تأثیر کود زیستی بر عملکرد و خصوصیات کیفی رازیانه در کشت مخلوط افزایشی با یونجه چندساله

Effect of Biofertilizer on Yield and Quality Characteristics of Fennel in Additive Intercropping with Prennial Alfalfa

مینا آقابابادستجردی[۱*]، مجید امینی دهقی[۲]، زینب بساق‌زاده[۳] و شهلا شفیعی ادیب[۴]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد و خصوصیات کیفی علوفه دارو (کشت مخلوط افزایشی یونجه و رازیانه) تحت تأثیر کودهای زیستی، آزمایشی در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی سطوح مختلف کودی شامل: ۱. شاهد (عدم کوددهی)، ۲. کود زیستی (نیتروکسین و فسفات بارور۲)، ۳. کود تلفیقی (کود زیستی+۵۰٪ کود شیمیایی)، ۴. کود شیمیایی (سوپرفسفات تریپل براساس آزمون خاک) و کرت‌های فرعی نسبت‌های مختلف کشت شامل: ۱. کشت خالص یونجه، ۲. کشت خالص رازیانه، ۳. نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه و ۴. نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه بودند. نتایج نشان داد که تأثیر کود، کشت مخلوط و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد ماده خشک یونجه و رازیانه، عملکرد اسانس، میزان آنتول و متیل‌کاویکول در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک یونجه (۷۳۷۷/۰۷ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص یونجه و کود تلفیقی، بیش‌ترین ماده خشک رازیانه (۹۳۳۴/۳۳ کیلوگرم در هکتار) و بیش‌ترین عملکرد اسانس (۵۴/۲ لیتر در هکتار) از کشت خالص رازیانه با دریافت کود تلفیقی به‌دست آمد. با توجه به نتایج پژوهش، بیش‌ترین میزان آنتول (۳۷/۲ درصد) و کم‌ترین میزان متیل کاویکول (۲/۷۷ درصد) از کشت خالص رازیانه با دریافت کود زیستی به‌دست آمد. محاسبه و ارزیابی مجموع عملکرد نسبی و ضریب ازدحام نسبی نشان داد که نسبت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه به‌ترتیب در تیمار عدم کوددهی و دریافت کود زیستی نسبت به سایر ترکیب‌های کشت، برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: آنتول، اسانس، ضریب ازدحام نسبی، ماده خشک، مجموع عملکرد نسبی

۱، ۲ و ۴. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشیار و دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
۳. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود
*: نویسنده مسئول Email: minadastjerdi@yahoo.com

مقدمه

در طی چند دهه‌ی اخیر، رویکرد جامعه جهانی به سمت کشاورزی پایدار در راستای کاهش استفاده از نهاده‌های مختلف شیمیایی و هم‌چنین کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی خاک برخوردار است (حمیدی[1] و همکاران، 2005). از طرفی افزایش تولید محصولات سالم کشاورزی همراه با حفظ سلامت انسان و دام و محیط زیست در راستای دست‌یابی به توسعه پایدار یکی از مباحث اصلی کشاورزی می‌باشد که سرلوحه برنامه کشورهای مختلف جهان ازجمله کشور ما قرار گرفته است. (*الکساندرتوس*[2]، 2003). کودهای بیولوژیک شامل انواع متنوعی از باکتری‌ها یا قارچ‌های زنده‌ای هستند که توانایی تثبیت نیتروژن یا حل کردن و افزایش جذب فسفات موجود در خاک را دارند (*نارولا*[3] و همکاران، 2000).

محدودیت منابع کشاورزی در تأمین علوفه به‌منظور تولید محصولات دامی و فشار بیش از حد دام‌ها به مراتع کشور، سبب تخریب رو به تزاید منابع طبیعی شده و از طرف دیگر به علت مسائل اقتصادی و مقررات بازرگانی بین‌المللی امکان واردات محصولات دامی مشکل و پرهزینه است. بنابراین رفع موانع عمده تولید علوفه جهت رهایی از تنگناهای اشاره‌شده، امری اجتناب‌ناپذیر است (امینی‌دهقی و همکاران، ۱۳۸۸). به‌منظور معرفی منابع و روش‌های نوین تولید علوفه و بهره‌گیری بهینه از نهاده‌های تولید، انجام کشت مخلوط توصیه شده است (صفی‌خانی و همکاران، ۱۳۹۲). کشت مخلوط به‌عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی اهدافی نظیر افزایش تنوع زیستی، بهره‌برداری بیشتر از منابع طبیعی، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارات ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌کند (*شبیری*[4] و همکاران، 2011).

در بین گیاهان خانواده پروانه‌آسا، یونجه[5] ازجمله گیاهانی است که با توجه به ویژگی‌های مطلوب مانند ارزش علوفه‌ای بالا، تأثیر مثبت بر حاصلخیزی خاک و توسعه وسیع در مقیاس جهانی، در کانون توجه قرار گرفته است (امینی‌دهقی و همکاران، ۱۳۸۸). با این وجود، ایجاد نفخ یکی از مسائلی است که استفاده از این گیاه را به تنهایی در تغذیه دام محدود می‌سازد (*پمبلتون*[6] و همکاران، 2010). رازیانه[7] گیاهی علفی، معطر و چندساله از خانواده‌ی چتریان است. تمام پیکر گیاه حاوی اسانس است که در صنایع داروسازی از مواد مؤثره آن به‌عنوان ضدسرفه، ضدنفخ و شیرافزا استفاده می‌شود (*دامجانویس*[8] و همکاران، 2005).

تأمین منابع جایگزین در تغذیه دام به‌نحوی‌که بتواند ضمن تأمین نیازهای غذایی، شرایط مناسبی برای پیشگیری و درمان بیماری‌های احتمالی را نیز فراهم کند، باید به‌عنوان شیوه‌ای جدید در تولید فراورده‌های دامی در سرلوحه اولویت‌های تحقیقاتی قرار گیرد (صفی‌خانی و همکاران، ۱۳۹۳). کشت مخلوط رازیانه با یونجه به لحاظ تولید علوفه دارو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به نظر می‌رسد بتواند ضمن برطرف نمودن نیازهای غذایی دام با تأمین متابولیت‌های ثانویه در جهت ارتقاء سطح سلامتی دام بدون نیاز به استفاده از داروهای شیمیایی، مؤثر باشد. هم‌چنین این ترکیب علوفه دارویی‌می‌تواند اثرات نامطلوب تغذیه از یونجه خالص را تعدیل نموده و روی افزایش تولید شیر دام اثرات مثبت داشته باشد. بدیهی است که اثرات مثبت و کیفی فراورده‌های دامی حاصل از تغذیه با این نوع علوفه روی مصرف‌کنندگان نیز قابل توجه خواهد بود (*فاتح*[9] و همکاران، 2009).

در 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 ازجمله عواملی هستند که سبب سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه و تولید عملکرد بیولوژیک بالاتر نسبت به تک کشتی آن‌ها می‌شوند (صفی‌خانی و همکاران، ۱۳۹۳). در کشت مخلوط شبدر با ریحان، بیش‌ترین ماده خشک ریحان از کشت خالص و کود تلفیقی به‌دست آمد (صفی‌خانی و همکاران، ۱۳۹۳). در کشت مخلوط سویا و نعناع، عملکرد و کیفیت اسانس نعناع در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود (*مافی و موسیارلی*[10]، 2003).

