همراهی با کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست بدست آمد (جدول ۶). همچنین دو تیمار غلظت کاهش یافته کودهای شیمیایی به ۷۵٪ و ۵۰٪، در کنار کاربرد کودهای زیستی و ورمی کمپوست با حدود ۱۹ و ۱۸ کیلوگرم در هکتار، بیشترین مقدار عملکرد اسانس را به‌دنبال داشتند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مدیریت‌های مختلف حاصلخیزی خاک بر ویژگی‌های مورفولوژیک رازیانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	تعداد چتر	وزن خشک چتر	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چتر	وزن دانه در چتر	وزن هزاردانه
تکرار	۲	۷۳/۲*	۱/۴ ns	۲۷/۴*	۳/۳**	۶ ns	۳ ns	۳/۲ ns	۵۰۳۷/۸ ns	۰/۳۵ ns	۰/۰۵ ns
تیمار	۴	۱۴۵**	۳/۶ ns	۳۹۸۱/۷**	۱۲/۵**	۵۶**	۷۶**	۸۶۸۹۸/۶**	۲۱۷۴۵۵۳**	۹۵**	۳/۶**
خطای آزمایش	–	۱۵/۲	۱/۶	۷/۷	۰/۱۶	۳	۱/۳	۲۲۶/۷	۱۱۲۶۴/۹	۰/۵۷	۰/۰۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۴/۳	۲۴/۷	۵/۲	۱۰/۲	۱۳	۱۹/۵	۶/۸	۱۰	۱۳	۳/۳

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیرمعنی‌دار

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین مدیریت‌های مختلف حاصلخیزی خاک بر ویژگی‌های مورفولوژیک رازیانه

منابع تغییر	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع بوته	تعداد چتر	وزن خشک چتر	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چتر	وزن دانه در چتر	وزن هزاردانه
	گرم در مترمربع	گرم در مترمربع		سانتی‌متر		گرم در مترمربع		گرم در مترمربع	گرم	گرم
کودهای زیستی	۲۵/۳d	۳/۱c	۴a	۹۵a	۱۳ b	۲/۵c	۱۰۶c	۵۳۵/۶c	۲/۸c	۵/۳b
ورمی‌کمپوست	۳۴/۳c	۲/۹cd	۵a	۹۵a	۸c	۱/۲c	۱۱۰c	۵۳۵c	۱/۴c	۴/۷c
کودهای شیمیایی	۲۰/۳d	۱/۸d	۵a	۸۰b	۲۰a	۳/۴c	۸۳c	۴۳۴/۳c	۱/۵c	۳/۴d
تلفیقی ۷۵٪	۹۸/۶a	۷/۱a	۷a	۹۵a	۱۲bc	۱۳/۴a	۴۶۰a	۲۲۰۰a	۱۳/۷a	۶a
تلفیقی ۵۰٪	۸۵/۳b	۴/۷b	۵a	۹۵a	۱۳/۳b	۸/۲b	۳۴۰b	۱۷۰۰b	۹/۹b	۶a

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون (دانکن) است.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مدیریت‌های مختلف حاصلخیزی خاک بر عملکرد دانه و اسانس رازیانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۳۶ns	۷۶۲۸/۵*	۰/۰۰۰۳ns	۰/۴۵**	۰/۳۱ns
تیمار	۴	۹۵۰۵/۹**	۵۵۷۰۹۲/۶**	۰/۰۰۳**	۰/۵۴**	۲۶۳/۶**
خطای آزمایش	-	۵۷/۷	۱۴۸۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۴	۰/۳۸
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۳	۶	۱۳	۸/۷	۲

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیرمعنی‌دار

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین مدیریت‌های مختلف حاصلخیزی خاک بر عملکرد دانه و اسانس رازیانه

منابع تغییر	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (٪)	درصد اسانس (٪)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
کودهای زیستی	۲۸/۴c	۳۰۹/۶cd	۹/۳a	۲/۷a	۱۲c
ورمی‌کمپوست	۱۵c	۳۸۴c	۳/۹b	۲/۳ab	۱۳/۵b
کودهای شیمیایی	۱۵c	۲۵۷d	۵/۸ b	۱/۸b	۱۳/۵b
تلفیقی ۷۵٪	۱۳۸a	۱۱۹۱/۶a	۱۱/۶a	۲/۸a	۱۸/۶a
تلفیقی ۵۰٪	۹۹b	۹۸۳/۶b	۱۰a	۲/۷a	۱۷/۸a

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون (دانکن) است.

