

تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد اسانس مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad)

سیده محدثه محمدی^۱، فاطمه سفیدکن^۲، سمانه اسدی صنم^{۳*} و سپیده کلاته جاری^۴

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی - گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

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

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

پست الکترونیک: asadisanam@rifr-ac.ir

۴- استادیار، گروه علوم باغبانی - گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۹

تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۹

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیک، عملکرد اسانس و میزان برخی عناصر خاک و سرشاخه‌های گیاه مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad) به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۴ تیمار تغذیه‌ای طی دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارها شامل C-۱ (شاهد)، ۲-NPK (کود شیمیایی ۵۰، ۲۵، ۲۵ کیلوگرم در هکتار)، ۳-CM₃₀، ۴-CM₆₀، ۵-CM: کود دامی ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار، ۶-CM₃₀+NPK، ۷-V₅ (ورمی‌کمپوست ۵۰ تن در هکتار)، ۸-V₅+NPK، ۹-GM (*Glomus mosseae*)، ۱۰-GI (*Glomus intraradices*)، ۱۱-S₀+T، ۱۲-S₂₅₀+T، ۱۳-S₅₀₀+T (S: سولفور ۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، T: *Thiobacillus*) و ۱۴-V₅+T بودند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر متقابل سال در تیمارهای تغذیه‌ای بر تمام ویژگی‌های مورفولوژیک، بازده و عملکرد اسانس و مقدار عناصر پتاسیم و گوگرد سرشاخه‌های گیاه معنی‌دار ($P \leq 0.01$) شد. بیشترین ارتفاع بوته در سال‌های اول و دوم به ترتیب مربوط به تیمارهای CM₃₀+NPK و CM₆₀ بود. بیشترین تعداد شاخه در سال‌های اول و دوم به ترتیب در تیمارهای CM₃₀+NPK و GM مشاهده شد. تیمار CM₃₀+NPK بیشترین پهنای سایه‌انداز را در هر دو سال به خود اختصاص داد. همچنین بیشترین میزان ماده خشک سرشاخه گلدار در سال‌های اول و دوم به ترتیب در تیمارهای CM₃₀+NPK و V₅+T بدست آمد. طبق نتایج آزمایش، بیشترین بازده اسانس در سال‌های اول و دوم به ترتیب در تیمارهای GM و S₀+T مشاهده شد. کاربرد تیمارهای V₅+NPK و V₅+T موجب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس به ترتیب در سال‌های اول و دوم گردید. نتایج همچنین نشان داد، بیشترین مقدار پتاسیم سرشاخه‌ها در سال اول، در تیمار GI و در سال دوم، در تیمار V₅+NPK مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقدار گوگرد سرشاخه‌ها در سال‌های اول و دوم به ترتیب در تیمارهای V₅ و S₅₀₀+T بدست آمد. به طور کلی، پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از کودهای زیستی موجب افزایش بازده اسانس و میزان عناصر تغذیه‌ای در این گیاه می‌شود. همچنین، استفاده از ورمی‌کمپوست به همراه کودهای شیمیایی و زیستی جهت افزایش عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه خوزستانی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad)، ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی، عملکرد اسانس.

مقدمه

مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica*) از خانواده نعناعیان، از گیاهان بومی ایران است که به‌طور گسترده در مناطق جنوبی پراکنده شده است. این گیاه چندساله، دارای بوته کوچک است که ارتفاع آن به ۵۰-۱۵ سانتی‌متر می‌رسد (Jamzad, 2011; Khani et al., 2019). حدود ۹۵٪ اسانس این گیاه، حاوی مقادیر بالای مونوترپنوئید طبیعی کارواکرول است که دارای اثرهای ضدباکتری، ضدقارچ، ضدانگل، آنتی‌اکسیدان، ضددیابت و عامل ضدانعقاد است (Ahmadvand et al., 2012; Kaedi et al., 2013). به همین دلیل برای افزایش بهره‌وری و بازده اقتصادی مرزه خوزستانی، کاربرد تیمارهای تغذیه‌ای برای رسیدن به این هدف بررسی شده است. استفاده ترکیبی از کودهای زیستی و آلی، می‌تواند نیاز تغذیه‌ای گیاه را در طول دوره رشد آن تأمین کند (Zhang et al., 2016). همچنین، مشخص شده است که کودها علاوه بر افزایش کربن آلی خاک، در بهبود کیفیت خاک نیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند (Blundell et al., 2020). به‌عنوان نمونه، استفاده از کود برگی شامل سرشاخه‌های پوسیده گیاهان، توانست حاصلخیزی خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و رشد گندم را افزایش دهد (Li et al., 2018). علاوه بر این، مشخص شد که ورمی‌کمپوست و کود برگی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر سلامت فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گذارند و تولید ترکیب‌های فنلی مختلف را در گیاه *Cajanus cajan* Millsp. (L.) افزایش می‌دهند (Das et al., 2016). همچنین اثر مثبت کود دامی بر عملکرد خاک به‌دلیل افزایش ذخیره کربن آلی خاک (SOC)، محتوای عناصر تغذیه‌ای و pH خاک گزارش شده است که به‌دنبال آن رشد و عملکرد گیاهان نیز افزایش می‌یابد (Cai et al., 2019). Bajeli و همکاران (۲۰۱۶) هم گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست و کود مرغی موجب افزایش عملکرد گیاه دارویی نعناع شد. در مطالعه‌ای، Alori و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند

که استفاده مداوم از کودهای شیمیایی می‌تواند منجر به مسمومیت غذایی، خسارت فیزیکی و شیمیایی خاک، از بین رفتن تنوع زیستی، خطرات شدید زیست‌محیطی و بازده نامطلوب اقتصادی شود. همچنین کاربرد طولانی‌مدت کودهای شیمیایی موجب تشدید اسیدی شدن و تخریب خاک و در نتیجه کاهش رشد گیاه می‌شود. بنابراین لازم است تدابیر مدیریتی ایجاد گردد تا موجب افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید در خاک و کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی شود (Gu et al., 2019).

در دهه‌های اخیر، PGPR (قارچ‌ها و باکتری‌های محرک رشد گیاه) به‌عنوان یک گزینه دوست‌دار محیط‌زیست به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی ظاهر شده است. بنابراین استفاده از آنها در کشاورزی و فن‌های اصلاحاتی محیط‌زیست مهم تلقی می‌شود (Kumari et al., 2019). باکتری‌های محرک رشد می‌توانند رشد گیاه را افزایش داده و از رشد قارچ‌های مضر جلوگیری کنند. این باکتری‌ها با تسهیل جذب عناصر غذایی از راه تثبیت نیتروژن، حل شدن فسفر، تولید هورمون‌ها (سیتوکینین‌ها، جیبرلین‌ها، اتیلن، اکسین و اسیداستیک‌ایندول) و جذب آهن، رشد مستقیم گیاه را تقویت می‌کنند (Singh et al., 2019). اثرهای مثبت تلقیح گیاهان با میکروارگانیسم‌های تحریک‌کننده رشد در تولیدات باغی مانند گوجه‌فرنگی (Bona et al., 2018)، توت‌فرنگی (Todeschini et al., 2018) و اسفناج (Khalid et al., 2017) نیز گزارش شده است. همچنین Jahani و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر تولید اسانس و برخی ویژگی‌های کمی گیاه دارویی ریحان گزارش کردند که کاربرد کودهای بیولوژیک موجب افزایش معنی‌دار بیشتر صفات رشد گیاه از جمله عملکرد تر و خشک اندام‌هوایی، عملکرد خشک برگ و شاخص سطح برگ در بوته شد.

با فرض بر اینکه تیمارهای تغذیه‌ای مختلف مانند کودهای آلی (دامی و ورمی‌کمپوست)، کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بتوانند به‌طور قابل توجهی بر حاصلخیزی

بلافاصله پس از انتقال نشاء به زمین اصلی در فروردین ماه، نسبت به آبیاری آن اقدام شد. روش آبیاری به صورت قطره‌ای بود که در ابتدای رشد گیاهچه‌ها، دو نوبت در هفته و پس از استقرار گیاه، به یک نوبت در هفته رسید. کنترل علف‌های هرز هم به روش دستی انجام شد. تیمارهای تغذیه‌ای براساس آنالیز خاک مزرعه دسته‌بندی و انتخاب شدند. اعمال تیمارها، تنها در یک نوبت در مرحله کاشت در زمین اصلی بود.

تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

در هر دو سال زراعی بعد از برداشت بوته‌ها در اواخر پاییز، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه اندازه‌گیری شد که در جدول ۱ ارائه شده است. بدین منظور نمونه‌های خاک پس از خشک شدن، خرد و بعد از غربال دو میلی‌متری عبور داده شدند. تعیین بافت خاک و تجزیه و تحلیل اندازه ذرات آن با استفاده از هیدرومتر استاندارد انجام شد (Tandon, 1996). pH خاک با اندازه‌گیری pH متر و کربن آلی، با احتراق خشک مشخص شد (Nelson & Sommers, 1982). نیتروژن کل با استفاده از روش استاندارد کج‌لدال تعیین شد (Anonymous, 2002). اندازه‌گیری مقادیر فسفر با روش Huang و Zhang (۲۰۰۸)، گوگرد با روش Fox و همکاران (۱۹۶۴) و پتاسیم با روش Brown و Lilleland (۱۹۴۶) انجام شد. اسپور و هیف باکتری‌های جنس *Thiobacillus* و *Glomus* (*Glomus Intra* و *Glomus mosseae*) براساس روش بخش تحقیقات بیولوژی خاک، انستیتوی تحقیقات خاک و آب (تهران) تهیه شدند. پنج میلی‌لیتر سوسپانسیون اسپور میکوریزا حاوی حدود ۱۲۰ اسپور در یک میلی‌لیتر بود که حداقل ۵۰ اسپور زنده در میلی‌لیتر به عنوان تلقیح استاندارد استفاده شد (Attarzadeh et al., 2019).