در یک پژوهش، افراسیابی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند بالاترین مقدار عملکرد علوفه یونجه یک‌ساله با کاربرد کود بیولوژیک فسفات بارور۲ در تلفیق با میزان مناسبی از کود سوپرفسفات تریپل حاصل شد. *محفوظ و شرف‌الدین*[11] (2007) گزارش کردند بالاترین زیست‌توده و عملکرد اسانس رازیانه در تیمار تلفیق ۵۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر به همراه آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و باسیلوس حاصل می‌شود. تلقیح گیاه رازیانه با کود بیولوژیک سبب افزایش رشد رویشی، ماده

1. Hamidi
2. Alexandratos
3. Narula
4. Shobeiri
5. *Medicago sativa* L.
6. Pembleton
7. *Foeniculum vulgare* L.
8. Damjanovic
9. Fateh
10. Maffei and Mucciarelli
11. Mahfouz and Sharaf-Eldin

خشک و میزان اسانس گیاه شد (*آزاز*[1] و همکاران، 2009). در پژوهش دیگری، تلقیح گیاه رازیانه با کود بیولوژیک در مقایسه با عدم تلقیح، موجب افزایش ماده خشک، عملکرد اسانس و درصد آنتول گردید (مرادی و همکاران، ۱۳۹۰). موقتیان و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند تلفیق کود آلی کمپوست با کود شیمیایی در مقایسه با سایر سیستم های کودی، بیش‌ترین تأثیر را در افزایش عملکرد علوفه رازیانه داشت. در یک پژوهش، کیفیت علوفه کشت خالص رازیانه، بیشتر از کشت خالص جو و نسبت‌های مخلوط بود. با این وجود، حداکثر عملکرد علوفه خشک و مجموع صفات کیفی علوفه، از تیمار ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد رازیانه با سطح نیتروژن ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار، به‌دست آمد (کیانی و همکاران، ۱۳۹۳).

به‌منظور بهبود عملکرد گیاهان زراعی با احتراز از بروز اثرات ناخواسته حاصل از روش‌های رایج تولید آن‌ها، کاربرد کودهای بیولوژیک و استفاده از کشت مخلوط، ضروری به نظر می‌رسد. از برهم‌کنش سیستم‌های مختلف کودی و کشت مخلوط بر گیاهان دارویی اطلاع چندانی در دست نیست. از این‌رو، این تحقیق به بررسی اثر سیستم‌های مختلف کودی بر عملکرد و کیفیت رازیانه در کشت خالص و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه شاهد واقع در اتوبان تهران- قم در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. مختصات جغرافیایی محل اجرای آزمایش به‌ترتیب برابر ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه‌ی ۲۳۸/۹ میلی‌متر می‌باشد. کرت‌های اصلی در برگیرنده‌ی سیستم‌های مختلف کودی در چهار سطح شاهد (عدم کوددهی: Co)، کود زیستی (نیتروکسین و فسفات بارور۲: B)، کود تلفیقی (کود زیستی+ ۵۰٪ کود شیمیایی: I)، کود شیمیایی توصیه شده براساس آزمون خاک (سوپرفسفات تریپل: Ch) و کرت‌های فرعی در برگیرنده‌ی نسبت‌های مختلف کشت شامل: ۱. کشت خالص یونجه (M)، ۲. کشت خالص رازیانه (F)، ۳. نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه (MF_{50}) و ۴. نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه (MF_{100}) بودند.

نتایج آزمون خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. در این آزمایش کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل مطابق نیاز مزرعه براساس آزمون خاک به میزان ۱۶۴ کیلوگرم در هکتار به‌صورت شیاری در کنار پشته‌ها مصرف گردید. براساس آزمون خاک کود شیمیایی اوره نیز به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت، در سطح مزرعه پخش شد. تیمار کود بیولوژیک حاوی کود نیتروکسین به میزان دو لیتر در هکتار و فسفات بارور ۲ به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت (مبنای انتخاب این مقادیر، براساس توصیه شرکت‌های سازنده بود). بدین‌صورت که طبق توصیه شرکت‌های سازنده، پس از محاسبه میزان بذر مورد نیاز برای کاشت تیمارهایی که نیاز به تلقیح داشتند، بذور یونجه و رازیانه روی پلاستیک تمیز پهن شده، سپس نیتروکسین و فسفات بارور۲ تدریجاً روی بذرها پاشیده شده و با به هم‌زدن بذور نسبت به اختلاط کود و بذر اقدام شد. پس از اختلاط کامل، بذرهای تلقیح‌شده در سایه پهن شده تا به حد کافی خشک شوند. سپس به سرعت اقدام به کشت و آبیاری شد. بذرها قبل از کشت، با کودهای بیولوژیک تلقیح گردیدند. عملیات کاشت یونجه و رازیانه پس از مناسب شدن شرایط آب‌وهوایی در اواخر اسفند ۱۳۸۹ انجام شد. بذور به‌صورت دستی در هشت خط، به‌طور یکنواخت در عمق دو سانتی‌متر کشت شدند. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر (۲ متر عرض برای هر واحد آزمایشی) و به طول ۴ متر در نظر گرفته شد. یونجه با تراکم ثابت ۲۰ کیلوگرم بذر در هکتار و رازیانه با تراکم ۱۰ کیلوگرم بذر در هکتار و متناسب با تیمارهای مربوطه (۵۰ و ۱۰۰ درصد) کشت شدند. در این آزمایش از یونجه چندساله رقم همدانی و رازیانه رقم بومی اصفهان استفاده گردید. آبیاری به روش جوی پشته‌ای انجام گرفت. وجین علف‌های هرز در سه نوبت به‌صورت دستی انجام گرفت. در این آزمایش، یونجه به‌عنوان گیاه اصلی در نظر گرفته شد و بنابراین برداشت علوفه با توجه به روند رشد گیاه یونجه انجام شد. به این ترتیب در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی یونجه برداشت یونجه و رازیانه انجام گرفت.

با در نظر گرفتن مساحتی معادل یک مترمربع، بعد از حذف اثر حاشیه‌ها و از دو خط میانی، از ارتفاع پنج سانتی‌متری سطح خاک توسط داس، برداشت انجام گرفت. روش نمونه‌برداری برای محاسبه عملکرد علوفه خشک بدین‌صورت بود که با تفکیک بوته‌های یونجه از رازیانه در تیمارهای مخلوط، علوفه هر گیاه به‌طور جداگانه توزین و مبنای عملکرد علوفه تر در کرت تعیین شد.

1. Azzaz

جدول ۱: مشخصات خاک مزرعه

Table 1: Properties of field soil

ردیف Row	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	اسیدیته pH	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (mg/Kg)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (mg/Kg)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu (mg/Kg)
1	لومی Loam	0-30	4.96	7.9	0.09	6.3	520	2.8	2.4	2.6
2	لوم رسی Clay-Loam	30-60	4.65	7.9	0.06	5	260	4.8	0.5	1.4
مقدار طبیعی Normal Level	لومی Loam	-	4<	6-7	0.2>	12-15	300-350	8-10	1-2	0.8-1

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر کود و کشت مخلوط بر عملکرد یونجه و رازیانه

Table 2: Analysis of variance of the effect of fertilizer and intercropping on yield of alfalfa and fennel

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	عملکرد علوفه خشک یونجه Dry forage yield of alfalfa	عملکرد علوفه خشک رازیانه Dry forage yield of fennel
تکرار Replication	2	58843.4^{ns}	64137.7^{ns}
کود Fertilizer (F)	3	37749895.6^{**}	44083867.6^{**}
خطای اصلی Error main	6	65124.9	46074.3
کشت مخلوط Intercropping (I)	2	9921121.8^{**}	49156501.3^{**}
اثر متقابل F×I	6	5009565.6^{**}	9241685.1^{**}
خطای فرعی Error	16	51708.5	64731.1

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد

ns and **: Not significant and Significant at 1% Probability levels, respectively

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر کود و کشت مخلوط بر صفات کیفی رازیانه

Table 3: Analysis of variance of the effect of fertilizer and intercropping on quality characteristics of fennel

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	عملکرد اسانس Yield of Essence	آنتول Anethole	فنکون Fenchone	لیمونن Limonene	متیل کاویکول Methyl Cavicol
تکرار Replication	2	23.42^{ns}	0.05^{ns}	5.52^{**}	0.41^{ns}	1.21^{*}
کود Fertilizer (F)	3	1036.34^{**}	78.89^{**}	1.34^{ns}	6.59^{**}	17.15^{**}
خطای اصلی Error main	6	27.42	1.48	0.98	0.27	0.13
کشت مخلوط Intercropping (I)	2	2361.54^{**}	147.89^{**}	0.89^{ns}	34.22^{**}	2.25^{**}
اثر متقابل F×I	6	361.75^{**}	21.4^{**}	11.36^{**}	3.62^{ns}	13.62^{**}
خطای فرعی Error	16	27	4.24	0.81	1.38	0.27

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Not significant, Significant at 5% and 1% propabability levels, respectively

از علوفه تر برداشت‌شده هر کرت یک نمونه‌ی یک کیلوگرمی به‌طور تصادفی انتخاب و برای تعیین عملکرد ماده خشک به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها پس از توزین دقیق، در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت در آون خشک گردید.