با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۸)، استفاده از تیمار تلفیقی ۷۵٪ کودهای شیمیایی در همراهی با ریزجانداران مفید خاکزی و ورمی‌کمپوست، بیشترین مقدار صفات افزاینده کیفیت علوفه گیاه رازیانه را به‌دنبال داشت. بیشترین درصد پروتئین خام (Crude Protein :CP) با میانگین حدود ۱۹/۵٪ مربوط به این تیمار کودی بود. کمترین مقدار نیز در تیمار استفاده از ۱۰۰٪ غلظت کودهای شیمیایی (با میانگین حدود ۱۴/۵٪) مشاهده گردید. باوجوداین تیمار تلفیق کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست با ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی با تیمارهای کاربرد به تنهایی ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی و همچنین تلفیق ۵۰٪ کودهای شیمیایی + زیستی + ورمی‌کمپوست تفاوت آماری نشان نداد (جدول ۸). همچنین کاربرد فقط کودهای زیستی و ادغام ۵۰٪ کودهای شیمیایی در همراهی با کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست، نتایجی مشابه با کاربرد ۱۰۰ درصدی کودهای شیمیایی به‌همراه داشتند. بیشترین و کمترین مقدار ماده خشک قابل هضم (DMD: Dry Matter Digestibility) علوفه نیز به‌ترتیب مربوط به کاربرد ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی در تلفیق با کودهای ارگانیک و ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی با میانگین حدود ۶۰٪ و ۵۳٪ بود (جدول ۸). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار تلفیقی ۷۵٪ کودهای شیمیایی با تیمار کودهای زیستی به تنهایی و تلفیقی ۵۰٪ فاقد تفاوت از لحاظ آماری بود؛ همچنین دو تیمار تلفیقی ۵۰٪ کودهای شیمیایی و ورمی‌کمپوست به تنهایی، با تیمار کودهای شیمیایی در سطح آماری مشترک قرار گرفتند (جدول ۸).

کاربرد ۷۵٪ کودهای شیمیایی در همراهی با کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست بیشترین درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب (Water Soluble Carbohydrates :WSC) را به‌همراه داشت (جدول ۸). بااین‌حال، دو تیمار کودهای زیستی و تلفیقی ۵۰٪ کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست نیز با تیمار مذکور تفاوت آماری نشان ندادند. نکته قابل توجه دیگر، قرار گرفتن سه تیمار کودهای زیستی، تلفیق ۵۰٪ کودهای شیمیایی با کودهای ارگانیک مورد استفاده و استفاده از ورمی‌کمپوست به تنهایی در سطح آماری مشترک و فقدان تفاوت معنی‌دار بین میانگین درصد قندهای محلول در تیمار ورمی‌کمپوست با تیمار کودهای شیمیایی بود. همچنین، کاربرد مدیریت تلفیقی کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست با ۷۵٪ غلظت توصیه شده کودهای شیمیایی، بیشترین درصد خاکستر (Ash) را در علوفه گیاه رازیانه نشان داد (با میانگین حدود ۸٪) (جدول ۸). تیمار تلفیقی ۵۰٪ کودهای شیمیایی + زیستی + ورمی‌کمپوست در جایگاه دوم و تیمار ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی بدون وجود تفاوت معنی‌دار در جایگاه‌های بعد قرار گرفتند. تیمار ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی نیز با میانگین حدود ۲٪ کمترین مقدار خاکستر را به‌خود اختصاص داد (جدول ۸).

بررسی جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۸) همچنین نشان داد که کاربرد مدیریت تلفیقی کود منجر به کاهش درصد صفات کاهنده کیفیت علوفه می‌گردد. به‌طوری که کمترین فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی (Acid Detergent Fiber :ADF) در تیمار ۵۰٪ و ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی همراه با کاربرد کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست در محیط ریشه گیاه (میانگین حدود ۱۳٪ و ۲۲٪ به‌ترتیب) و بیشترین مقدار در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصدی کودهای شیمیایی (میانگین حدود ۴۰٪) مشاهده گردید. تیمار ادغام ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی + کودهای زیستی + ورمی‌کمپوست همچنین کمترین مقدار فیبرهای نامحلول در شوینده خنثی (Neutral Detergent Fiber :NDF) و الیاف خام (Crude Fibre :CF) را به‌ترتیب با میانگین حدود ۱۸٪ و ۳۹٪ به‌خود اختصاص داد. در حالی‌که درصد NDF و الیاف خام در تیمار کودهای شیمیایی بیشترین مقدار را نسبت به کاربرد سایر کودها داشت (به‌ترتیب با میانگین حدود ۶۸٪ و ۳۹٪).