خاک و عملکرد اسانس گیاه مرزه خوزستانی تأثیر بگذارند؛ این مطالعه در بررسی ویژگی‌های مورفولوژیک، ماده خشک و عملکرد اسانس و نیز مقدار عناصر پرمصرف خاک و سرشاخه‌های هوایی گیاه مرزه خوزستانی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و اعمال تیمارها

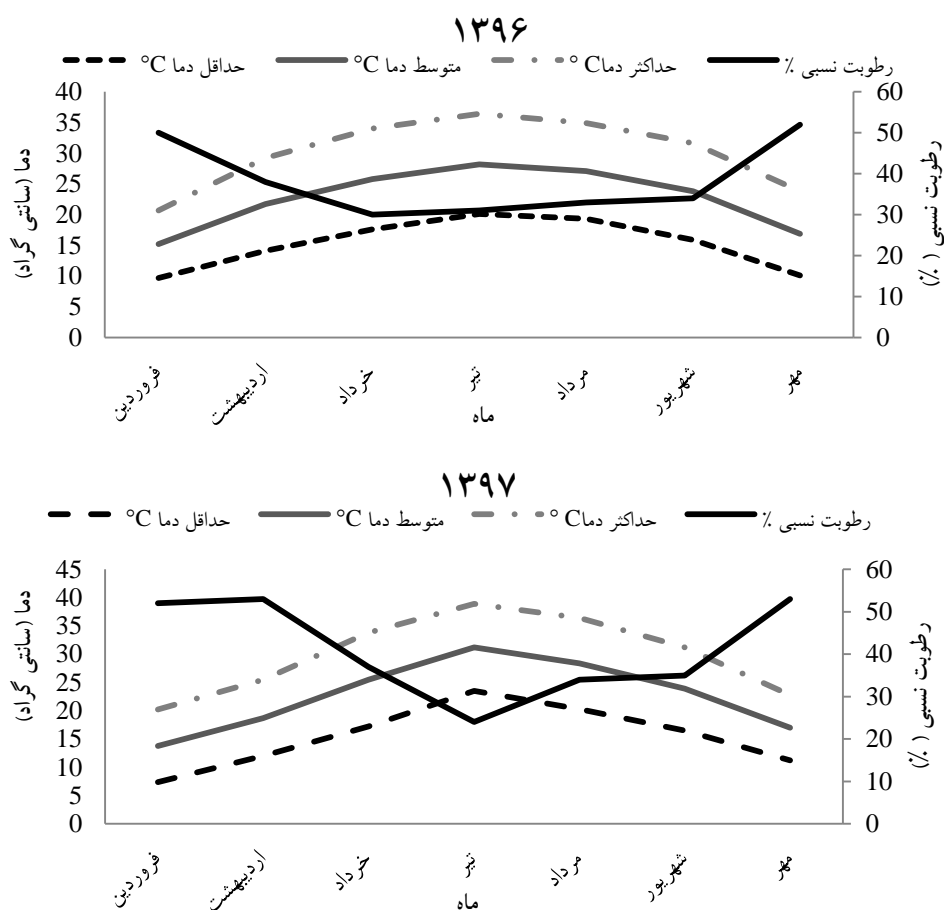
این پژوهش در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (کرج) طراحی و اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار تغذیه‌ای شامل: ۱- C (شاهد)، ۲- NPK (کود شیمیایی ۵۰، ۲۵، ۲۵ (کیلوگرم در هکتار))، ۳- CM₃₀، ۴- CM₆₀ (CM)، کود دامی ۳۰ و ۶۰ (تن در هکتار))، ۵- CM₃₀+NPK، ۶- CM₆₀+NPK، ۷- V₅ (ورمی‌کمپوست ۵۰ (تن در هکتار))، ۸- V₅+NPK، ۹- GM (*Glomus mosseae*)، ۱۰- GI (*Glomus*)، ۱۱- S₀+T، ۱۲- S₂₅₀+T، ۱۳- S₅₀₀+T (S: سولفور صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ (کیلوگرم بر هکتار))، T: *Thiobacillus*) و ۱۴- V₅+T، در سه تکرار روی گیاه دارویی مرزه خوزستانی طی دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجام شد. تعداد واحدهای آزمایشی برابر ۴۲ کرت بود. فواصل خطوط کشت، ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خط، ۴۰ سانتی‌متر بود. ابعاد کرت‌ها، ۳×۳ متر و فاصله کرت‌ها، یک متر در نظر گرفته شد. فاصله‌ها با توجه به حجم رشد رویشی مرزه خوزستانی و بررسی تراکم این گونه گیاهی در پیش آزمایش انجام شده، تعیین شدند. کشت به صورت غیرمستقیم از طریق نشاء انجام شد. بذر گیاه از رویشگاه آن در خرم‌آباد- لرستان تهیه و در اسفند ۱۳۹۵، در سینی نشاء در گلخانه پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور کاشته شد.

جدول ۱- آنالیز ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش در سال‌های ۱۳۹۶-۹۷

سال‌های نمونه برداری	عمق نمونه برداری (cm)	بافت خاک	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش گل اشباع	کربن آلی (%)	نیتروژن (mg/g)	فسفر (mg/g)	پتاسیم (mg/g)	گوگرد (mg/g)	ویژگی‌های اندازه‌گیری شده
سال اول (۱۳۹۶)	۰-۳۰	سیلتی	۱/۲۰	۷/۷۲	۷/۹۱	۶۰۷	۳۰/۲۴	۱۱۴/۷	۲۴/۲	
سال دوم (۱۳۹۷)		رسی	۱/۳۸	۷/۵۶	۷/۶۰	۵۰۵	۲۷/۸۶	۹۷/۸	۲۲/۸	

نیمه‌خشک سرد طبقه‌بندی گردید. تعدادی از پارامترهای هواشناسی در طول اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است.

داده‌های هواشناسی در سال‌های ۱۳۹۶-۹۷، از اداره تحقیقات هواشناسی دانشکده کشاورزی کرج ثبت و تهیه شد و براساس طبقه‌بندی آب و هوایی Koppen، آب و هوای منطقه مورد مطالعه به‌عنوان آب و هوای



شکل ۱- دمای ماهانه و رطوبت نسبی در سال‌های ۱۳۹۶-۹۷

تعیین ویژگی‌های مورفولوژیک

اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه با توجه به تقویم زمانی از جمله زمان بذرکاری، زمان انتقال نشاءها، زمان استقرار گیاهچه‌ها، شروع ۵۰٪ و اتمام گلدهی در هر دو سال انجام شد. در زمان ۵۰٪ گلدهی در اواخر ماه مهر، پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیک از جمله ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و پهنای سایه‌انداز (اندازه‌گیری محیط اطراف بوته با متر) از پنج بوته مربوط به هر تیمار در هر دو سال، برداشت سرشاخه گلدار گیاهان همه واحدهای آزمایشی انجام شد و پس از خشک شدن گیاهان در دمای 30 ± 2 درجه سانتی‌گراد، عملکرد ماده خشک گیاهان توزین و محاسبه شد.

اسانس‌گیری، تعیین بازده و عملکرد اسانس

۸۰-۱۰۰ گرم از نمونه‌های خشک شده شاخساره گیاه (در محیط سایه و خشک در دمای 30 ± 2 درجه سانتی‌گراد) پس از پودر شدن، توسط دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری و رطوبت احتمالی اسانس‌ها با پودر سولفات سدیم به‌عنوان ماده جاذب رطوبت، حذف شد. بازده اسانس براساس وزن خشک سرشاخه و عملکرد اسانس از حاصل ضرب بازده اسانس در عملکرد سرشاخه محاسبه شد.

تعیین عناصر پرمصرف سرشاخه‌ها

قسمتی از نمونه‌های خشک و آسیاب شده سرشاخه‌ها به آزمایشگاه خاک دانشگاه تهران ارسال و مقدار عناصر NPK در بافت شاخساره گیاه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری عناصر با عمل هضم (Wahing et al., 1989) انجام شد. درصد فسفر برگ با عمل کالری متری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) (Chapman & Pratt, 1961) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری پتاسیم به روش

نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم‌فوتومتر در طول موج ۷۶۶ نانومتر خوانده و بیان شد (Wahing et al., 1989). همچنین مقدار گوگرد کل گیاه با استفاده از روش Cottenie و همکاران (۱۹۸۲) بدست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای تجزیه آماری داده‌ها، از نرم افزار SAS و GenStat استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها، با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و رسم نمودارها، با نرم‌افزار SigmaPlot و Excel انجام شد.

نتایج

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سال×تیمارهای تغذیه‌ای بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته در سال اول (۲۶ سانتی‌متر) و دوم (۳۷ سانتی‌متر) به ترتیب مربوط به تیمار $CM_{30}+NPK$ و CM_{60} و کمترین ارتفاع بوته در سال اول (۱۴/۶ سانتی‌متر) و دوم (۲۵ سانتی‌متر) در تیمار V_5+T مشاهده و ثبت شد (جدول ۳). نتایج مقایسات گروهی حکایت از آن دارد که کودهای آلی در مقابل کودهای شیمیایی، کودهای زیستی در مقابل کودهای آلی و همچنین اثر متقابل بین کودهای زیستی (قارچ در مقابل باکتری) در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۴). نتایج جدول مقایسات گروهی در بیان اختلاف بین تیمارهای تغذیه‌ای نشان داد که میزان ارتفاع بوته با استفاده از کودهای زیستی در مقابل کودهای آلی بیشترین مقدار ارتفاع را نشان داده است (جدول ۴).

تعداد شاخه فرعی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، برهم‌کنش اثر

نسبت به تیمار شاهد در سال اول و دوم نشان دهند. براساس مقایسات گروهی انجام شده، اختلاف کرت‌های دریافت‌کننده کود زیستی در مقایسه با کودهای شیمیایی بر پهنای سایه‌انداز، موجب افزایش معنی‌دار در سطح ۱٪ شد. از سویی، مقایسات انجام شده نشانگر این است که تیمارهای کود زیستی در مقابل کودهای آلی، کود زیستی و کود آلی در مقابل کودهای شیمیایی و همچنین اثر متقابل بین کودهای آلی (دامی در مقایسه با ورمی کمپوست) نیز با افزایش میزان پهنای سایه‌انداز روبرو بود (جدول ۴).