جهت استخراج اسانس پس از تفکیک بوته‌های رازیانه از یونجه، بوته‌های برداشت شده رازیانه در سایه و جریان هوای آزاد خشک شدند. از شاخ و برگ‌های رازیانه به میزان ۴۰ گرم در هر تیمار پس از آسیاب، به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر[1] اسانس‌گیری به‌عمل آمد. جهت تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیبات موجود در آن، از دستگاه‌های کروماتوگراف گازی[2] و کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی[3] استفاده شد. کروماتوگراف گازی مورد استفاده از نوع Agilent 6890 با ستون به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع HP-5MS بود. برنامه‌ریزی حرارتی ستون از ۵۰ درجه شروع شده و به‌تدریج با روند افزایشی به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. دمای اتاقک تزریق روی ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد و از گاز هلیم به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی، از نوع Agilent 5973 با ولتاژ یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. برنامه‌ریزی حرارتی ستون مشابه با برنامه‌ریزی ستون در دستگاه کروماتوگراف گازی و گاز حامل، هلیم بود. طیف‌های به‌دست‌آمده از طریق مقایسه با طیف‌های جرمی ترکیب‌های استاندارد شناسایی و با استفاده از شاخص‌های بازداری و با تزریق هیدروکربن‌های نرمال مورد تایید قرار گرفت.

مجموع عملکرد نسبی اغلب در مورد بررسی رقابت در بین اجزای کشت مخلوط در رابطه با استفاده از منابع محدود به‌کار می‌رود. برای تعیین مجموع عملکرد نسبی کل از معادلات ۷ تا ۹ استفاده شد (*بانیک*[4] و همکاران، 2006):

$$RYa = Sa/Ya \quad (۱)$$

$$RYb = Sb/Yb \quad (۲)$$

$$RYT = (Sa/Ya) + (Sb/Yb) = RYa + RYb \quad (۳)$$

در این معادلات، Yb و Ya: عملکرد هر یک از گیاهان در کشت خالص، Sb و Sa: عملکرد هر یک از گیاهان در کشت مخلوط می‌باشد.

برای محاسبه ضریب ازدحام نسبی از معادلات زیر استفاده شد (*دیما*[5] و همکاران، 2007):

$$K_a = (Y_{ab} \times Z_{ba}) / (Y_{aa} - Y_{ab})(Z_{ab}) \quad (۴)$$

$$K_b = (Y_{ba} \times Z_{ab}) / (Y_{bb} - Y_{ba})(Z_{ba}) \quad (۵)$$

$$RCC = K_a \times K_b \quad (۶)$$

در این معادلات، K_a: ضریب نسبی تراکم گونه a، K_b: ضریب نسبی تراکم گونه b، Y_{aa}: عملکرد گونه a در کشت خالص، Y_{bb}: عملکرد گونه b در کشت خالص، Y_{ab}: عملکرد گونه a در کشت مخلوط، Y_{ba}: عملکرد گونه b در کشت مخلوط، Z_{ab}: نسبت مخلوط گونه a، Z_{ba}: نسبت مخلوط گونه b، RCC: ضریب ازدحام نسبی می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر مبنای مدل آماری آزمایش کرت‌های خردشده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد.

1. Clevenger
2. GC
3. GC/MS
4. Banik
5. Dhima

میانگین تیمارها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۱ و ۵ درصد، مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

عملکرد علوفه یونجه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس بیانگر آن بود که تأثیر کود، کشت مخلوط و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد علوفه یونجه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین، بیش‌ترین عملکرد علوفه (۷۳۷۷/۰۷ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص یونجه با دریافت کود تلفیقی و کم‌ترین (۱۴۴۵/۷ کیلوگرم در هکتار) و (۱۴۷۸/۴ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه در تیمار عدم کوددهی و نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه با دریافت کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۴).

عملکرد علوفه رازیانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار کود، کشت مخلوط و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد ماده خشک رازیانه، در سطح یک درصد می‌باشد (جدول ۲). طبق جدول مقایسه میانگین، بیش‌ترین عملکرد رازیانه (۹۳۳۴/۳۳ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص رازیانه و کود تلفیقی به‌دست آمد (جدول ۴).

عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سیستم‌های مختلف کودی، ترکیب‌های مختلف کشت و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد اسانس رازیانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد بین عملکرد اسانس و عملکرد علوفه رازیانه همبستگی مثبت و بسیار قوی وجود دارد. براساس جدول اثرات متقابل، بیش‌ترین عملکرد اسانس (۵۴/۲ لیتر در هکتار) از کشت خالص رازیانه و کود تلفیقی به‌دست آمد (جدول ۵).

میزان آنتول در اسانس

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس بیانگر آن بود که تأثیر کود، کشت مخلوط و اثر متقابل آن‌ها بر میزان آنتول در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در برهم‌کنش کود و کشت مخلوط، بیش‌ترین میزان آنتول (۳۷/۲ درصد) از کشت خالص رازیانه با کود زیستی و کم‌ترین (۲۱ درصد) از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه با کود تلفیقی حاصل شد (جدول ۵).

میزان فنکون در اسانس

نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از عدم‌تأثیر معنی‌دار کود و کشت مخلوط بر میزان فنکون اسانس است. با این وجود اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر مقدار این ترکیب معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان فنکون اسانس (۱۲/۲ درصد) از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه با کود زیستی و پایین‌ترین (۶/۷ درصد) از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه در تیمار عدم کوددهی به‌دست آمد (جدول ۵).

میزان لیمونن در اسانس

نتایج تجزیه واریانس مشخص نمود که تأثیر کود و کشت مخلوط بر مقدار لیمونن اسانس رازیانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیش‌ترین میزان لیمونن (۱۰/۲ درصد) از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه با کود شیمیایی و کم‌ترین (۴/۴ درصد) از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه رازیانه در تیمار عدم کوددهی حاصل شد (جدول ۵).

میزان متیل‌کاویکول در اسانس

نتایج نشان داد که سیستم‌های مختلف کودی، ترکیب‌های مختلف کشت و برهم‌کنش آن‌ها بر میزان متیل‌کاویکول در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طوری‌که مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بالاترین میزان متیل‌کاویکول (۸/۷ درصد) اسانس رازیانه از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه با کود شیمیایی و پایین‌ترین (۲/۰۷ درصد) و (۲/۷۷ درصد) به ترتیب از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۵٪ رازیانه در تیمار عدم کوددهی و کشت خالص رازیانه با کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۵).

هم‌چنین در این تحقیق اجزای تشکیل‌دهنده اسانس حاصل از تیمارهای مختلف آورده شده است (جدول ۶).