بحث

ویژگی‌های مورفولوژی

ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه

در این پژوهش، چهار تیمار کودهای زیستی، ورمی‌کمپوست و دو تیمار تلفیقی غلظت‌های کاهش‌یافته کودهای شیمیایی در همراهی با کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست، از نظر تأثیر بر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. این در حالی بود که هر دو تیمار ادغام کودهای ارگانیک با غلظت‌های کاهش‌یافته کودهای شیمیایی، بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه را نشان دادند. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد همزمان کودهای شیمیایی و زیستی منجر به افزایش جذب عناصر پرمصرف و در نتیجه افزایش ماده خشک می‌گردد (Mohamadi Ariya *et al.*, 2010؛ Valadabadi *et al.*, 2009). در مطالعه Aghhavani Shajari و همکاران (۲۰۱۴) نشان داده شد که مصرف تلفیقی منابع کودی در مقایسه با کاربرد منفرد آنها منجر به بهبود نسبی ارتفاع بوته گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) می‌گردد. باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در کود زیستی علاوه‌بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، ترشح اسیدهای آمینه و انواع آنتی‌بیوتیک، سیانید هیدروژن و سیدروفر را نیز بر عهده دارند و موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان می‌شوند. افزایش جیبرلین در اثر استفاده از کودهای زیستی نیز می‌تواند افزایش رشد طولی سلول‌ها را به‌دنبال داشته باشد، در نتیجه این باکتری‌ها منجر به افزایش ارتفاع بوته و وزن خشک قسمت‌های مختلف گیاه می‌شوند (Youssef *et al.*, 2004).

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس مدیریت‌های مختلف حاصلخیزی خاک بر صفات کیفی علوفه رازیانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		پروتئین خام	ماده خشک قابل هضم	کربوهیدرات‌های محلول در آب	مقدار خاکستر	فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی	فیبرهای نامحلول در شوینده خنثی	الیاف خام
تکرار	۲	۰/۸۷ ns	۳/۶ ns	۰/۱۱ ns	۴/۷**	۳۶ns	۷/۷ ns	۰/۳ ns
تیمار	۴	۱۰/۸ *	۱۱**	۳/۹**	۱۰/۳۳**	۲۷۳/۴**	۱۲۰۰/۲**	۷۷/۶**
خطای آزمایش	–	۱/۹	۱/۲	۰/۲۴	۰/۱۴	۲۸	۱۴/۶	۱۰
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/۹	۱/۹	۶/۶	۹/۱	۲۰/۳	5/3	۱۰/۳

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین مدیریت‌های مختلف حاصلخیزی خاک بر صفات کیفی علوفه رازیانه

منابع تغییر	پروتئین خام (٪)	ماده خشک قابل هضم (٪)	قندهای محلول در آب (٪)	مقدار خاکستر (٪)	فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی (٪)	فیبرهای نامحلول در شوینده خنثی (٪)	الیاف خام (٪)
کودهای زیستی	۱۷/۷ab	۵۷/۴ab	۸ab	۳c	۳۰ab	۳۲/۴ab	۳۰c
ورمی‌کمپوست	۱۸/۴a	۵۵bc	۶/۷bc	۲/۵cd	۷۲۵abc	۳۷/۶a	۴۵/۷b
کودهای شیمیایی	۱۴/۴b	۵۳/۲c	۶c	۱/۸d	۳۸/۵a	۳۹/۲a	۶۷/۵a
تلفیقی ۷۵٪	۱۹/۴a	۵۹a	۹a	۸/۳a	۱۲/۸c	۲۶/۴b	۱۸d
تلفیقی ۵۰٪	۱۷/۳ab	۵۵/۳abc	۷/۷ab	۴b	۲۲bc	۳۲/۴ab	۲۳/۲cd

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون (دانکن) است.