ماده خشک سرشاخه گلدار

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) داده‌های ماده خشک سرشاخه گلدار نشان داد که اثر متقابل سال و تیمارهای تغذیه‌ای در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیشترین وزن خشک سرشاخه‌های گلدار در سال اول (۱۱۰۱ کیلوگرم در هکتار) و سال دوم (۱۹۴۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمارهای $CM_{30}+NPK$ و V_5+T است و کمترین وزن خشک در سال اول (۱۹۰ کیلوگرم در هکتار) و سال دوم (۶۲۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار S_0+T مشاهده شد. همچنین نتایج در سطح واحد گرم در بوته نشان داد که بیشترین وزن خشک در سال اول (۲۲/۰۳ گرم در بوته) و سال دوم (۳۸/۹ گرم در بوته) مربوط به تیمار $CM_{30}+NPK$ و V_5+T بود و کمترین وزن خشک در سال اول (۳/۸ گرم در بوته) و سال دوم (۱۲/۵ گرم در بوته) در تیمار S_0+T مشاهده شد (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسات گروهی (جدول ۴)، کودهای زیستی در مقابل کودهای آلی نسبت به اثر متقابل سایر تیمارهای تغذیه‌ای در افزایش میزان ماده خشک سرشاخه گلدار برتری داشتند.

سال و تیمارهای تغذیه‌ای بر تعداد شاخه‌های فرعی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳)، بیشترین تعداد شاخه در سال اول (۳۸) و دوم (۶۳) به ترتیب مربوط به تیمار $CM_{30}+NPK$ و GM و کمترین تعداد شاخه در سال اول (۹/۷) و دوم (۲۵/۸) مربوط به تیمار S_0+T بود. همچنین تیمار $CM_{30}+NPK$ و GM توانستند به ترتیب ۵۵/۵٪ و ۵۱/۷٪ افزایش تعداد شاخه فرعی را نسبت به تیمار شاهد در سال اول و دوم نشان دهند. با توجه به مقایسات گروهی مشخص شد که تیمارهای دریافت‌کننده کودهای زیستی در مقابل کودهای شیمیایی، کودهای آلی و زیستی در مقابل کودهای شیمیایی، کودهای زیستی در مقابل کودهای آلی و همچنین اثر متقابل بین کودهای آلی (دامی در مقابل کمپوست) منجر به افزایش معنی‌دار در سطح ۱٪ برای تعداد شاخه‌های فرعی شدند. از سویی، تیمارهای کودهای زیستی در مقابل کودهای شیمیایی از میزان تعداد شاخه‌های فرعی بیشتری نسبت به تیمارهای دیگر برخوردار بودند (جدول ۴).

پهنای سایه‌انداز

نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سال×تیمارهای تغذیه‌ای بر پهنای سایه‌انداز گیاه مرزه خوزستانی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). در ارتباط با پهنای سایه‌انداز، تیمار تلفیق $CM_{30}+NPK$ بیشترین میزان سایه‌انداز را در سال اول (۱۰۲ سانتی‌متر) و دوم (۱۰۷ سانتی‌متر) به خود اختصاص داد که نسبت به کمترین مقدار آن در سال اول (۴۸ سانتی‌متر) و دوم (۵۳/۳ سانتی‌متر) برتری داشت (جدول ۳). با توجه به نتایج، تیمارهای S_0+T و $CM_{30}+NPK$ توانستند به ترتیب ۳۷/۳٪ و ۳۵/۲٪ افزایش پهنای سایه‌انداز را

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر صفات مورفولوژیک و عملکرد مرزه خوزستانی در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه	پهنای سایه‌انداز	ماده خشک سرشاخه گلدار	بازده عملکرد
سال	۱	۲۴۰۱/۰***	۱۰۳۰۰/۳***	۳۱۷۷/۴***	۳۸۵۹/۵***	۳/۸***
تکرار (سال)	۴	۱۲/۵	۸۴/۴	۶۱/۸	۳۴/۳	۰/۰
تیمار	۱۳	۴۱/۴***	۷۰۳/۳***	۱۴۸۷/۶***	۲۲۹/۵***	۲/۰***
سال × تیمار	۱۳	۵۴/۱***	۸۲/۵***	۸۸/۰*	۸۳/۸***	۲/۴***
خطا	۵۲	۵/۷	۳۱/۵	۵۳/۸	۹/۸	۰/۰
ضریب تغییرات (%)		۹/۲	۱۶/۹	۹/۵	۱۶/۴	۲/۷

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

بازده و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای تغذیه‌ای در دو سال نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار عوامل مورد بررسی و برهم‌کنش آنها بر تغییرات مقدار اسانس بود (جدول ۲). نتایج آزمایش (شکل ۲) نشان داد که بیشترین بازده اسانس در سال اول (۳/۷٪) و دوم (۳/۹٪) به ترتیب مربوط به تیمار GM و S₀+T و کمترین بازده اسانس در سال اول (۱/۹٪) و دوم (۱/۹٪) به ترتیب مربوط به تیمار NPK و GM بود. تیمارهای GM و S₀+T توانستند به ترتیب ۱۵/۲٪ و ۴۴/۴٪ افزایش بازده اسانس را نسبت به تیمار شاهد در سال اول و دوم نشان دهند. با توجه به نتایج در بیشتر تیمارها در دو سال کشت زراعی، بازده اسانس در سال دوم بالاتر از سال اول بوده است. همچنین با توجه به نتایج جدول ۴، می‌توان بیان کرد که اثر متقابل بین تیمارهای تغذیه‌ای بجز اثر متقابل بین کودهای آلی (مقایسه بین دامی با ورمی‌کمپوست) در مقدار بازده اسانس افزایش معنی‌داری را نشان داد. همچنین در این آزمایش، عملکرد اسانس تحت تأثیر

معنی‌دار برهم‌کنش اثر سال × تیمارهای تغذیه‌ای در سطح ۱٪ قرار گرفت (جدول ۲). کاربرد تیمارهای V₅+NPK و V₅+T باعث افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس به ترتیب در سال اول (۳۰/۴ کیلوگرم بر هکتار) و سال دوم (۶۴/۳ کیلوگرم بر هکتار) گردید و تیمار S₀+T کمترین عملکرد اسانس را در سال اول (۵/۹ کیلوگرم بر هکتار) و سال دوم (۲۴/۵ کیلوگرم بر هکتار) نشان داد (شکل ۳). با توجه به نتایج، تیمار V₅+NPK توانست ۵۷/۲٪ افزایش عملکرد اسانس را نسبت به تیمار شاهد در سال اول نشان دهد. طبق نتایج بدست‌آمده از جدول مقایسات گروهی (جدول ۴)، کودهای زیستی در مقایسه با کودهای آلی، اثر متقابل بین کودهای آلی (دامی در مقایسه با ورمی‌کمپوست) و اثر متقابل بین کودهای زیستی (قارچ در مقابل باکتری) موجب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس در سطح ۱٪ شدند. همچنین بیشترین عملکرد اسانس مربوط به اثر متقابل بین کودهای زیستی (قارچ در مقابل باکتری) بود (جدول ۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر صفات مورفولوژیک و عملکرد مرزه خوزستانی

در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

صفات اندازه‌گیری شده					منابع تغییرات	
ماده خشک سرشاخه گلدار (کیلوگرم در هکتار)	ماده خشک سرشاخه گلدار (گرم در بوته)	پهنای سایه‌انداز (سانتی‌متر)	تعداد شاخه	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	سال	تیمارهای تغذیه
۷۶۳/۳±۱۱/۷h-k	۱۵/۳±۰/۲h-k	۷۵/۴±۱/۹e-j	۲۵/۵±۱/۹ijk	۲۲/۷±۱/۴gh	۱۳۹۶	NPK
۱۲۴۳/۳±۴۷/۸def	۲۴/۹±۰/۹def	۸۳/۷±۰/۵d-h	۴۳/۰±۳/۵def	۲۸/۳±۱/۷c-f	۱۳۹۷	
۶۰۰/۰±۱۰/۴jkl	۱۲/۰±۰/۲jkl	۷۴/۲±۲/۶f-k	۲۴/۵±۱/۹ijk	۲۲/۱±۲/۰gh	۱۳۹۶	C
۱۰۴۱/۷±۴۹/۸e-h	۲۰/۸±۱/۰e-h	۷۹/۶±۱/۸d-i	۴۱/۴±۴/۷efg	۳۳/۵±۱/۸ab	۱۳۹۷	
۷۱۰/۰±۵۵/۷ijk	۱۴/۲±۱/۱ijk	۷۵/۸±۴/۰e-j	۲۶/۰±۰/۶ijk	۲۴/۲±۰/۹fg	۱۳۹۶	CM ₃₀
۹۷۳/۳±۳۱/۸f-i	۱۹/۵±۰/۶f-i	۸۵/۹±۱/۵d-g	۴۱/۵±۴/۸efg	۲۸/۲±۰/۹c-f	۱۳۹۷	
۶۹۶/۷±۱۶۶/۰i-l	۱۳/۹±۳/۳i-l	۷۵/۱±۵/۵f-j	۲۳/۷±۱/۹ijk	۲۳/۱±۱/۱gh	۱۳۹۶	NPK+CM ₆₀
۱۲۴۳/۳±۴۵/۷def	۲۴/۹±۰/۹def	۸۶/۱±۲/۴c-g	۵۳/۶±۵/۸a-d	۲۵/۴±۱/۵efg	۱۳۹۷	
۳۹۳/۳±۹/۳lm	۷/۹±۰/۲lm	۷۴/۱±۱/۱f-k	۱۵/۶±۳/۶kl	۱۴/۷±۰/۷j	۱۳۹۶	V ₅ +T
۱۹۴۸/۳±۷۸/۸a	۳۹/۰±۱/۶a	۱۰۲/۲±۴/۳ab	۴۲/۱±۳/۹ef	۲۵/۱±۰/۷fg	۱۳۹۷	
۵۳۱/۷±۵۶/۳kl	۱۰/۶±۱/۱kl	۶۰/۶±۴/۰klm	۱۵/۲±۲/۴kl	۱۶/۶±۱/۸ij	۱۳۹۶	S ₂₅₀ +T
۱۳۳۱/۷±۳۷/۷cde	۲۶/۶±۰/۷cde	۷۰/۴±۸/۹h-k	۳۰/۲±۲/۷hi	۲۵/۱±۰/۵bc	۱۳۹۷	
۷۱۳/۳±۷۴/۸ijk	۱۴/۳±۱/۵ijk	۶۸/۰±۱/۳ijk	۲۶/۹±۳/۷ij	۲۳/۱±۱/۶gh	۱۳۹۶	GI
۹۱۳/۳±۴۳/۲g-h	۱۸/۳±۰/۹g-j	۸۹/۴±۴/۱b-e	۴۸/۱±۲/۵b-e	۳۰/۰±۲/۳b-e	۱۳۹۷	
۷۲۸/۳±۱۷۵/۹ijk	۱۴/۶±۳/۵ijk	۹۰/۳±۳/۲bcd	۳۱/۰±۳/۴ghi	۲۴/۸±۱/۶fg	۱۳۹۶	GM
۱۶۹۶/۷±۷۸/۱ab	۳۳/۰±۱/۶ab	۱۰۰/۰±۳/۵abc	۶۲/۸±۴/۲a	۳۳/۱±۰/۷ab	۱۳۹۷	
۸۱۳/۳±۱۱۶/۱g-k	۱۶/۳±۲/۳g-k	۸۲/۰±۱/۵d-i	۳۲/۸±۳/۳fi	۲۴/۷±۱/۹fg	۱۳۹۶	CM ₆₀
۱۹۲۱/۷±۱۶۹/۱a	۳۸/۴±۳/۴a	۸۸/۱±۲/۵c-f	۵۴/۶±۶/۵abc	۳۷/۰±۱/۷a	۱۳۹۷	
۱۱۰۱/۷±۵۷/۸d-g	۲۲/۰±۱/۲d-g	۱۰۱/۹±۷/۶ab	۳۸/۲±۰/۵e-h	۲۶/۲±۲/۱d-g	۱۳۹۶	CM ₃₀ +NPK
۱۳۶۰/۰±۲۴۰/۲cd	۲۷/۲±۴/۸cd	۱۰۷/۷±۸/۳a	۵۷/۵±۶/۳ab	۳۰/۲±۱/۵bcd	۱۳۹۷	
۱۰۸۰/۰±۶۰/۱d-g	۲۱/۶±۱/۲d-g	۸۷/۲±۲/۲c-f	۲۹/۰±۱/۱hij	۲۶/۰±۱/۷d-g	۱۳۹۶	V ₅ +NPK
۱۷۲۵/۰±۷۵/۱ab	۳۴/۵±۱/۵ab	۸۷/۶±۴/۲c-f	۶۱/۸±۳/۸a	۲۸/۸±۰/۶b-f	۱۳۹۷	
۵۳۳/۳±۱۳۳/۹kl	۱۰/۷±۲/۷kl	۶۵/۰±۵/۳jkl	۱۸/۰±۳/۴jkl	۱۹/۱±۱/۹hi	۱۳۹۶	S ₅₀₀ +T
۱۶۱۵/۰±۵۹/۶bc	۳۲/۳±۱/۲bc	۸۳/۱±۲/۳d-h	۴۵/۹±۵/۲cde	۳۲/۱±۱/۷bc	۱۳۹۷	
۹۱۱/۷±۲۳۷/۹g-j	۱۸/۲±۴/۸g-j	۷۲/۸±۰/۸g-k	۲۸/۵±۰/۸hij	۲۲/۴±۰/۵gh	۱۳۹۶	V ₅
۱۳۱۶/۷±۶۵/۲de	۲۶/۳±۱/۳de	۹۲/۳±۵/۹bcd	۴۹/۰±۲/۱b-e	۳۰/۰±۱/۰b-e	۱۳۹۷	
۱۹۰/۰±۶۶/۶m	۳/۸±۱/۳m	۴۸/۰±۳/۸m	۹/۷±۰/۶l	۱۵/۹±۱/۷ij	۱۳۹۶	S ₀ +T
۶۲۸/۳±۴۰/۵jkl	۱۲/۶±۰/۸jkl	۵۳/۳±۶/۰lm	۲۵/۸±۳/۲ijk	۳۰/۳±۱/۲bcd	۱۳۹۷	