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل کود و کشت مخلوط بر عملکرد یونجه و رازیانه

Table 4: Mean comparison of the interaction between the effects of fertilizer and intercropping on yield of alfalfa and fennel

کود × کشت مخلوط Fertilizer × Intercropping	عملکرد علوفه خشک یونجه (کیلوگرم در هکتار) Dry forage yield of alfalfa ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه خشک رازیانه (کیلوگرم در هکتار) Dry forage yield of fennel ($kg.ha^{-1}$)
عدم کوددهی × یونجه/ رازیانه خالص Control × Sole Alfalfa/ Fennel (CoM/CoF)	2460.77f	886.2e
عدم کوددهی × ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه Control × 100% Afalfa + 50% Fennel (CoF_{50})	2132.43fg	439.5e
عدم کوددهی × ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه Control × 100% Alfalfa + 100% Fennel (CoF_{100})	1445.7h	1885.9d
زیستی × یونجه/ رازیانه خالص Biofertilizer × Sole Alfalfa/ Fennel (BM/BF)	4988.9d	6535.53b
زیستی × ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه Biofertilizer × 100% Alfalfa + 50% Fennel (BF_{50})	1478.4h	3390c
زیستی × ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه Biofertilizer × 100% Alfalfa + 100% Fennel (BF_{100})	5841.53c	1708.13d
تلفیقی × یونجه/ رازیانه خالص Integrated fertilizer × Sole Alfalfa/ Fennel (IM/IF)	7377.07a	9334.33a
تلفیقی × ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه Integrated fertilizer × 100% Alfalfa + 50% Fennel (IF_{50})	6640.43b	3399.67c
تلفیقی × ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه Integrated fertilizer × 100% Alfalfa + 100% Fennel (IF_{100})	6087.5c	6159.47b
شیمیایی × یونجه/ رازیانه خالص Chemical fertilizer × Sole Alfalfa/ Fennel (ChM/ChF)	4577.97e	6282.93b
شیمیایی × ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه Chemical fertilizer × 100% Alfalfa + 50% Fennel (ChF_{50})	1891.27g	583.63e
شیمیایی × ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه Chemical fertilizer × 100% Alfalfa + 100% Fennel (ChF_{100})	2038.07g	902.9e

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan´s Multiple Range Test

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات متقابل کود و کشت مخلوط بر بازده اسانس رازیانه و میزان ترکیبات آن

Table 5: Mean comparison of the interaction between the effects of fertilizer and intercropping on yield and compound of Essence in fennel

متیل‌کاویکول (درصد) Methyl Cavicol (%)	لیمونن (درصد) Limonene (%)	فنکون (درصد) Fenchone (%)	آنتول (درصد) Anethole (%)	عملکرد اسانس (لیتر در هکتار) Yield of Essence ($Li.ha^{-1}$)	کود×کشت مخلوط Fertilizer× Intercropping
6.7d	6.4c-e	10.87ab	26.9cd	6.67e	عدم کوددهی × یونجه/ رازیانه خالص Control × Sole Alfalfa/ Fennel (CoM/CoF)
2.07f	4.4e	9.3b-d	34.3ab	2.93e	عدم کوددهی×۱۰۰٪ یونجه+۵۰٪ رازیانه Control × 100% Afalfa + 50% Fennel (CoF_{50})
5e	7.47b-d	6.7e	27.1cd	8.9de	عدم کوددهی×۱۰۰٪ یونجه+۱۰۰٪ رازیانه Control × 100% Alfalfa + 100% Fennel (CoF_{100})
2.77f	5.1de	7.47de	37.2a	37.93bc	زیستی × یونجه/ رازیانه خالص Biofertilizer × Sole Alfalfa/ Fennel (BM/BF)
6.8cd	6.2c-e	8.87b-d	33.57ab	16.97d	زیستی × ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه Biofertilizer × 100% Alfalfa + 50% Fennel (BF_{50})
6.17d	8.17a-c	12.2a	27.37cd	8.53de	زیستی × ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه Biofertilizer × 100% Alfalfa + 100% Fennel (BF_{100})
7.7bc	6.07c-e	9.1b-d	28.57cd	54.2a	تلفیقی × یونجه/ رازیانه خالص Integrated fertilizer × Sole Alfalfa/ Fennel (IM/IF)
4.87e	5.57de	9.3b-d	27cd	11.43de	تلفیقی × ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه Integrated fertilizer × 100% Alfalfa + 50% Fennel (IF_{50})
4.87e	9.67ab	7.37de	21e	30.83c	تلفیقی × ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه Integrated fertilizer × 100% Alfalfa + 100% Fennel (IF_{100})
8.27ab	5.67de	9.57bc	31bc	41.73b	شیمیایی × یونجه/ رازیانه خالص Chemical fertilizer × Sole Alfalfa/ Fennel (ChM/ChF)
8.7a	8.3a-c	9.2b-d	30bc	3.9e	شیمیایی× ۱۰۰٪ یونجه + ۵۰٪ رازیانه Chemical fertilizer × 100% Alfalfa + 50% Fennel (ChF_{50})
6.4d	10.2a	8.7cd	24.5de	6e	شیمیایی×۱۰۰٪ یونجه+ ۱۰۰٪ رازیانه Chemical fertilizer × 100% Alfalfa + 100% Fennel (ChF_{100})

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan´s Multiple Range Test

جدول ۶: مقایسه میانگین اثرات متقابل کود و کشت مخلوط بر درصد اجزای تشکیل‌دهنده اسانس رازیانه

Table 6: Mean comparison of the interaction between the effects of fertilizer and intercropping on the percentage of essential components in fennel

ChF_{100}	ChF_{50}	ChF	IF_{100}	IF_{50}	IF	BF_{100}	BF_{50}	BF	CoF_{100}	CoF_{50}	CoF	شاخص بازداری RI	نام ترکیب Name of component	ردیف Row
2.07cd	2.67b	1.5ef	2.2c	1.17g	2.77b	1.3fg	1.57ef	1.7e	4.8a	1.8de	2.9b	930	آلفا-توژن *a*-Thujene	1
3.37d	3.57d	2.17e	6.07a	5.4b	4.8c	3d	2.97d	2.1e	1.87e	3.3d	3.5d	938	آلفا-پینن *a*-Pinene	2
2.3c-f	2d-f	1.3g	2.6b-d	1.9e-g	3.1ab	1.8e-g	2.4c-e	2.7bc	3.37a	2.3c-f	1.7fg	951	کامفن Camphene	3
3.47a	2.37b	3.87a	2.87b	3.4a	1.67c	2.37b	1.6c	1.67c	1.5c	1.4c	2.57b	972	سابینن Sabinene	4
3.6a	0.9g	3.7a	2.47bc	2.1de	2.4cd	1.7f	2.8b	2.5bc	1.7f	1.77ef	1.97ef	980	بتا-پینن *B*-Pinene	5
1.37d	3.9a	2c	3.17b	2.87b	3.17ab	1.2d	2c	1.47d	3.37b	2.2c	1.27d	991	میرسن Myrcene	6
3.7b	4.67a	1.87f	2.27de	2.47d	2.87c	3.67b	3.67b	3.67b	3.57b	3.8b	2.07ef	1004	آلفا-فلاندرن *a*-Phellandrene	7
3.3c	1.5f	2.6d	5.43a	5.6a	2.77d	2.8d	1.7f	2.1e	3.9b	3.97b	2.1e	1012	۳- کارن 3-Carene	8
2.97b	3.3a	1.8c	0.9d	2.07c	3.17a	2.27c	2.9ab	0.9d	2.4bc	2.17c	3.3a	1018	پارا-سایمن *P*-Cymene	9
10.2a	8.3a-c	5.67de	9.67ab	5.57de	6.07c-e	8.17a-c	6.2c-e	5.1de	7.47b-d	4.4e	6.4c-e	1028	لیمونن Limonene	10
1.8de	3.4a	3.4a	2.6b	1.5e	2.1cd	2.47bc	1.8de	3.3a	0.9f	3.37a	1.97d	1033	بتا-فلاندرن *B*-Phellandrene	11
4.7a	1.8e	3.1d	1f	3.07d	4.87a	2.77d	3.7c	4.5ab	1.77e	4.47ab	4.17b	1040	سیس-اسیمن Cis-Ocimene	12
2.3de	2.77cd	2.57d	3.9b	4.3b	2.47de	2.57d	1.87e	3.3c	5.57a	1.2f	2.47de	1060	گاما-ترپینن γ-Terpinene	13
3.8a	2.5cd	2.27de	1.77e	1.97de	2.9bc	3.2ab	1.2f	2.27de	3.77a	2.4cd	3.2ab	1088	لینالول Linalol	14