تعداد چتر، وزن خشک چتر و تعداد چترک در چتر

نتایج مقایسه میانگین حکایت از بالاتر بودن وزن خشک چتر و تعداد چترک در چتر در تیمارهای تلفیق کودها نسبت به سایر تیمارها داشت. در حالی‌که تعداد چتر در تیمار کاربرد ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی بالاترین تعداد را داشت (جدول ۴). این نتایج با پژوهشی در ارتباط با کاربرد همزمان کودهای شیمیایی و کودهای زیستی در رازیانه مطابقت داشت (Hosseinzadeh Namin & Amini, 2015). Taiz و Zeiger (۲۰۰۰) بیان کردند هر عاملی که منجر به افزایش معنی‌دار فسفر خاک شود، در گلدهی گیاه مؤثر است. بنابراین افزایش فسفر از طریق افزایش اندام‌های زایشی باعث افزایش تعداد گل می‌گردد. در این بررسی نیز اعمال همزمان کودهای زیستی و شیمیایی فسفره منجر به بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و افزایش صفات زایشی رازیانه گردید. نتایج این پژوهش‌ها بر این واقعیت استوارند که تلقیح گیاه با ریزجانداران منجر به بهبود شرایط رشد، افزایش جذب فسفر و در نتیجه افزایش فتوسنتز و افزایش وزن چتر می‌شوند (Hosseinzadeh Namin & Amini, 2015).

وزن دانه در چتر و وزن هزاردانه

وزن هزاردانه به‌طور مستقیم در اثر استمرار جریان فتوسنتزی بعد از گرده‌افشانی است. این مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال دوباره مواد ذخیره شده تأمین شوند. ریزجانداران موجود در کودهای زیستی می‌توانند با افزایش طول دوره پر شدن دانه و مقدار مواد فتوسنتزی ذخیره شده، افزایش وزن دانه را توجیه کنند (Hamzei *et al.*, 2014). بنابراین، افزایش مقدار مواد غذایی قابل دسترس در تیمارهای تلفیقی این پژوهش، توانسته است تا حد زیادی به افزایش وزن هزاردانه منجر شود.

عملکرد زیستی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد اسانس

افزایش عملکرد زیستی، دانه و شاخص برداشت در تیمارهای تلفیقی در مقایسه با کودهای شیمیایی با پژوهش‌های Tahami Zarandi و همکاران (۲۰۱۳) بر گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و Aghhavani Shajari و همکاران (۲۰۱۴) بر گیاه گشنیز مطابقت دارد. ازاین‌رو، کودهای زیستی و آلی با افزایش ماده آلی خاک، باعث افزایش فعالیت ریزجانداران شده و با فراهم‌سازی عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک موجب افزایش عملکرد محصول می‌شوند (Khalid *et al.*, 2006). مطالعه کنونی نشان داد که مصرف مقادیر مناسب کودهای شیمیایی در تلفیق با کودهای زیستی می‌تواند باعث افزایش زیست‌توده و در نهایت عملکرد گیاه شود. بنابراین با افزایش عملکرد دانه رازیانه در تیمارهای تلفیقی، اختلاف میان عملکرد تولیدی این گونه تیمارها با تیمار کودهای شیمیایی آشکار می‌شود. ایجاد شرایط بهتر تغذیه‌ای و به‌تبع افزایش عملکرد زیستی و دانه در نهایت افزایش شاخص برداشت را در تیمارهای تلفیقی به‌دنبال داشت که با تحقیق Hosseinzadeh Namin و Amini (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد. بنابراین با توجه به تأثیر مثبت ریزجانداران بر جذب این عناصر در کنار کاربرد و فراهمی عناصر پرمصرف در تیمارهای تلفیقی، افزایش شاخص کلروفیل و همچنین افزایش اسانس در این تیمارها وجود داشت. گزارش شده است که واحدهای سازنده ترکیب‌های ترپنوئیدی اسانس، نیاز به ATP و NADPH دارند که تلقیح با ریزجانداران مفید خاکزی از طریق جذب فسفر و نیتروژن باعث افزایش این مواد و در نتیجه افزایش درصد اسانس گیاه می‌شود (Loomis & Corteau, 1972). Abd EL-Azim و همکاران (۲۰۱۷)