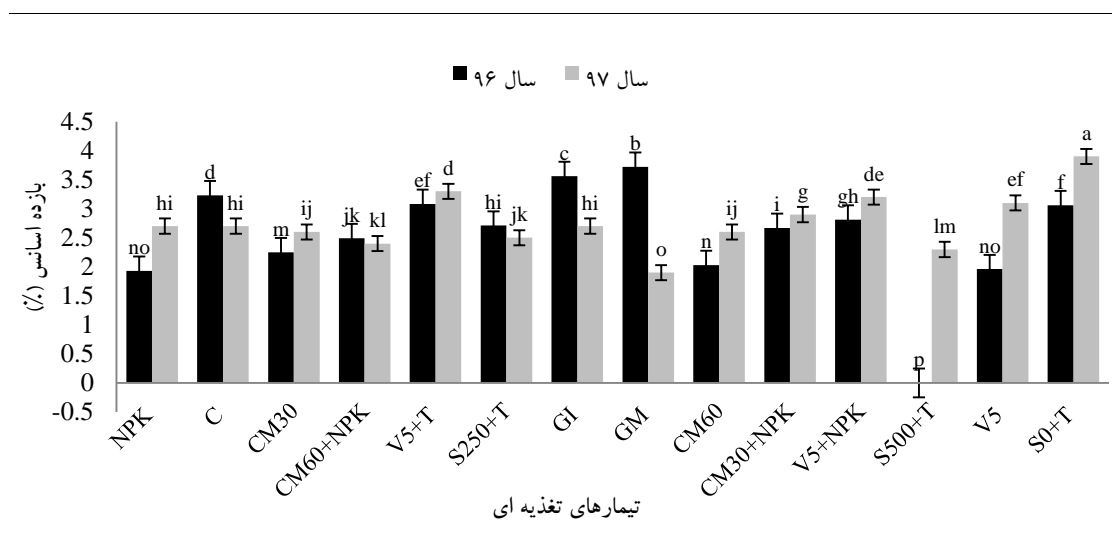
حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف آماری معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD است.

جدول ۴- مقایسه گروهی با استفاده از آزمون F برای ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد ماده خشک و اسانس

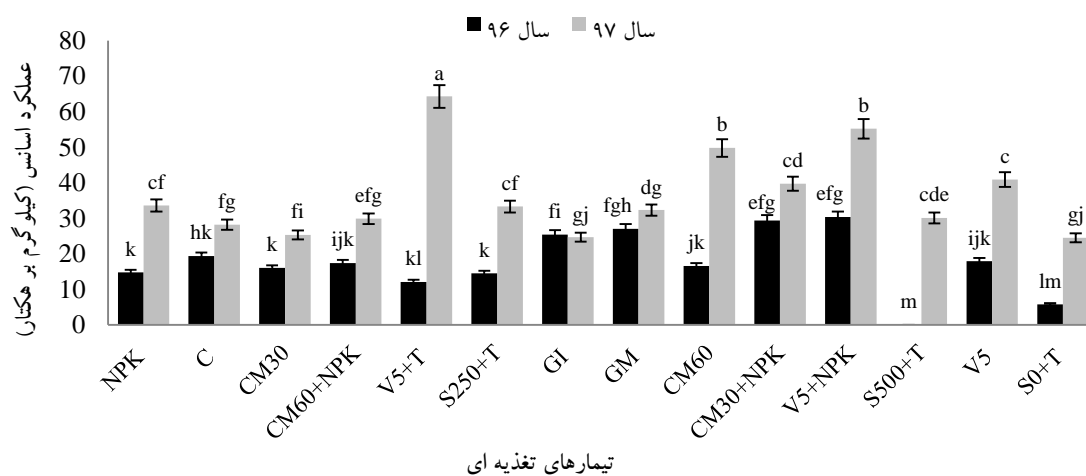
مرزه خوزستانی در تیمارهای مختلف تغذیه‌ای در سال‌های ۹۶-۱۳۹۶

تیمار	ارتفاع بوته	تعداد شاخه	پهنای سایه‌انداز	ماده خشک سرشاخه گلدار	بازده اسانس	عملکرد اسانس
شاهد در مقابل تیمارهای تغذیه‌ای مختلف	۲ ns	۱۱۸/۵ ns	۶۴/۴ ns	۶۹۸۳۳/۴ ns	۱***	۰/۶ ns
کود آلی در مقابل کود شیمیایی	۵۴/۵***	۵۵/۷ ns	۹۸/۳ ns	۲۰۸۵۴۴/۴***	۰/۵***	۵۱/۴ ns
کود زیستی در مقابل کود شیمیایی	۰/۶ ns	۵۴۸/۹***	۱۴۱۲/۵***	۱۷۵۷۸/۱ ns	۰/۰*	۵۸/۵ ns
کود آلی+ کود زیستی در مقابل کود شیمیایی	۷/۹ ns	۳۲۹/۷***	۷۹۵/۵***	۱۴۴۹۰/۱ ns	۰/۲***	۲/۷ ns
کود زیستی در مقابل کود آلی	۱۱۸/۶***	۳۸۴/۹***	۱۱۷۲***	۶۰۹۰۰۵/۰***	۰/۵***	۳۷۲/۱***
کود آلی (دامی در مقابل ورمی کمپوست)	۰/۸ ns	۵۱۲/۲***	۵۰۰/۵***	۱۶۵۶۷۵/۰*	۰/۰ ns	۱۴۴/۲***
کود زیستی (فارچ در مقابل باکتری)	۶۸/۹***	۰/۰ ns	۴۹/۷ ns	۲۰۹۳۰۶/۲***	۰/۶***	۴۲۳***

ns: عدم تفاوت معنی‌دار، * و ***: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪



شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای مختلف تغذیه‌ای و سال بر بازده اسانس مرزه خوزستانی در سال‌های ۹۶-۱۳۹۶



شکل ۳- اثر متقابل تیمارهای مختلف تغذیه‌ای و سال بر عملکرد اسانس مرزه خوزستانی در سال‌های ۹۶-۱۳۹۶