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan´s Multiple Range Test

سطوح مختلف کودی (Co: عدم کوددهی، B: زیستی، I: تلفیقی، Ch: شیمیایی)، سطوح مختلف کشت (F: رازیانه خالص، MF_{50}: یونجه ۱۰۰٪ + ۵۰٪ رازیانه، MF_{100}: یونجه ۱۰۰٪ + ۱۰۰٪ رازیانه)

Levels of different fertilizers (Co: No fertilizer application, B: Biofertilizer, I: Integrated fertilizer, Ch: Chemical fertilizer), levels of mixtures (F: Sole fennel, MF_{50}: Intercropping of 100% alfalfa + 50% fennel, MF_{100}: Intercropping of 100% alfalfa + 100% fennel

ادامه جدول ۶: مقایسه میانگین اثرات متقابل کود و کشت مخلوط بر درصد اجزای تشکیل‌دهنده اسانس رازیانه

Table 6 Continued: Mean comparison of the interaction between the effects of fertilizer and intercropping on the percentage of essential components in fennel

ChF_{100}	ChF_{50}	ChF	IF_{100}	IF_{50}	IF	BF_{100}	BF_{50}	BF	CoF_{100}	CoF_{50}	CoF	شاخص بازداری RI	نام ترکیب Name of component	ردیف Row
8.7cd	9.2b-d	9.57bc	7.37de	9.3b-d	9.1b-d	12.2a	8.87b-d	7.47de	6.7e	9.3b-d	10.87ab	1089	فنکون Fenchone	15
2fg	2.5de	0.87h	4.37a	2.67d	2.2ef	0.9h	3.17c	0.87h	1.67g	3.8b	2.7d	1140	کامفور Camphor	16
1.9g	2.6ef	4.07a	1.87g	2.8de	2.27f	3.77ab	3.1cd	3.67b	3.93bc	3.2c	2.57ef	1171	ترپینولن Terpinolene	17
6.4d	8.7a	8.27ab	4.87e	4.87e	7.7bc	6.17d	6.8cd	2.77f	5e	2.07f	6.7d	1190	متیل کاویکول Methyl Cavicol	18
4.8b	1.7g	4.27c	4c	5.8a	1.8g	3.33de	1.97fg	3.6d	2.17f	3.07e	3.3de	1231	فنچیل استات Fenchyl Acetate	19
3.7b	1.67f	2.1de	4.37a	3.7b	3.1c	1.7f	1.2g	1.8ef	2.3d	1.57f	1g	1248	آنیسالدهید Anisaldehyde	20
24.5de	30bc	31bc	21e	27cd	28.57cd	27.37cd	33.57ab	37.2a	27.1cd	34.3ab	26.9cd	1282	آنتول Anethole	21
1.8d	2.47bc	0.87e	2.1cd	1.1e	2.43bc	3.1a	2cd	2cd	2.9ab	1.9cd	0.87e	1315	پایپریتنون Piperitenone	22
2.47cd	1.2f	2.1de	3.27a	2.77bc	2.8a-c	1.2f	3.07ab	1.3f	1.9e	2.9a-c	2.9a-c	1366	ژرانیل استات Geranyl Acetate	23

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan´s Multiple Range Test

سطوح مختلف کودی (Co: عدم کوددهی، B: زیستی، I: تلفیقی، Ch: شیمیایی)، سطوح مختلف کشت (F: رازیانه خالص، MF_{50}: یونجه ۱۰۰٪ + ۵۰٪ رازیانه، MF_{100}: یونجه ۱۰۰٪ + ۱۰۰٪ رازیانه)

Levels of different fertilizers (Co: No fertilizer application, B: Biofertilizer, I: Integrated fertilizer, Ch: Chemical fertilizer), levels of mixtures (F: Sole fennel, MF_{50}: Intercropping of 100% alfalfa + 50% fennel, MF_{100}: Intercropping of 100% alfalfa + 100% fennel

بحث

نتایج به‌دست آمده نشان داد که در کشت خالص یونجه و رازیانه با دریافت کود تلفیقی بیش‌ترین عملکرد ماده خشک حاصل شد. هم‌چنین کشت خالص رازیانه با دریافت کود تلفیقی بیش‌ترین عملکرد اسانس را ارائه داد. چنین به‌نظر می‌رسد که عدم‌وجود رقابت بین‌گونه‌ای در کشت خالص رازیانه و یونجه، باعث بهره‌گیری بهتر از عناصر غذایی و منابع به‌ویژه نور شده و در نتیجه میزان فتوسنتز و به‌دنبال آن تجمع ماده خشک در کشت خالص نسبت به تیمارهای کشت مخلوط افزایش یافته است که با نتایج رضایی و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد. از طرفی، تلفیق کود بیولوژیک با کود شیمیایی نه تنها میزان حلالیت کود شیمیایی را افزایش می‌دهد، بلکه کود شیمیایی در فاصله زمانی بیشتری به‌صورت محلول باقی‌مانده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (دهقانی‌مشکانی و همکاران، ۱۳۹۰). به عبارت دیگر، مصرف توأم کود زیستی و شیمیایی شرایط مناسبی برای رشد و تولید هر دو گیاه یونجه و رازیانه فراهم کرده است. این دستاورد با نتایج بسیاری از محققان مبنی بر برتری روش‌های تلفیقی از نظر تولید وزن خشک نسبت به روش‌های شیمیایی و آلی مطابقت دارد (فاتح و همکاران، ۱۳۸۸). از آن‌جایی‌که عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و هم‌چنین عملکرد بیولوژیک می‌باشد، لذا هرگونه افزایشی در این دو مورد بر عملکرد اسانس رازیانه مؤثر است. تحقیقات تهامی‌زرندی و همکاران (۱۳۸۹) روی ریحان و میرهاشمی و همکاران (۱۳۸۸) بر کشت مخلوط زنیان و شنبلیله نتایج مشابهی را نشان داد.

نتایج این تحقیق نشان داد که بالاترین میزان آنتول از کشت خالص رازیانه با دریافت کود زیستی حاصل شد که به نظر می‌رسد آن را می‌توان به فراهم بودن مواد غذایی برای بوته‌ها و هم‌چنین عدم وجود رقابت بین گونه‌ای برای جذب مواد غذایی در کشت خالص رازیانه نسبت داد که با نتایج تحقیق علیجانی و همکاران (۱۳۸۹) روی بابونه آلمانی مطابقت دارد. به‌طورکلی، باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجود در تیمار کود زیستی از طریق افزایش حلالیت فسفر غیرمحلول تحت شرایط کمبود فسفر قابل دسترس خاک و فراهم کردن شرایط غذایی مناسب، باعث افزایش میزان آنتول موجود در اسانس گیاه رازیانه شدند (*سیلسپور*[1] و همکاران، 2002). به نظر می‌رسد باکتری‌های بهبوددهنده رشد گیاه از طریق ایجاد اثرات هم‌افزایی و تشدیدکننده بین خود قادرند موجب افزایش میزان آنتول اسانس شوند که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (*راتی*[2] و همکاران، 2001). با توجه به این‌که فسفر در ساختار شیمیایی آنتول وجود ندارد، این عنصر به‌تنهایی و به‌طور مستقیم نمی‌تواند مقدار آنتول را در داخل اسانس افزایش دهد. علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر کود فسفات زیستی بر بابونه آلمانی گزارش کردند، این احتمال وجود دارد که فسفر با تأثیر افزایشی یا کاهشی در برخی از واکنش‌های شیمیایی که هنوز به‌طور کامل شناخته نشده‌اند، بتواند مقدار ترکیب مؤثره اسانس را در داخل گیاه افزایش دهد. از سوی دیگر، برخی مطالعات درباره تأثیر کشت مخلوط بر ترکیبات اسانس، نتایج این بررسی را تأیید می‌کند. در بررسی کشت مخلوط نعناع فلفلی با شمعدانی عطری گزارش شد درصد منتول و منتوفوران در کشت خالص نعناع بیشتر از کشت مخلوط بود (*کوماروورما*[3] و همکاران، 2013). نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه در همه سیستم‌های کودی به خصوص کود تلفیقی کم‌ترین میزان آنتول را ارائه داد. در مقایسه سیستم‌های مختلف کودی و با توجه به این‌که گیاه یونجه قادر به تثبیت نیتروژن است و احتمالاً این عنصر در ترکیب مخلوط در اختیار رازیانه هم قرار می‌گیرد، به‌نظر می‌رسد نیتروژن تأثیری بر میزان آنتول رازیانه نداشته است. بررسی فرمول شیمیایی آنتول ($C_{10}H_{12}O$) نیز نشان می‌دهد که عنصر نیتروژن در ساختمان آن وجود ندارد، از این‌رو تأثیری بر میزان آنتول ندارد. در بررسی تأثیر مقادیر مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر انیسون (ایران‌نژاد و رسام، ۱۳۸۱) نتایج مشابهی گزارش شد. از سوی دیگر، این احتمال وجود دارد که تراکم بالای بوته‌ها در نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه و افزایش رقابت بین‌گونه‌ای منجر به کاهش میزان آنتول در اسانس شده باشد که با نتایج علی‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد.