نشان دادند که کودهای زیستی می‌توانند درصد اسانس رازیانه را افزایش دهند. همچنین در پژوهشی دیگر، افزایش درصد اسانس رازیانه در اثر کاربرد کودهای زیستی گزارش شده است (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). Mahfouz و Sharaf-Eldin (۲۰۰۷) بالاترین عملکرد اسانس رازیانه را در تیمار تلفیقی ۵۰٪ غلظت کودهای شیمیایی همراه با کودهای زیستی گزارش کردند. از سوی دیگر، عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و همچنین عملکرد زیستی بوده، در نتیجه هر گونه افزایشی در این دو مورد بر عملکرد اسانس مؤثر است. همچنین تغییرات عملکرد اسانس در تیمارهای مختلف کودی، مشابه تغییرات عملکرد زیستی می‌باشد که بیانگر تأثیر زیاد تغییرات عملکرد زیستی بر عملکرد اسانس است (Agha Baba Dastjerdi *et al*., 2015).

کیفیت علوفه

پروتئین خام، قابلیت هضم ماده خشک، قندهای محلول در آب و خاکستر

پروتئین خام ترکیبی از پروتئین حقیقی و ترکیب‌های نیتروژن‌دار غیرپروتئینی بوده و برای رشد دام و تولید شیر ضروریست (Ehteshami *et al*., 2012؛ Lamei Haravani, 2013). افزایش نیتروژن منجر به افزایش سطح برگ می‌گردد. زیاد شدن نسبت برگ به ساقه، افزایش پروتئین و کاهش بخش‌های خشبی و لیگنینی در علوفه را به‌دنبال دارد (Vos *et al*., 2005). Ehteshami و همکاران (۲۰۱۲) نیز بالاترین درصد پروتئین خام ذرت علوفه‌ای را در تیمارهای تلفیقی ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد کود شیمیایی + کودهای زیستی گزارش کردند. بنابراین، تیمار تلفیقی با فراهم‌سازی نیتروژن بیشتر از تیمار شیمیایی، منجر به افزایش محتوای پروتئین در گیاه می‌شود. افزایش درصد ماده خشک و پروتئین خام موجب افزایش خوشخوراکی گیاه و افزایش عمل جذب و بهبود کیفیت علوفه می‌گردد (Majidian *et al*., 2016). قابلیت هضم بالا، کارایی تبدیل عناصر مغذی حیوان را بهبود می‌بخشد. افزون‌براین، قابلیت هضم مهمترین صفت برای افزایش وزن دام و تولید شیر می‌باشد (Ehteshami *et al*., 2012). Keshavarz afshar و همکاران (۲۰۱۲) در تیمار تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی + کودهای زیستی، بالاترین درصد قابلیت هضم ماده خشک شلغم علوفه‌ای را گزارش کردند. در واقع تیمار تلفیقی توانسته عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را به شکلی که به‌آسانی برای گیاه قابل جذب باشد فراهم کند، در نتیجه ماده خشک قابل هضم علوفه را افزایش دهد. قندهای محلول یکی از مهمترین اجزای تعیین‌کننده کیفیت علوفه هستند که وظیفه آنها، فراهم کردن انرژی برای ریزجانداران شکمبه و حفظ سلامت دستگاه گوارش دام است (Ehteshami *et al*., 2012). Roumani و همکاران (۲۰۱۵) با کاربرد ریزجانداران در تلفیق با کودهای شیمیایی، بیشترین درصد قندهای محلول را در گیاه شلغم علوفه‌ای گزارش کردند. خاکستر علوفه، بیانگر مقدار مواد معدنی در گیاه است و به لحاظ اینکه این عناصر در متابولیسم حیوان نقش دارد، برای فعالیت سلول‌ها لازم هستند (Kiani *et al*., 2014). در مطالعه Roumani و همکاران (۲۰۱۵) مشخص شد که بیشترین درصد خاکستر، مربوط به تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی با کودهای زیستی می‌باشد.