عناصر درشت و ریزمغذی گیاه و خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) اثرهای ساده سال، تیمارهای تغذیه‌ای و اثرهای متقابل سال×تیمارهای تغذیه‌ای را روی عناصر خاک و سرشاخه‌های گیاه مرزه خوزستانی نشان می‌دهد. همچنین در جدول مقایسه میانگین (جدول ۶)، تغییرات در اجزای عناصر شیمیایی خاک و سرشاخه‌های گیاه طی اثر ساده سال و تیمارهای تغذیه‌ای مختلف نشان داده شده است.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر ساده تیمارهای تغذیه‌ای بر تمامی عناصر شیمیایی خاک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که غلظت نیتروژن و پتاسیم خاک طی استفاده از تیمار V_5+NPK افزایش یافت که بالاترین میزان آن، به ترتیب ۸۷۱ میلی‌گرم بر گرم و ۱۶۰/۶ میلی‌گرم بر گرم بود (جدول ۶). بیشترین میزان فسفر قابل دسترس (۴۶/۹ میلی‌گرم بر گرم)، مربوط به تیمار $NPK+CM_{60}$ بود. همچنین استفاده از تیمار $S_{500}+T$ موجب افزایش معنی‌داری در مقدار گوگرد (۳۸/۹ میلی‌گرم بر گرم) شد (جدول ۶). نتایج اثر ساده تیمارهای تغذیه‌ای بر عناصر خاک نشان داد که تیمار شاهد دارای کمترین مقدار نیتروژن (۵۵۶ میلی‌گرم بر گرم)، فسفر (۲۹/۱ میلی‌گرم بر گرم) و پتاسیم (۱۰۶/۲ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار GM دارای کمترین غلظت گوگرد (۲۱/۶ میلی‌گرم بر گرم) بودند. همچنین با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر ساده سال بر مقدار عناصر خاک معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که غلظت فسفر، پتاسیم و گوگرد به ترتیب در سال اول (۳۹/۲ میلی‌گرم بر گرم)، (۱۴۱/۸ میلی‌گرم بر گرم) و (۲۹/۰۳ میلی‌گرم بر گرم) و در سال دوم (۳۶/۳ میلی‌گرم بر گرم)، (۱۲۲/۰۱ میلی‌گرم بر گرم) و (۲۶/۱ میلی‌گرم بر گرم) بدست آمد (جدول ۶). نتایج جدول مقایسات گروهی (جدول ۶) بیانگر این بود که

بیشترین مقدار نیتروژن مربوط به اثر متقابل بین کودهای آلی بوده است، همچنین بالاترین میزان عنصر پتاسیم و فسفر در اثر متقابل کودهای زیستی با کودهای شیمیایی بدست آمد. بیشترین میزان عنصر گوگرد در ترکیب کودهای زیستی با کودهای آلی و اثر متقابل آن با کودهای شیمیایی مشاهده شد (جدول ۶).

همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر ساده تیمارهای تغذیه‌ای بر مقدار نیتروژن و فسفر سرشاخه‌های گیاه مرزه خوزستانی معنی‌دار بوده است. تیمار V_5+NPK توانست بالاترین مقدار عناصر نیتروژن (۱۰۴۴ میلی‌گرم بر گرم) و فسفر (۴۸۹ میلی‌گرم بر گرم) را در جدول مقایسه میانگین نشان دهد. کمترین میزان این عناصر، ۷۸۸/۵ میلی‌گرم بر گرم و ۳۴۳ میلی‌گرم بر گرم در تیمار تغذیه‌ای S_0+T مشاهده شد (جدول ۶). با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل سال و تیمارهای تغذیه‌ای بر مقدار عناصر پتاسیم و گوگرد در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۶). همان‌طور که در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است، بیشترین مقدار پتاسیم (۶۱۹ میلی‌گرم بر گرم) و گوگرد (۲۱۴ میلی‌گرم بر گرم) در سال اول به ترتیب مربوط به تیمارهای تغذیه‌ای GI و V_5 و بالاترین مقدار آنها، ۶۵۸ میلی‌گرم بر گرم و ۲۱۶ میلی‌گرم بر گرم در سال دوم به ترتیب در تیمارهای تغذیه‌ای V_5+NPK و $S_{500}+T$ مشاهده شده است.

استفاده از تلفیق تیمارهای تغذیه‌ای $S_{250}+T$ و S_0+T به ترتیب کمترین مقدار پتاسیم (۴۰۹ میلی‌گرم بر گرم) و گوگرد (۱۳۳ میلی‌گرم بر گرم) را در سال اول نشان دادند. کمترین مقدار پتاسیم (۴۲۸ میلی‌گرم بر گرم) و گوگرد (۱۴۲ میلی‌گرم بر گرم) در سال دوم در تیمار شاهد بدست آمد (شکل ۴ و ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر عناصر خاک و سرشاخه گلدار مرزه خوزستانی در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
عناصر سرشاخه‌ها				عناصر خاک					
S	K	P	N	S	K	P	N		
۸۰/۷ns	۴۳۴۳۵/۰**	۱۸۳۷/۰ns	۲۵۷۷۴/۳ ns	۲۰۴/۵**	۹۰۰۷/۴**	۲۰۴/۵*	۱۳۴۱/۰ns	۱	سال
۱۹/۳	۱۶۴۶۳/۴	۳۷۵/۴	۱۷۶۳۵/۰	۲۳/۴	۹/۱	۱۲/۰	۲۰۱۰/۶	۴	تکرار (سال)
۱۴۱۷/۳ ns	۲۰۱۱۱/۸**	۹۷۹۵/۲*	۲۹۸۴۰/۹**	۱۱۲/۳**	۱۸۶۴/۳**	۲۰۹/۵**	۴۶۹۷۵/۲**	۱۳	تیمار
۲۱۲۲/۱*	۹۸۰۶/۳*	۵۲۳۸/۵ ns	۹۹۸۱/۳ ns	۱۱/۹ ns	۲۸/۶ ns	۱۳/۴ ns	۱۴۴۸ ns	۱۳	سال × تیمار
۹۵۲/۲	۴۳۵۰/۵	۵۰۵۴/۳	۱۲۴۷۴/۸	۱۵/۱	۳۷۲/۴	۴۱/۲	۷۴۶۶/۹	۵۲	خطا
۱۸/۹	۱۲/۸	۱۷/۱	۱۲/۳	۱۴/۱	۱۴/۷	۱۷	۱۲/۲		ضریب تغییرات (%)

N: نیتروژن؛ P: فسفر؛ K: پتاسیم و S: گوگرد. ns: عدم تفاوت معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ساده سال و تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر عناصر خاک و سرشاخه‌های مرزه خوزستانی

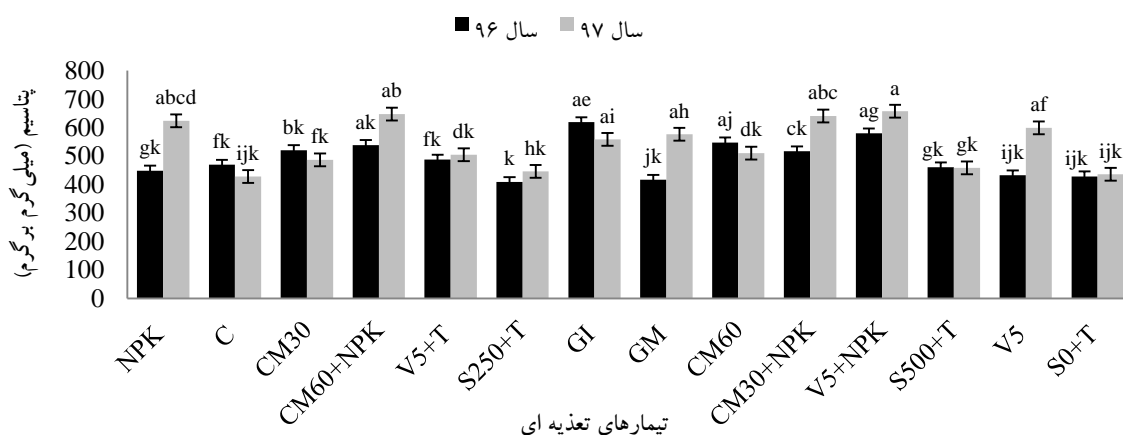
عناصر سرشاخه‌ها		عناصر خاک					تیمار
K		S	K	P			
۵۳۶/۸±۱۱/۵ ^a		۲۹/۰±۰/۸ ^a	۱۴۱/۴±۳/۴ ^a	۳۹/۳±۱/۱ ^a	۹۶		
۴۹۴/۳±۱۴/۶ ^a		۲۶/۱±۰/۷ ^b	۱۲۲/۰±۳/۳ ^b	۳۶/۳±۱/۱ ^b	۹۷		
		سال					
K	P	N	S	K	P	N	
۵۳۶/۵±۴۹/۴ ^{bcde}	۴۲۳/۵±۲۵/۶ ^{abcd}	۹۳۷/۰±۲۹/۷ ^{abcd}	۲۴/۴±۲/۵ ^{defg}	۱۴۹/۳±۶/۳ ^{abc}	۴۳/۰±۳/۳ ^{abc}	۷۸۳/۰±۳۳/۷ ^{abcd}	NPK
۴۴۹/۰±۴۸/۶ ^{gh}	۳۹۰/۰±۳۶/۸ ^{bcd}	۸۶۱/۵±۴۶/۷ ^{cde}	۲۳/۵±۱/۵ ^{efg}	۱۰۶/۲±۶/۷ ^g	۲۹/۱±۲/۳ ^g	۵۵۶/۰±۴۱/۳ ^h	C
۵۰۴/۰±۳۷/۷ ^{defgh}	۴۱۵/۰±۲۴/۸ ^{abcd}	۸۹۷/۳±۵۷/۰ ^{bcde}	۲۶/۱±۱/۶ ^{defg}	۱۱۷/۱±۸/۸ ^{efg}	۳۳/۴±۲/۴ ^{defg}	۶۵۶/۵±۳۳/۷ ^{efg}	CM₃₀
۵۹۳/۵±۳۲/۱ ^{ab}	۴۵۸/۰±۳۳/۳ ^{ab}	۱۰۱۷/۵±۲۹/۲ ^{ab}	۳۱/۰±۱/۹ ^{bc}	۱۵۵/۸±۷/۳ ^{ab}	۴۶/۹±۲/۸ ^a	۸۳۷/۷±۲۸/۷ ^{ab}	NPK+CM₆₀
۴۹۶/۳±۱۵/۶ ^{efgh}	۴۲۸/۰±۲۲/۷ ^{abc}	۹۶۲/۰±۶۱/۸ ^{abcd}	۲۸/۵±۲/۲ ^{cd}	۱۳۴/۴±۹/۵ ^{bcde}	۴۰/۴±۲/۳ ^{abcd}	۷۳۵/۰±۳۰/۰ ^{cde}	V₅+T
۴۲۸/۰±۲۸/۵ ^h	۳۶۶/۰±۲۹/۲ ^{cd}	۸۳۶/۰±۲۹/۴ ^{de}	۳۴/۱±۱/۸ ^b	۱۰۸/۱±۸/۲ ^{fg}	۳۰/۴±۲/۳ ^{efg}	۶۲۵/۵±۳۶/۰ ^{fgh}	S₂₅₀+T
۵۸۹/۰±۲۵/۳ ^{abc}	۴۴۰/۰±۳۹/۹ ^{abc}	۹۴۶/۵±۵۱/۲ ^{abcd}	۲۵/۶±۰/۶ ^{defg}	۱۳۷/۹±۱۰/۳ ^{bcde}	۳۷/۲±۲/۷ ^{cde}	۶۷۵/۰±۳۱/۵ ^{efg}	GI
۴۹۷/۰±۴۲/۹ ^{efgh}	۳۶۴/۰±۱۴/۴ ^{cd}	۸۴۲/۵±۸۶/۸ ^{de}	۲۱/۶±۱/۵ ^g	۱۴۳/۷±۷/۸ ^{abcd}	۳۶/۶±۲/۲ ^{cdef}	۶۷۵/۵±۲۵/۸ ^{efg}	GM
۵۲۹/۵±۲۷/۸ ^{bcdef}	۴۳۴/۰±۱۹/۶ ^{abc}	۹۵۶/۳±۲۶/۱ ^{abcd}	۲۸/۵±۱/۷ ^{cd}	۱۲۱/۴±۸/۷ ^{defg}	۳۹/۲±۱/۸ ^{bcd}	۷۰۱/۵±۲۶/۷ ^{def}	CM₆₀
۵۷۹/۰±۳۰/۷ ^{abcd}	۴۶۵/۰±۳۶/۷ ^{ab}	۹۸۸/۸±۱۴/۴ ^{abc}	۲۷/۸±۲/۲ ^{cde}	۱۵۳/۵±۸/۴ ^{ab}	۴۵/۹±۲/۲ ^{ab}	۸۱۵/۰±۲۷/۱ ^{abc}	CM₃₀+NPK
۶۱۹/۰±۲۰/۰ ^a	۴۸۹/۰±۳۰/۳ ^a	۱۰۴۴/۰±۳۹/۴ ^a	۲۷/۶±۱/۶ ^{cde}	۱۶۰/۶±۷/۱ ^a	۴۵/۸±۲/۵ ^{ab}	۸۷۱/۰±۲۸/۸ ^a	V₅+NPK
۴۶۰/۰±۲۷/۰ ^{fgh}	۳۷۵/۵±۳۸/۵ ^{cd}	۸۵۱/۵±۳۴/۷ ^{de}	۳۸/۹±۱/۶ ^a	۱۱۰/۴±۹/۲ ^{fg}	۳۰/۹±۲/۱ ^{efg}	۶۳۲/۵±۴۱/۱ ^{fgh}	S₅₀₀+T
۵۱۶/۰±۴۱/۰ ^{cdefg}	۳۹۹/۰±۲۶/۶ ^{bcd}	۸۹۳/۰±۴۰/۲ ^{bcde}	۲۶/۴±۱/۴ ^{def}	۱۲۷/۹±۸/۳ ^{cdefg}	۴۰/۲±۱/۸ ^{abcd}	۷۴۲/۰±۲۶/۱ ^{bcde}	V₅
۴۳۲/۵±۱۰/۵ ^h	۳۴۳/۰±۲۸/۷ ^d	۷۸۸/۵±۳۶/۹ ^e	۲۸/۸±۱/۰ ^{cd}	۱۱۵/۷±۹/۳ ^{efg}	۲۹/۶±۲/۶ ^g	۵۹۹/۵±۲۴/۳ ^{gh}	S₀+T