در تحقیق حاضر، بالاترین میزان فنکون اسانس از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه با دریافت کود زیستی به‌دست آمد. در بررسی و مقایسه میزان فنکون و آنتول موجود در اسانس رازیانه، مشخص شد که در ترکیب‌های مختلف کشت که تنها کود زیستی دریافت کرده‌اند، رابطه معکوسی بین میزان این دو ترکیب اسانس وجود دارد. اگرچه نتایج مطالعات درزی و همکاران (۱۳۸۷) حکایت از کاهش میزان فنکون اسانس رازیانه تحت تأثیر کودهای زیستی دارد، ولی وجود رابطه معکوس بین آنتول و فنکون تأیید شده است. نتایج این بررسی تأیید می‌کند که در تیمارهای حاوی کود زیستی عملکرد پیکر

1. Seilsepour

2. Ratti

3. Kumar Verma

رویشی رازیانه و عملکرد اسانس نسبت به شاهد بهبود یافته است. به‌نظر می‌رسد ساختار فتوسنتزی گیاه با دارا بودن عناصر اصلی تشکیل‌دهنده در ساختار کلروفیل، ضمن تولید حداکثری هیدروکربن‌ها، بالاترین مقدار متابولیت‌های ثانویه را نیز تولید می‌کند، با این وجود، مقدار تغییرات ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس‌ها تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کودی و کشت مخلوط، مطالعات و بررسی‌های گسترده‌تری را می‌طلبد. از سوی دیگر، تفاوت بین نتایج ما و مطالعات قبلی می‌تواند ناشی از تفاوت در واریته گیاه و منشأ آن باشد که مقدار و ترکیب شیمیایی اسانس را تحت تأثیر قرار می‌دهد (*بوت*[1]، 2004).

بیش‌ترین میزان لیمونن از نسبت کشت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه با دریافت کود شیمیایی حاصل شد. به نظر می‌رسد کاربرد کود زیستی میزان لیمونن موجود در اسانس را کاهش می‌دهد و هنگامی که کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، مقدار لیمونن افزایش می‌یابد (*یونسیان*[2] و همکاران، 2013). در این رابطه، نتایج یک پژوهش نشان داد، هنگامی که سطوح بالای کود فسفر به تنهایی استفاده شد، محتوای سایکوساپونین در چتر گندمی داسی افزایش یافت (*زو*[3] و همکاران، 2009). از طرفی، در تحقیقات قبلی وجود یک رابطه همبستگی منفی بین دو ترکیب آنتول و لیمونن در اسانس رازیانه گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (*کاپور*[4] و همکاران، 2004). در بررسی کشت مخلوط نعناع فلفلی و شمعدانی عطری گزارش شد که میزان لیمونن موجود در اسانس نعناع فلفلی در ترکیب‌های مخلوط بیشتر از کشت خالص بود (*کومارورما* و همکاران، 2013).

نتایج این تحقیق نشان داد کم‌ترین میزان متیل‌کاویکول اسانس از کشت خالص رازیانه با دریافت کود زیستی حاصل شد. این در حالی است که در این تیمار بیش‌ترین میزان آنتول به‌دست آمد. محققان نشان دادند که کاربرد کودهای زیستی و آلی میزان متیل‌کاویکول موجود در اسانس رازیانه (*کندیل*[5] و همکاران، 2002) و ریحان (*انور*[6] و همکاران، 2005) را افزایش داد. از آنجاکه درصد اسانس و ترکیب مواد متشکله آن بر حسب محل رویش گیاه و واریته‌های مختلف متفاوت است، از این‌رو تفاوت موجود بین نتایج به‌دست آمده و نتایج بعضی محققان منطقی می‌باشد (*برناد*[7] و همکاران، 1996). به هر حال، مصرف کودهای زیستی و آلی در گیاهان دارویی اسانس‌دار ضمن افزایشی که در برخی از اجزاء تشکیل‌دهنده اسانس ایجاد می‌کند، سبب کاهش در بعضی از ترکیب‌های اسانس نیز می‌شود (*انور* و همکاران، 2005). از سوی دیگر، در یک پژوهش مشخص شد کشت مخلوط نعناع فلفلی و سویا کیفیت اسانس را از طریق افزایش درصد منتول و کاهش درصد نامطلوب منتوفوران و منتول‌استات در مقایسه با کشت خالص بهبود بخشید (*مافی و موسیارلی*، 2003). با توجه به این که متیل‌کاویکول به‌عنوان یک ماده مضر شناخته شده و پتانسیل سرطان‌زایی دارد، لذا تولید رازیانه با محتوای متیل‌کاویکول کمتر مورد توجه قرار گرفته است (صفایی و همکاران، ۱۳۹۲). در این تحقیق کشت خالص رازیانه با دریافت کود زیستی، بیش‌ترین میزان آنتول و کم‌ترین میزان متیل‌کاویکول را ارائه داد که می‌توان این ترکیب را به‌عنوان ترکیب برتر استفاده کرد.

مجموع عملکرد نسبی

بیش‌ترین میزان عملکرد نسبی جزء یونجه از ترکیب یونجه+ ۱۰۰٪ رازیانه بدون دریافت کود و کم‌ترین میزان عملکرد نسبی جزء یونجه از ترکیب یونجه+ ۵۰٪ رازیانه با دریافت کود شیمیایی حاصل شد. بیش‌ترین میزان عملکرد نسبی جزء رازیانه از ترکیب یونجه+ ۵۰٪ رازیانه با دریافت کود زیستی و کم‌ترین میزان عملکرد نسبی جزء رازیانه از ترکیب یونجه + ۵۰٪ رازیانه با دریافت کود شیمیایی حاصل شد (جدول ۷). با افزایش سهم رازیانه، عملکرد نسبی جزء یونجه در سطوح کودی روند افزایشی داشت ولی در تیمار کود تلفیقی روند کاهشی داشت که ممکن است به‌دلیل تراکم بالاتر رازیانه و قدرت رقابت بیشتر ناشی از جذب بهتر عناصر غذایی در این تیمار کودی باشد.

ضریب ازدحام نسبی

ارزیابی شاخص رقابتی دو گونه در کشت مخلوط نشان داد، در هیچ‌یک از تیمارها ضریب ازدحام نسبی برای گونه‌های مورد بررسی برابر یک نمی‌باشد (جدول ۸)، که این امر بیان‌گر عدم برابری رقابت درون گونه‌ای با رقابت برون گونه‌ای بود (*دیما* و همکاران، 2007). با توجه به ضریب ازدحام نسبی به‌دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط نسبت به کشت خالص سودمندی دارد.