فیبرهای نامحلول در شوینده اسید و خنثی و الیاف خام

فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی بیانگر بخشی از الیاف است که قابلیت هضم کمتری برای دام دارد و شامل سلولز و لیگنین خام است که این صفت به‌طور منفی با درصد قابلیت هضم همبسته بوده، در نتیجه میزان انرژی قابل دسترس را برای نشخوارکنندگان متأثر می‌سازد (Javanmard *et al*., 2014). از آنجایی‌که تیمارهای تلفیقی

توانستند صفات کیفی علوفه مانند درصد پروتئین خام و قابلیت هضم ماده خشک را افزایش دهند، بنابراین کاهش عوامل کاهنده کیفیت علوفه در تیمارهای تلفیق غلظت کاهش یافته کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و ورمی کمپوست، منطقی می‌باشد. نتایج این پژوهش، با نتایج Ehteshami و همکاران (۲۰۱۳) با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی در گیاه ذرت علوفه‌ای مطابقت دارد. افزایش درصد NDF، منجر به کاهش مصرف ماده خشک به‌دلیل میزان سیرکنندگی علوفه می‌گردد. بنابراین، درصد پایین NDF مطلوب است (Javanmard *et al*., 2014). در مطالعه Baghdadi و همکاران (۲۰۱۸) کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی + کودهای آلی کمترین مقدار NDF را در علوفه "ذرت" و "سویا" نسبت به کاربرد ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی تولید کردند. ازآنجایی‌که این صفت از عوامل کاهنده کیفیت علوفه می باشد و تیمارهای تلفیقی توانستند عوامل افزاینده کیفیت علوفه گیاه را افزایش دهند، در نتیجه کاهش NDF در تیمارهای تلفیقی مشاهده گردید. الیاف خام، یکی دیگر از متغیرهای کاهنده کیفیت علوفه بوده و کاهش در مقدار این صفت موجب بهبود کیفیت علوفه خواهد شد (Asadi *et al*., 2014). Asangla و Gohain (۲۰۱۶) گزارش کردند که هرگونه تیماری که منجر به افزایش پروتئین خام گیاه گردد، کاهش محتوای الیاف خام را به‌دنبال دارد. بنابراین افزایش منابع نیتروژن منجر به افزایش ساخت پروتئین و کاهش محتوای الیاف خام می‌گردد (Tiwana *et al*., 2003).

در مجموع، نتایج این آزمایش نشان داد که در گیاه دارویی رازیانه، کاربرد تیمار تلفیقی ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی (NPK) به‌همراه استفاده از ورمی کمپوست و کودهای زیستی اثر بهتری بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد ماده خشک، تولید اسانس و علوفه گیاه نسبت به کاربرد هر یک از کودها به‌تنهایی دارد. امروزه استفاده از فرآورده‌های پروتئین حیوانی به‌طور گسترده‌ای وجود دارد، از سویی آسیب ترکیب‌های شیمیایی نیز به اثبات رسیده و بشر بیش از پیش به استفاده از ترکیب‌های گیاهی وابستگی پیدا کرده است. بنابراین، می‌توان با تغذیه دام از علوفه غنی شده با گیاهان دارویی، گامی به سمت سلامت افراد جامعه برداشت و نیاز به کنترل بسیاری از بیماری‌ها در انسان را به عنوان مصرف‌کنندگان شیر و گوشت دام کاهش داد.

منابع مورد استفاده

- Abd El-Azim, W., Khater, M., Rania, M.R. and Badawy, M.Y.M., 2017. Effect of Bio-fertilization and different licoric extracts on growth and productivity of *Foeniculum vulgare* Mill. plant. Middle East Journal of Agriculture Research, 06(01): 1-12.
- Agha Baba Dastjerdi, M., Aminin Dehaghi, M., Chaichi, M.R. and Bosaghzadeh, Z., 2015. Evalution of biomass production and some quality characteristics of fennel in different fertilizing systems. Iranian Journal of Field Crops Research, 13(2): 369-377.
- Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R. and Nasiri Mahallati, M., 2014. Effects of organic, biological and chimical fertilizers on vegetative indices and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Agroecology, 6(3): 425-443.
- Asadi, S., Chaichi, M.R., Abassdokht, H., Asghari, H.R. and Ghplipour, M., 2014. Evaluation of forage qualitative characterictics of sorghum and fenugreek affected by nitrogen fertilizer (biological, chimical and integrated) in additive intercropping. Iran Journal of Field Crops Science, 44(3): 479-493.
- Asangla, H. and Gohain, T., 2016. Effect of fodder yield and quality attributes of maize (*Zea Mays* L.) + cowpea (*Vigna Unguiculata* L.) intercropping and different levels. Intrnational Journal of Agricultural Science and Research, 6(2): 349-356.
- Awasthi, U.D., Tripathi, A.K., Dubey, S.D. and Kumar, S., 2011. Effect of row ratio and fertility levels on growth, productivity, competition and economics in chickpea + fennel intercropping system under scarce moisture condition. Journal of Food Legumes, 24(3): 211-214.
- Baghdadi, A., Ridzwan, A.H., Ghasemzadeh, A., Fauzi Ramlan, M. and Sakimin, S.Z., 2018. Impact of organic and inorganic fertilizers on yield and quality of silage corn in intercropped system with soybean. https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.26905v1, 1-44.