N: نیتروژن؛ P: فسفر؛ K: پتاسیم و S: گوگرد. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف آماری معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD است.

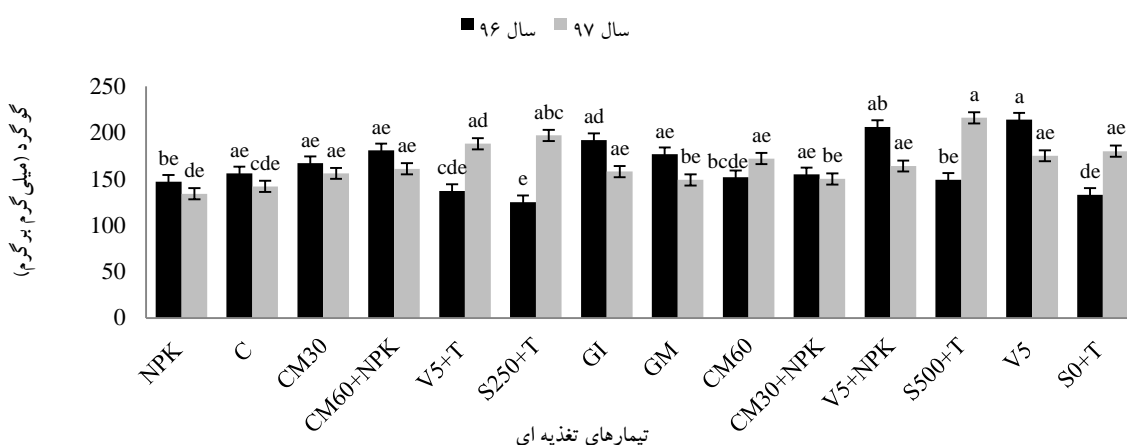
جدول ۷- مقایسه گروهی با استفاده از آزمون F برای عناصر خاک و سرشاخه گلدار مرزه خوزستانی در تیمارهای مختلف تغذیه‌ای در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

میانگین مربعات								منابع تغییر
عناصر سرشاخه‌ها				عناصر خاک				
S	K	P	N	S	K	P	N	
۱۸۷۲/۹ ^{ns}	۹۱۹۲/۴ ^{ns}	۷۸۲/۳ ^{ns}	۱۷۰۲/۵ ^{ns}	۵۵/۳ ^{**}	۳۰۰۶/۳ ^{**}	۲۱۰/۳ [*]	۴۳۱۸۲/۹ [*]	شاهد در مقابل تیمارهای تغذیه‌ای مختلف
۴۲۰/۲ ^{ns}	۷۶۵۶/۲ ^{ns}	۴۶۲۴ ^{ns}	۱۶۳۸۴ [*]	۴۷۳ ^{**}	۳۷۷/۶ ^{ns}	۵۸/۵ ^{ns}	۱۸۰۶/۲ ^{ns}	کود آلی در مقابل کود شیمیایی
۷۲ ^{ns}	۴۷۹۹۸/۳ ^{**}	۲۰۶۰۴/۵ [*]	۶۸۰۱۹ [*]	۱۳۷/۲ ^{**}	۳۴۵۲/۸ ^{**}	۴۴۰/۵ ^{**}	۶۲۱۹۸/۶ ^{**}	کود زیستی در مقابل کود شیمیایی
۱۴/۴ ^{ns}	۳۱۵۷۴/۷ ^{**}	۱۴۶۸۸/۲ ^{ns}	۴۹۳۶۸/۷ ^{ns}	۲۹۳/۶ ^{**}	۲۱۰۲/۶ [*]	۲۷۸/۷ [*]	۳۱۲۳۶/۶ [*]	کود آلی + کود زیستی در مقابل کود شیمیایی
۱۴۶۲ ^{ns}	۲۵۵۱۳/۶ [*]	۸۱۶۰/۸ ^{ns}	۲۵۰۱۶ ^{ns}	۲۰۶/۳ ^{**}	۲۳۲۸/۵ [*]	۲۶۵/۲ [*]	۶۶۷۹۳/۷ ^{**}	کود زیستی در مقابل کود آلی
۳۶/۷ ^{ns}	۶۲۱۰/۷ ^{ns}	۱۲۰۰ ^{ns}	۱۷۷۸۷ ^{ns}	۱/۴ ^{ns}	۱۶۱۴/۷ [*]	۳۱۱/۱ ^{**}	۹۸۸۲۶/۷ ^{**}	کود آلی (دامی در مقابل ورمی کمپوست)
۱۱۰/۲ ^{ns}	۶۶۹۶/۷ ^{ns}	۳۱۳۶ ^{ns}	۳۴۱۶۳/۴ ^{ns}	۵۳/۸ ^{**}	۳۱۲۴/۸ ^{**}	۴۱۷/۵ ^{**}	۶۷۴۴۴/۱ ^{**}	کود زیستی (قارچ در مقابل باکتری)

N: نیتروژن؛ P: فسفر؛ K: پتاسیم و S: گوگرد. ns: عدم تفاوت معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪



شکل ۴- اثر متقابل سال و تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر عنصر پتاسیم سرشاخه‌های مرزه خوزستانی در سال‌های ۱۳۹۶-۹۷



شکل ۵- اثر متقابل سال و تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر عنصر گوگرد سرشاخه‌های مرزه خوزستانی در سال‌های ۱۳۹۶-۹۷

بحث

ارتفاع بوته

انجام داده و موجب افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند. البته دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی به‌ویژه نیتروژن با کاربرد کودهای شیمیایی، از راه تأثیر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر می‌باشد (Razipur et al., 2016؛ Shani et al., 2016). Janmohammadi و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که استفاده از کود شیمیایی، موجب افزایش قابل توجه ارتفاع

با توجه به نتایج آزمایش، تیمارهای $CM_{30}+NPK$ و CM_{60} توانستند بیشترین ارتفاع گیاه را در بین سایر تیمارها نشان دهند. یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع بوته، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است. تیمارهای کود دامی، با تأمین تدریجی عناصر غذایی این عمل را به خوبی

معنی دار تعداد شاخه فرعی شد.

پهنای سایه‌انداز

در این مطالعه، تیمار $CM_{30}+NPK$ توانست بیشترین پهنای سایه‌انداز را در هر دو سال زراعی کشت در مقایسه با سایر تیمارها در گیاه مرزه خوزستانی نشان دهد. عنصر نیتروژن موجود در کود شیمیایی با اثرگذاری بر فرایندهای تقسیم سلولی و ساخت کلروفیل سبب افزایش رشد رویشی، ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی و در نهایت منجر به افزایش تعداد برگ و پهنای سایه‌انداز در گیاه می‌گردد. جذب بیشتر فسفر نیز میزان فتوسنتز را افزایش داده که نتیجه آن افزایش تعداد شاخه و پهنای سایه‌انداز است (Saikia et al., 2010). افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش پهنای سایه‌انداز در گیاه *Melissa officinalis* به احتمال زیاد می‌تواند به دلیل بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک در نتیجه کاربرد کود دامی نیز باشد که موجب می‌شود گیاه آب و املاح غذایی را به راحتی از خاک جذب کرده و به‌مصرف فرایندهای حیاتی خود برساند (Razipur et al., 2016). استفاده از کود شیمیایی، به‌ویژه نیتروژن و فسفر، می‌تواند سبب افزایش سرعت فتوسنتز، ویژگی‌های رشد و عملکرد گیاه شود (Iqbal et al., 2019).