1. Burt
2. Younesian
3. Zhu
4. Kapoor
5. Kandeel
6. Anwar
7. Bernath

جدول ۷: ارزیابی مجموع عملکرد نسبی در کشت مخلوط یونجه و رازیانه تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کودی
Table 7: Evaluation of Total Relative Yield in intercropping alfalfa and fennel under the effects of different fertilizer systems

	۱۰۰٪ یونجه+۵۰٪ رازیانه 100% alfalfa + 50% fennel			۱۰۰٪ یونجه+۱۰۰٪ رازیانه 100% alfalfa + 100% fennel		
تیمار Treatment	عملکرد نسبی جزء یونجه RYa	عملکرد نسبی جزء رازیانه RYb	عملکرد نسبی کل RYT	عملکرد نسبی جزء یونجه RYa	عملکرد نسبی جزء رازیانه RYb	عملکرد نسبی کل RYT
عدم کوددهی Control	0.95	0.11	1.06	1.31	0.40	1.71
کود زیستی Biofertilizer	0.78	0.36	1.14	1.22	0.19	1.41
کود تلفیقی Integrated fertilizer	1.02	0.30	1.32	0.96	0.53	1.49
کود شیمیایی Chemical fertilizer	0.58	0.07	0.65	0.65	0.12	0.77

جدول ۸: ارزیابی ضریب ازدحام نسبی در کشت مخلوط یونجه و رازیانه تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کودی
Table 8: Evaluation of Relative Crowded Coefficient in intercropping alfalfa and fennel under the effects of different fertilizer systems

	۱۰۰٪ یونجه+۵۰٪ رازیانه 100% alfalfa + 50% fennel			۱۰۰٪ یونجه+۱۰۰٪ رازیانه 100% alfalfa + 100% fennel		
تیمار Treatment	یونجه Alfalfa	رازیانه Fennel	کل Total	یونجه Alfalfa	رازیانه Fennel	کل Total
عدم کوددهی Control	1.16	1.83	2.12	-0.74	3.77	-2.79
کود زیستی Biofertilizer	1.29	1.53	1.97	-0.66	1.89	-1.25
کود تلفیقی Integrated fertilizer	-12.51	1.64	0.11	11.66	2.29	26.70
کود شیمیایی Chemical fertilizer	0.18	0.60	-20.52	0.36	0.72	0.26

اعداد بزرگتر از یک نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط و اعداد منفی بیانگر بیشتر بودن عملکرد در مخلوط نسبت به خالص و اعداد منفی کوچک‌تر، سودمندی بیشتر کشت مخلوط را نشان می‌دهند. بیش‌ترین شاخص ضریب ازدحام نسبی، از کشت افزایشی یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه با دریافت کود زیستی (۱/۱۲۵-) به‌دست آمد (جدول ۸). *منصوری* و همکاران (2013) در بررسی کشت مخلوط افزایشی ذرت و لوبیا بیش‌ترین سودمندی کشت مخلوط بر اساس شاخص ضریب ازدحام نسبی را، کشت افزایشی ۴۰ درصد لوبیا در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز (۷/۹۶۱-) گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد علوفه خشک تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کشت و سیستم‌های مختلف کودی قرار می‌گیرد. محاسبه و ارزیابی شاخص‌های سیستم کشت مخلوط ازجمله مجموع عملکرد نسبی و ضریب ازدحام نسبی نشان داد که نسبت ۱۰۰٪ یونجه + ۱۰۰٪ رازیانه به‌ترتیب در تیمار عدم کوددهی و دریافت کود زیستی نسبت به سایر ترکیب‌های کشت، برتری داشت. این مساله مبین برتری سیستم کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. در این تحقیق کشت خالص رازیانه با دریافت کود زیستی، بیش‌ترین میزان آنتول و کم‌ترین میزان متیل‌کاویکول را ارائه داد که نشان می‌دهد استفاده از کودهای زیستی و تلفیقی می‌تواند بالاترین کیفیت و کمیت علوفه مورد نظر را تأمین نماید که مبین اثر مثبت کود زیستی در تولید علوفه دارو با توجه به جنبه‌های زیست‌محیطی می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از شرکت زیست فن‌آور سبز و آسیازیست‌مهر به جهت در اختیار گذاشتن کود زیستی فسفات بارور۲ و نیتروکسین، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

افراسیابی، م.، امینی‌دهقی، م. و مدرس‌ثانوی، ع. م. ۱۳۹۰. تأثیر کود بیولوژیک فسفر بارور۲ و سوپرفسفات تریپل بر عملکرد، کیفیت و جذب عناصر در یونجه یکساله گونه اسکوتالاتا (*Medicago scutellata*, cv. Robinson). دانش زراعت، ۴ (۴): ۴۳-۵۴.

امینی‌دهقی، م.، مدرس‌ثانوی، ع. م.، غلامحسینی، م. و پنج‌تن‌دوست، م. ۱۳۸۸. تأثیر دمای هوا و دمای منطقه ریشه بر عملکرد و تثبیت نیتروژن سه گونه یونجه یکساله. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۴۸): ۱۳۳-۱۵۰.

ایران‌نژاد، ح. و رسام، ق. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر مقادیر مختلف ازت و فسفر بر عملکرد و میزان اسانس دانه گیاه انیسون. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۹ (۱): ۹۳-۱۰۱.

تهامی‌زرندی، م. ک.، رضوانی‌مقدم، پ. و جهان، م. ۱۳۸۹. مقایسه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۲ (۱): ۶۳-۷۴.

درزی، م. ت.، قلاوند، ا.، سفیدکن، ف. و رجالی، ف. ۱۳۸۷. تأثیر کاربرد میکوریزا، ورمی‌کمپوست و کود فسفات زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه. گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴ (۴): ۳۹۶-۴۱۳.

دهقانی‌مشکانی، م. ر.، نقدی‌بادی، ح.، درزی، م. ت.، مهرآفرین، ع.، رضازاده، ش. و کدخدا، ز. ۱۳۹۰. تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه بابونه شیرازی (*Matricaria recutita* L.)، گیاهان دارویی، ۱۰ (۲): ۳۵-۴۸.

رضایی، م.، نقوی، م. ر.، معالی‌امیری، ر.، محمدی، ر.، جعفری، ع. ا. و کابلی، م. م. ۱۳۹۰. ارزیابی تنوع اکوتیپ‌های یونجه زراعی ایران بر اساس شاخص‌های کیفی علوفه. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۹ (۱): ۳۹-۵۴.

صفائی، ل.، افیونی، د. و زینلی، ح. ۱۳۹۲. بررسی روابط همبستگی و تجزیه به مولفه‌های اصلی اسانس و ترکیب‌های متشکله اسانس در ۱۲ ژنوتیپ رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۹ (۱): ۱۸۷-۲۰۰.

صفی‌خانی، س.، چایی‌چی، م. ر. و پوربابایی، ا. ع. ۱۳۹۲. مطالعه اثر منابع کودی نیتروژن (شیمیایی، بیولوژیکی و تلفیقی) بر خصوصیات کمی و کیفی علوفه شبدر (*Trifolium alexandrinum*) در کشت مخلوط با ریحان (*Ocimum basilicum*). علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۴ (۲): ۲۳۷-۲۴۸.

صفی‌خانی، س.، چایی‌چی، م. ر. و پوربابایی، ا. ع. ۱۳۹۳. مطالعه اثر منابع کودی نیتروژن بر عملکرد علوفه شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) در کشت مخلوط افزایشی با ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط اقلیمی کرج. بوم‌شناسی کشاورزی، ۶ (۲): ۲۹۰-۳۰۰.

علیجانی، م.، امینی‌دهقی، م.، مدرس‌ثانوی، ع. م. و محمدرضایی، س. ۱۳۸۹. تأثیر مقادیر نیتروژن و فسفر بر عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد اسانس بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۶ (۱): ۱۱۰-۱۱۳.

علیجانی، م.، امینی‌دهقی، م.، ملبوبی، م. ع.، زاهدی، م. و مدرس‌ثانوی، ع. م. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف کود فسفره در تلفیق با کود زیستی فسفاته بارور۲ بر عملکرد، مقدار اسانس و درصد کامازولن گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۷ (۳): ۴۵۰-۴۵۹.

علی‌زاده، ی.، کوچکی، ع. و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۸۸. بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و پتانسیل کنترل علف هرز دو گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و ریحان بذری (*Ocimum basilicum*) در شرایط کشت مخلوط. پژوهش‌های زراعی ایران، ۷ (۲): ۵۵۳- ۵۴۱.