effects on yield and forage quality of turnip (*Brassica rapa* L.) in an arid region of Iran. Agricultural Research, 1(4): 370-378.
- Khalid, A.Kh., Hendawy, S.F. and El-Gezawy, E., 2006. *Ocimum basilicum* L. production under organic farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2(1): 25-32.
- Khorshidi, J., Fakhr Tabatabaei, M., Omidbaigi, R. and Sefidkon, F., 2009. The effect of different densities of planting on morphological characters, yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. cv. Soroksary). Journal of Agriculture Science, 1(2): 66-73.
- Lamei Haravani, J., 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crop with Barley in rainfed condition of Zanjan province in Iran. Seed and Plant Production Journal, 29(2): 169-183.
- Loomis, W.D. and Corteau, R., 1972. Essential oil biosynthesis. Recently Advance Phytochemistry, 6: 147-185.
- Mahfouz, S.A. and Sharaf-Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum valgare* Mill.). International Agrophysics, 21: 361-366.
- Majidian, M., Khoshchehreh Ziba, E. and Mansouri Far, S., 2016. Dry matter digestibility, forage, manure, nitrogen protein. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 26(1): 131-143.
- Mohamadi Ariya, M., Lakziyan, A. and Hagh Nia, G.H., 2010. The effects of inoculum of *Thiobacillus* and *Asperjillus* on growth of *Zea mays*. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(1): 82-89.
- Nakhaei, A., Moosavi, S.Gh.R., Baradaran, R. and Azari Nasrabad, A., 2012. Effect of nitrogen and plant density levels on yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(12): 803-810.
- Roumani, A., Ehteshami, S.M.R. and Rabiei, M., 2015. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on forage quality and yield of turnip (*Brassica rape* L.) at the different values of nitrogen and phosphorus fertilizers. Plant Production Technology, 6(2): 89-99.
- Stefano, M.M., Leonard, L.F. and Ziliotto, U., 2013. Phosphorus and potassium fertilizer effects on alfalfa and soil in a non-limited soil. Agronomy Journal, l05(6): 1613-1618.
- Tahami Zarandi, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P. and Jahan, M., 2013. Effects of various organic and
- Carvalho, W.G., de Pinho Costa, K.A., Epifanio, P.S., Perim, R.C., Teixeira, D.A.A. and Medeiros, L.T., 2016. Silage quality of corn and sorghum added with forage peanuts. Revista Caatinga, 29(2): 465-472.
- Dadkhah, A.R., 2012. Effect of chimicals and bio-fertilizers on yield, growth parameters and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller.). Journal of Medicinal Plants and By-Products, 2: 101-105.
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F. and Sefidkon, F., 2007. Effeect of biofertilizers application on yield and yield component in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatis Plants Research, 22(4): 276-292.
- Ehteshami, S.M.R., Ebrahimi, P. and Zand, B., 2012. Investigation of quantitative and quqalitative characterictics of silage Corn genotype in Varamin region. Elecrtonic Journal of Crop Production, 5(4): 19-38.
- Ehteshami, S.M.R., Janzamin, I., Ramezani, M., Khavazi, K. and Zand, B., 2013. Effect of integrated management of phosphorus fertilizer on quantitative and qualitative yield of tow forage Corn cultivars in Varamin. Agricultural Crop Management, 15(1): 95-110.
- Griffe, P., Metha, S. and Shankar, D., 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye-yielding plants (MADPs). Forward, Preface and Introduction, FAO.
- Hamzei, J., Najjari, S., and Salimi, F. 2014. Evaluation of the effect of integrated application of Bio-chimical fertilizers on growth, grain yield and its quality in anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Research in Agronomy Ecosystemes, 1(2): 45-54.
- Hosseinzadeh Namin, P. and Amini, M., 2015. Effects of integrated usage of Bio and chimical phosphate fertilizer on growth, yield, yield componenet and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Plant Research, 27(4): 592-604.
- Jafari, A., 2002. Possibility of using near-infrared spectrometer for estimating digestibility of grass. Seminar of Animal and Poultry Diets. Institute of Animal Husbandry, Karaj, Iran, September 1, 55-63.
- Javanmard, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Nasiri, Y. and Shekari, F., 2014. Evaluation of forage yield and some advantage indices intercropping corn with different legume as double cropped. Journal of Crop Productin and Processing, 4(12): 39-51.
- Keshavarz Afshar, R., Chaichi, M.R., Moghadam, H. and Ehteshami, S.M.R., 2012. Irrigation, phosphorus fertilizer and phosphorus solubilizing microorganism