ماده خشک سرشاخه گلدار

استفاده از تیمار $CM_{30}+NPK$ و همچنین تلفیق V_5+T در گیاه مرزه خوزستانی توانست باعث افزایش ماده خشک سرشاخه گلدار در این آزمایش شود. همچنین میزان ماده خشک در سال دوم به‌طور معنی‌داری نسبت به سال اول افزایش پیدا کرده بود. نیتروژن در فرایندهای مختلف متابولیسم گیاه نقش دارد و تأثیر مستقیمی روی مراحل رویشی گیاهان می‌گذارد (Tasdighi et al., 2015). در ارتباط با نتایج این آزمایش، Khaghani و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که استفاده از کود شیمیایی (NPK) به‌طور قابل توجهی بر وزن خشک

گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی گیاه *Carthamus tinctorius* می‌شود. همچنین Ostadi و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر تیمارهای تغذیه‌ای گوناگون (کود شیمیایی، قارچ مایکوریزا و ترکیب کود شیمیایی با قارچ مایکوریزا) بر گیاه *Mentha × piperita* نشان دادند که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به ترکیب کود شیمیایی با قارچ مایکوریزا بوده است.

تعداد شاخه فرعی

نتایج آزمایش در سال اول و سال دوم بیانگر این بود که تلفیق $CM_{30}+NPK$ و همچنین استفاده از تیمار GM توانست بیشترین تعداد شاخه فرعی را در گیاه دارویی مرزه خوزستانی ایجاد کند. همکاری ریشه گیاهان با باکتری‌ها و میکوریزا در ریزوسفر موجب تقویت رشد گیاه، جذب مواد مغذی و محافظت از گیاهان می‌شود (Kothe & Turnau, 2018). Razipur و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که کود دامی با فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه می‌تواند موجب افزایش رشد و به‌دنبال آن تعداد شاخه فرعی گیاه *Melissa officinalis* شود. همچنین Ashnavar و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد شاخه فرعی و قطر ساقه اصلی گیاه *Echinacea purpurea* نسبت به سایر تیمارها داشت. باکتری‌های محرک رشد نیز با افزایش حجم و توسعه ریشه، سبب بهبود جذب عناصر غذایی و آب، تخصیص کربوهیدرات‌ها به ریشه، کاهش فعالیت پراکسیداز ریشه و سنتز پروتئین‌های جدید شده و در نتیجه موجب تحریک رشد گیاه می‌شوند (Saghafi et al., 2013). Khaosaad و همکاران (۲۰۰۶) هم گزارش کردند که تیمار *Glomus mosseae* توانست موجب افزایش شاخه‌دهی در گیاه *Origanum vulgare* شود. Ostadi و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر تیمارهای تغذیه‌ای گوناگون (کود شیمیایی، قارچ مایکوریزا و ترکیب کود شیمیایی با قارچ مایکوریزا) بر گیاه *Mentha piperita* بیان کردند که ترکیب کود شیمیایی با قارچ مایکوریزا و استفاده از کود شیمیایی سبب افزایش

پیروفسفات، دی‌متیل آلیل پیروفسفات و ژرانیل پیروفسفات، نقشی ساختاری و حیاتی دارند؛ به نظر می‌رسد که تیمار گیاهان با کود زیستی حل‌کننده فسفات منجر به افزایش جذب فسفر توسط گیاه و افزایش مقدار پیش‌ماده‌های نام‌برده شده می‌شود (Boveiri Dehsheikh et al., 2017)؛ همچنین نتایج این پژوهش با مطالعه Dhifi et al., 2016). همچنین نتایج این پژوهش با مطالعه Boveiri Dehsheikh و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد که به بالاترین درصد اسانس (۲/۸٪) در گیاهان تیمار شده با باکتری‌های حل‌کننده فسفات دست یافتند. نتایج بسیاری از مطالعات هم نشان داد استفاده از باکتری‌های محرک رشد، درصد اسانس را در گیاهان افزایش می‌دهد (Amanifar & Cruz et al., 2019; Toghreanegar, 2020; Bączek et al., 2019). کاربرد کودهای زیستی (Fokom et al., 2019; al., 2019). کاربرد کودهای زیستی نیز تأثیر معنی‌داری بر افزایش درصد اسانس گیاه *Calendula officinalis* داشت (Rahimi et al., 2020). Zolfaghari و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که درصد اسانس گیاه *Ocimum great basilicum* در استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای *G. intraradices* و *G. mosseae* به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت.

در این پژوهش، استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای V_5+NPK و همچنین استفاده از تلفیق V_5+T توانست عملکرد اسانس گیاه مرزه خوزستانی را در هر دو سال زراعی نسبت به سایر تیمارها افزایش دهد. ورمی‌کمپوست منبع غنی از عناصر ماکرو، میکرو، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد گیاه است که سبب رشد زیاد و سریع گیاهان می‌گردد (Marron, 2015)، همچنین قابلیت دسترسی به نیتروژن و فسفر را با افزایش تثبیت نیتروژن و محلول کردن فسفر افزایش می‌دهد و از آنجا که فسفر یکی از اجزاء اصلی تشکیل‌دهنده اسانس می‌باشد، بنابراین این کود می‌تواند منجر به بهبود بیشتر عملکرد اسانس نیز بشود (Keshavarz & Malekian, 2017). طبق نتایج Keshavarz و همکاران (۲۰۱۸)، تلفیق ورمی‌کمپوست با کود شیمیایی موجب افزایش عملکرد اسانس در گیاه نعنای (*M. piperita* و *M. arvensis*) شد. در ارتباط با نتایج این

Cichorium intybus تأثیر مثبت داشت. همچنین Alizadeh و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که ترکیب خاک با کود شیمیایی موجب افزایش وزن تر و خشک گیاه *Satureja hortensis* در مقایسه با تیمار شاهد شد. همچنین مقادیر مناسب کود دامی از راه بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و نیز فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی می‌شود (Razipur et al., 2016). پژوهش دیگری نشان داد که کاربرد ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در گیاه زنیان گردید (Khalero & Malekian, 2017). علاوه بر این، در آزمایشی کاربرد ۶ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک علف‌قناری نسبت به تیمار شاهد شد (Varnaseri Ghandali et al., 2016). Ostadi و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر تیمارهای تغذیه‌ای گوناگون (کود شیمیایی، قارچ مایکوریزا و ترکیب کود شیمیایی با قارچ مایکوریزا) بر گیاه نعنای *Mentha × piperita* بیان کردند که بیشترین عملکرد ماده خشک گیاه مربوط به تیمار کود شیمیایی همراه با قارچ مایکوریزا بوده است. در پژوهشی که Aswani و همکاران (۲۰۲۰) روی گیاه *Mentha arvensis* انجام دادند، نتایج نشان داد که سطوح مختلف کود زیستی حاوی باکتری حل‌کننده فسفات بر وزن تر و خشک اندام هوایی و سطح برگ معنی‌دار بوده است.

بازده و عملکرد اسانس

در این آزمایش، استفاده از قارچ GM و تیمار S_0+T به ترتیب توانستند بیشترین میزان بازده اسانس را در سال اول و دوم در مقایسه با سایر تیمارها نشان دهند. استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای، بازده اسانس را به طور معنی‌داری تغییر می‌دهد و نقش اساسی در تعیین کمیت و کیفیت اسانس ایفاء می‌کند (Pandey et al., 2015). با توجه به این نکته که در مسیر ساخت اجزای اسانس، پیش‌ماده‌هایی مانند ایزوپنتنیل

آزمایش، Sharafzadeh (۲۰۱۱) گزارش کرد که بالاترین عملکرد اسانس در گیاه *Thymus vulgaris*، مربوط به تیمار کود شیمیایی بوده است. نتایج مطالعات Ostadi و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی اثر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای (کود شیمیایی، قارچ میکوریزا و ترکیب کود شیمیایی با قارچ میکوریزا) بر گیاه *Mentha×piperita* نشان داد که کود شیمیایی بیشترین عملکرد اسانس را نسبت به سایر تیمارها دارد. مطالعات Rostaei و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که کاربرد کودهای آلی، موجب بهبود عملکرد اسانس گیاه *Anethum graveolens* شد. همچنین Fallah و همکاران (۲۰۱۸)، افزایش عملکرد اسانس گیاه *Dracocephalum moldavica* را در استفاده از کودهای آلی گزارش کردند.

در مجموع می‌توان از نتایج این آزمایش، به افزایش همه صفات مورفولوژیک مورد مطالعه با استفاده از تیمار ترکیبی کود شیمیایی همراه با کود دامی در سال اول و کود آلی (کود دامی و ورمی‌کمپوست) همراه با کود زیستی (باکتری و قارچ) در سال دوم، افزایش درصد اسانس گیاه مرزه خوزستانی در هر دو سال در استفاده از تیمارهای زیستی، تأثیر مثبت ترکیب ورمی‌کمپوست با کود شیمیایی و زیستی بر عملکرد اسانس گیاه در هر دو سال، افزایش قابل توجه غلظت NPK خاک و سرشاخه‌ها در استفاده از تیمار کود شیمیایی در ترکیب با کود آلی و غلظت گوگرد موجود در خاک و سرشاخه‌ها با استفاده از کودهای زیستی در هر دو سال زراعی اشاره کرد. به‌طور کلی می‌توان گفت که استفاده از کودهای زیستی موجب افزایش بازده اسانس و میزان عناصر تغذیه‌ای در گیاه مرزه خوزستانی می‌شود. همچنین، استفاده از ورمی‌کمپوست به همراه کودهای شیمیایی و زیستی برای افزایش عملکرد اسانس این گیاه توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت و مساعدت مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور برای اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