فاتح، ا.، چایی‌چی، م. ر.، شریفی‌عاشورآبادی، ا.، مظاهری، د. و اشرف‌جعفری، ع. ۱۳۸۸. تأثیر روش‌های مختلف حاصلخیزی خاک (آلی، تلفیقی و شیمیایی) روی کمیت و کیفیت علوفه گیاه کنگرفرنگی (*Cynara scolymus*). علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۰ (۲): ۱۶۸- ۱۵۵.

کیانی، س.، سیادت، ع.، مرادی تلاوت، م. ر.، ابدالی مشهدی، ع. ر. و ساری، م. ۱۳۹۲. اثر مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و رازیانه (*Foeniculim vulgare* L.). علوم زراعی ایران، ۱۶ (۲): ۷۷-۹۰.

مرادی، ر.، نصیری‌محلاتی، م.، رضوانی‌مقدم، پ.، لکزیان، ا. و نژادعلی، ع. ۱۳۹۰. تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۱): ۲۵-۳۳.

موقتیان، آ.، فاتح، ا.، آینه‌بند، ا. و سیاهپوش، ا. ۱۳۹۳. تأثیر مدیریت تلفیقی عناصر غذایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). تولیدات گیاهی، ۳۷ (۲): ۱۱۳-۱۲۵.

میرهاشمی، م.، کوچکی، ع.، پارسا، م. و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۸۸. بررسی مزیت کشت مخلوط زنیان و شنبلیله در سطوح مختلف کود دامی و آرایش کاشت. پژوهش‌های زراعی ایران، ۷ (۱): ۲۶۹-۲۷۹.

Alexandratos, N. 2003. World agriculture: towards 2015-30. Congress on Global Food Security and Role of Sustainable Fertilization, Italy. 432 pp.

Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. A. and Khanuja, S. P. S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36: 1737-1746.

Azzaz, N. A., Hassan, E. A. and Hamad, E. H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. Basic and Applied Science, 3: 579-587.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K. and Ghose, S. S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. Agronomy, 24: 326-332.

Bernath, J., Kattaa, A., Nemeth, E. and Franke, R. 1996. Production biological investigation of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populations of different genotype. Congress on Cultivation and Improvement of Medicinal and Aromatic Plants. Italy, 1996: 287-292.

Burt, S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. International Journal of Food Microbiology, 94: 223-253.

Damjanovic, B., Lepojevic, Z., Zivcovic, V. and Tolic, A. 2005. Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds with supercritical CO_2: Comparison with hyrodistillation. Food Chemistry, 92: 143-149.

Dhima, K. V., Lithourgidis, A. A., Vasilakoglou, I. B. and Dordas, C. A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercropping in two seeding ratio. Field Crops Research, 100: 249-256.

Fateh, F., Chaichi, M. R., Sharifi-Ashorabadi, E., Mazaheri, D., Jafari, A. A. and Rengel, Z. 2009. Effects of organic and chemical fertilizers on forage yield and quality of Globe artichoke (*Cynara scolymus*). Crop Sciences, 1: 40-48.

Hamidi, A., Ghalavand, A., Dehghan, M., Malakuti, M. J., Asgharzade, A. and Chokan, R. 2005. The effect of application of plant growth promoting rhizobacteria on the yield of fodder maize (*Zea mays* L.). Pajouhesh and Sazandegi, 70: 16-22.

Kandeel, A. M., Naglaa, S. A. T. and Sadek, A. A. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. Plant. Annals of Agricultural Science, 47: 351-371.

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K. G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology, 93: 307-311.

Kumar Verma, R., Chauhan, A., Swaroop Verma, R., Rahman, L.U. and Bisht, A. 2013. Improving production potential and resources use efficiency of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with geranium (*Pelargonium graveolens* L. Heritex Ait) under different plant density. Industrial Crops and Products, 44: 577-582.

Maffei, M. and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research, 84: 229-240.

Mahfouz, S. A. and Sharaf-Eldin M. A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics, 21: 361-366.

Mansuri, L., Jamshidi, K., Rastgu, M., Saba, J. and Mansuri, H. 2013. The effect of increasing mixed cultivation of corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on performance, performance components and controlling the weeds in climatic conditions of Zanjan. Field Crops Research, 11: 483-492.

Narula, N., Kumar, V., Behl, R. K., Deubel, A., Gransee, A. and Merbach, W. 2000. Effect of P solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P, K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. Plant Nutrition and Soil Science, 163: 393-398.

Pembleton, K. G., Volence, J. J., Rawnsley, R. P. and Donaghy, D. J. 2010. Partitioning of taproot constituents and crown bud development are affected by water deficit in regrowing alfalfa (*Medicago sativa* L.). Crop Science, 50: 989-999.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H. N. and Gautam, S. P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiological Research, 156: 145-149.

Seilsepour, M., Baniani, E. and Kianirad, M. 2002. Effect of phosphate solubilizing microorganism (PSM) in reducing the rate of phosphate fertilizers application to cotton crop. Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization Salamanca University. Spain, 16-19.

Shobeirri, S. S., Habibi, D., Kashani, A., Pak Nejad, F., Jafari, H. and Lamei, J. 2011. Study of dry forage yield and quality of hairy vetch and triticale in pure stand and mixed cropping. Crop Science, 13: 269-281.

Younesian, A., Taheri, S. and Rezvani Moghaddam, P. 2013. The effect of organic and biological fertilizers on essential oil content of *Foeniculum vulgare* Mill. (Sweet Fennel). Agriculture and Crop Sciences, 5: 2141-2146.

Zhu, Z., Liang, Z., Han, R. and Dong, J. 2009. Growth and saikosaponin production of the medicinal herb *Bupleurum chinense* DC. Under different levels of nitrogen and phosphorus. Industrial Crops and Products, 29: 96-101.

.

Effect of Biofertilizer on Yield and Quality Characteristics of Fennel in Additive Intercropping with Prennial Alfalfa

Agha Baba Dastjerdi[1*], M., Amini Dehaghi[2], M., Bosaghzadeh[3], Z. and Shafiee Adib[4], Sh.

Abstract

In order to study the yield and quality characteristics of medicine forage (additive intercropping of alfalfa and fennel) under the effect biofertilizers, an Experiment was conducted at the College of Agriculture, Shahed University in 2011. The experimental design was split plot based on randomized complete block design with three replications. The main factor included 4 levels of fertilizer application viz. control (no fertilizer application), Biofertilizer (*Azospirillum*/*Azotobacter*, biophospherous fertilizer), 3. Integrated fertilizer (bio fertilizers+ 50% chemical fertilizer), 4. Chemical fertilizer (triple super phosphate based on the soil analysis). The sub plots comprised 4 levels of mixtures viz 1. Sole alfalfa, 2. Sole fennel, 3. Intercropping of alfalfa+ 50% fennel, 4. Intercropping of alfalfa+ 100% fennel. Results showed that the effect of fertilizer, intercropping and their interaction on the yield of alfalfa and fennel, yield of essential oil, amount of anethole and methyl cavicol was significant by 1%. The highest dry matter of alfalfa (7377.07 kg/ha^{-1}) from sole alfalfa and integrated fertilizer, dry matter of fennel (9334.33 kg/ha^{-1}) and yield of essential oil of fennel (54.2 Li/ha^{-1}) was obtained from Sole fennel when received integrated fertilizer. According to the results, sole fennel treated with biofertilizers, produced the highest anethole and the lowest methyl cavicol. Calculation and evaluation of Total Relative Yield and Relative Crowded Coefficient showed 100% alfalfa + 100% fennel in control and the use of biofertilizers were the best, respectively.

Keywords: Anethole, Essence, Relative Crowded Coefficient, Dry matter, Relative yield total

1, 2 and 4. MSc Student, Associate Professor and PhD Student, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Shahed, Tehran

3. PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood

※: Corresponding auther Email: minadastjerdi@yahoo.com