chemical fertilizers on growth indices of basil (*Ocium basilicum* L.). Agroecology, 5(4): 363-372.
- Taiz, L. and Zeiger, E., 2000. Plant Physiology. Sinauer Associates Publisher, 705p.
- Tiwana, U.S., Puri, K.P. and Singh, S., 2003. Fodder yield and quality of multicut pearl millet (*Pennisetum glaucum*) as influenced by nitrogen and phosphorous under Punjab conditions. Journal Research of Punjab Agricultural University, 36: 10-18.
- Valadabadi, S.A.R., Lebaschi, M.H. and Aliabadi Farahani, H., 2009. The effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), P_2O_5 fertilizer and irrigation according to physiological growth indices of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 25(3): 414-428.
- Vos, J., Vander Putten, P.E.L. and Birch, C.J., 2005. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf nitrogen economy and photosynthetic maize (*Zea mays* L.). Field Crops Research, 93: 64-73.
- Younesian, A., Taheri, Sh. and Rezvani Moghadam, P., 2012. The effect of organic and biological fertilizers on essential oil content of *Foeniculum vulgare* Mill. (Sweet Fennel). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(18): 2141-2146.
- Youssef, A.A., Edris, A.E. and Gomaa, A.M., 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science, 9: 299-311.

Effects of integrated soil fertility management on the quantitative and qualitative yield of fodder, seed and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) essential oil

E. Tashakorifard[1], Gh.R. Mohsenabadi[2*], S.M.R. Ehteshami[3] and S. Asadi-Sanam[4]

1- Ph.D. student, Agronomy Division, Guilan university, Rasht, Iran
2*- Corresponding author, Agronomy Division, Guilan university, Rasht, Iran, E-mail: mohsenabadi@guilan.ac.ir
3- Agronomy Division, Guilan university, Rasht, Iran
4- Medicinal plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: January 2019 Revised: June 2019 Accepted: August 2019

Abstract

This study was carried out to investigate different soil fertility management on morphological traits, essential oil yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) forage. The experiment was conducted as a randomized complete block design with three replications at the Research Institute of Forests and Rangelands. The experimental treatments included five fertilizer levels (chemical, biological, vermicompost, 75% and 50% concentration of chemical fertilizers + bio-fertilizers + vermicompost). The results indicated the significant effects of different fertilizer treatments on the traits studied. Accordingly, the treatment of 75% chemical fertilizers with biofertilizers and vermicompost improved morphological characteristics, essential oil yield, and quantitative and qualitative yield of forage, recognized as superior treatment. The above mentioned treatment had the highest plant height (95 cm), shoot dry weight (98 g m^{-2}), biological yield (1191.6 kg ha^{-1}), seed yield (138 kg ha^{-1}), and harvest index (11.6%). The highest and lowest percentage and essential oil yield were related to 75% chemical fertilizers+biofertilizers+vermicompost (about 3% and 18 kg ha^{-1}) and 100% chemical fertilizers treatment (about 2% and 13 kg ha^{-1}), respectively. The highest amount of important forage qualitative traits such as digestible dry matter (%), water soluble sugars (%) and ash content was obtained in 75% chemical fertilizers with biofertilizers and vermicompost treatment. While the above mentioned traits had the lowest amount in the application of 100% of chemical fertilizers, compared to other treatments. In addition, forage quality-reducing factors such as neutral and acidic insoluble fiber had the highest values in this treatment. It seems that in order to achieve sustainable agriculture and optimize the organic production of medicinal plants, the reduced concentrations of chemical fertilizers along with bio-resources can reduce environmental pollution in addition to economic production.

Keywords: Soil fertility, morphology, medicinal plant, forage quality, microorganisms.