عناصر پرمصرف گیاه و خاک

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش (جدول ۷)، کاربرد تیمارهای تغذیه‌ای به‌طور قابل توجهی موجب افزایش عناصر خاک و سرشاخه‌های گیاه شد. بهبود کیفیت خاک در اثر کاربرد تیمارهای کودی می‌تواند به دلیل حضور کربن آلی محلول در آب باشد که به‌عنوان یک منبع انرژی برای میکروارگانیسم‌های خاک عمل می‌کند (Pandey et al., 2015). ترکیب‌های کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست می‌توانند مقدار عنصر نیتروژن را از راه فعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها، افزایش مقدار هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و افزایش ظرفیت جذب نگهداری مواد مغذی افزایش دهند. در آزمایشی مشخص شد که کود دامی، ورمی‌کمپوست و هوموس جنگلی اثرهای مثبتی روی عناصر تغذیه‌ای موجود در برگ‌های درخت سیب دارند (Kiczorowski et al., 2018). میکروارگانیسم‌ها، پیش‌ماده‌های آغازکننده رشد را تولید می‌کنند که موجب جذب بیشتر عناصر، اجزای اصلی رنگدانه‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش محتوای کلروفیل می‌شوند (Arancon et al., 2004). در مطابقت با نتایج این آزمایش، مطالعات Kahil و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که مقدار عناصر NPK در برگ‌های گیاه

- منابع مورد استفاده**
- Bajeli, J., Tripathi, S., Kumar, A., Tripathi, A. and Upadhyay, R.K., 2016. Organic manures a convincing source for quality production of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.). *Industrial Crops and Products*, 83: 603-606.
 - Blundell, R., Schmidt, J.E., Lgwe, A., Cheung, A.L., Vannette, R.L., Gaudin, A.C.M. and Casteel, C.L., 2020. Organic management promotes natural pest control through altered plant resistance to insects. *Nature Plants*, 6: 483-491.
 - Bona, E., Todeschini, V., Cantamessa, S., Cesaro, P., Copetta, A., Lingua, G., Gamalero, E., Berta, G. and Massa, N., 2018. Combined bacterial and mycorrhizal inocula improve tomato quality at reduced fertilization. *Scientia Horticulturae*, 234: 160-165.
 - Boveiri Dehsheikh, A., Mahmoodi Sourestani, M., Zolfaghari, M. and Enayatizamir, N., 2017. The effect of plant growth promoting rhizobacteria, chemical fertilizer and humic acid on morpho-physiological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* var. *thyrsiflorum*). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26: 129-142.
 - Boveiri Dehsheikh, A., Mahmoodi Sourestani, M., Zolfaghari, M. and Enayatizamir, N., 2020. Changes in soil microbial activity, essential oil quantity, and quality of Thai basil as response to biofertilizers and humic acid. *Journal of Cleaner Production*, 256: 120439.
 - Brown, J.G. and Lilleland, O., 1946. Rapid determination of potassium and sodium in plant materials and soil extracts by flame photometry. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. American Society of Horticultural Science, Alexandria, 341-346.
 - Cai, A.D., Xu, M.G., Wang, B.R., Zhang, W.J., Liang, G.P., Hou, E.Q. and Luo, Y., 2019. Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility. *Soil and Tillage Research*, 189: 168-175.
 - Chapman, H.D. and Pratt, P.F., 1961. *Method of Analysis for Soils, Plants and Waters*. University of California. Division of agricultural Sciences, 309p.
 - Cottenie, A.M., Verloo, L., Kiekens, G.V. and Camerlynch, R., 1982. *Laboratory Annual Agrochemical*. State University Ghent, Belgium, 63p.
 - Cruz, R.M.S., da Cruz, G.L.S., Dragunski, D.C., Goncalves, A.C., Alberton, O. and de Souza, S.G.H., 2019. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi alters content and composition of essential oil of Sage (*Salvia officinalis*) under different phosphorous levels. *Australian Journal of Crop Science*, 13: 1617-1624.
 - Das, S., Hussain, N., Gogoi, B., Buragohain, A.K. and Bhattacharya, S.S., 2016. Vermicompost and farmyard manure improves food quality, antioxidant and antibacterial potential of *Cajanus cajan* L.
 - Ahmadvand, H., Tavafi, M. and Khalatbary, A.R., 2012. Hepatoprotective and hypolipidemic effects of *Satureja khuzestanica* essential oil in alloxan-induced type 1 diabetic rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11: 1219-1226.
 - Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O., Tafazoli, E. and Khalighi, A., 2010. Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4: 33-40.
 - Alori, E.T., Dare, M.O. and Babalola, O.O., 2017. Microbial inoculants for soil quality and plant health: 281-307. In: Lichtfouse, E., (Ed.). *Sustainable Agriculture Reviews*. Springer, 328p.
 - Amanifar, S. and Toghranegar, Z., 2020. The efficiency of arbuscular mycorrhiza for improving tolerance of *Valeriana officinalis* L. and enhancing valerenic acid accumulation under salinity stress. *Industrial Crops and Products*, 147: 112234.
 - Anonymous, 2002. Determination of crude protein in cereals and cereal products for food and for fed. *Standard methods of the international association for cereal science and technology*. ICC Standard, 105/2, Vienna.
 - Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D., 2004. Influence of vermicompost on field strawberries: Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93: 145-153.
 - Ashnavar, M., Bahmanyar, M.A. and Akbarpour, V., 2012. Study the effect of chemical fertilizer, manure and mixture of them utilization on growth and yield of *Echinacea purpurea* L. *National Conference of Natural Products and Medicinal Plants*, Bojnord, 3-4 October: 250-255.
 - Aswani, J.S., Pushpa, T.N., Srikantprasad, D., Patil, C.P., Biradar, I.B. and Gangaraddi, V., 2020. Influence of biofertilizers and bioformulations on biomass and essential oil yield of menthol mint (*Mentha arvensis* L.). *Medicinal Plants-International Journal of Phytomedicines and Related Industries*, 12(1): 139-143.
 - Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Dehnavi, M.M. and Salehi, A., 2019. Growth and nutrient content of *Echinacea purpurea* as affected by the combination of phosphorus with arbuscular mycorrhizal fungus and *Pseudomonas* fluorescent bacterium under different irrigation regimes. *Journal of Environmental Management*, 231: 182-188.
 - Bączek, K.B., Wiśniewska, M., Przybył, J.L., Kosakowska, O. and Węglarz, Z., 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi in chamomile (*Matricaria recutita* L.) organic cultivation. *Industrial Crops and Products*, 140: 111562.

- Kahil, A.A., Hassan, F.A.S. and Ali, E.F., 2017. Influence of bio-fertilizers on growth, yield and anthocyanin content of *Hibiscus sabdariffa* L. plant under Taif region conditions. *Annual Research and Review in Biology*, 17: 1-15.
- Keshavarz, H., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Mahdipour Afra, M., 2018. Organic and chemical fertilizer affected yield and essential oil of two mint species. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 21(6): 1674-1681.
- Khaghani, S., Shakouri, M.J., Mafakheri, S. and Aslanpour, M., 2012. Effect of different chemical fertilizers on chicory (*Cichorium intybus* L.). *Indian Journal of Science and Technology*, 5(1): 1-3.
- Khalesro, Sh. and Malekian, M., 2017. Effects of vermicompost and humic acid on morphological traits, yield, essential oil content and component in organic farming of Ajwan (*Trachyspermum ammi* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 32(6): 968-980.
- Khalid, M., Hassani, D., Bilal, M., Asad, F. and Huang, D., 2017. Influence of bio-fertilizer containing beneficial fungi and rhizospheric bacteria on health promoting compounds and antioxidant activity of *Spinacia oleracea* L. *Botanical Studies*, 58(1): 1933-1935.
- Khani, S., Seyedjavadi, S.S., Zare-Zardini, H., Mahmoodzadeh Hosseini, H., Goudarzi, M., Khatami, S., Amani, J., Imani Fooladi, A.A. and Razzaghi-Abyaneh, M., 2019. Isolation and functional characterization of an antifungal hydrophilic peptide, Skh-AMP1, derived from *Satureja khuzestanica* leaves. *Phytochemistry*, 164: 136-143.
- Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K. and Novak, J., 2006. Arbuscular mycorrhiza alters the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., Lamiaceae). *Mycorrhiza*, 16: 443-446.
- Kiczorowski, P., Kopacki, M. and Kiczorowska, B., 2018. The response of Sampion trees growing on different rootstocks to applied organic mulches and mycorrhizal substrate in the orchard. *Scientia Horticulturae*, 241: 267-274.
- Kothe, E. and Turnau, K., 2018. Mycorrhizosphere communication: mycorrhizal fungi and endophytic fungus- plant interactions. *Frontiers in Microbiology*, 9: 3015.
- Kumari, B., Mallick, M.A., Solanki, M.K., Solanki, A.C., Hora, A. and Guo, W., 2019. plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): modern prospects for sustainable agriculture: 109-127. In: Ansari, R. and Mahmood, I., (Eds.). *Plant Health Under Biotic Stress (Volume 2: Microbial Interactions)*. Springer, Singapore, 260p.
- Li, Z., Schneider, R.L., Morreale, S.J., Xie, Y., Li, C. and Li, J., 2018. Woody organic amendments for retaining soil water, improving soil properties and (Millsp.) leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97: 956-966.
- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N. and Mnif, W., 2016. Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: a critical review. *Medicines*, 3: 1-16.
- Fallah, S., Rostaei, M., Lorigooini, Z. and Surki, A.A., 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. *Industrial Crops and Products*, 115: 158-165.
- Fokom, R., Adamou, S., Essono, D., Ngwasiri, D.P., Eke, P., Teugwa Mofor, C., Tchoumboungang, F., Fekam, B.F., Amvam Zollo, P.H., Nwaga, D. and Sharma, A.K., 2019. Growth, essential oil content, chemical composition and antioxidant properties of lemongrass as affected by harvest period and arbuscular mycorrhizal fungi in field conditions. *Industrial Crops and Products*, 138: 111477.
- Fox, R.L., Olson, R.A. and Rhoads, H.F., 1964. evaluating the sulfur status of soils by plant and soil tests. *Soil Science Society of America Proceedings*, 15: 243-246.
- Gu, X.B., Cai, H.J., Du, Y.D. and Li, Y.N., 2019. Effects of film mulching and nitrogen fertilization on rhizosphere soil environment, root growth and nutrient uptake of winter oilseed rape in northwest China. *Soil and Tillage Research*, 187: 194-203.
- Huang, X.L. and Zhang, J.Z., 2008. Kinetic spectrophotometric determination of submicromolar orthophosphate by molybdate reduction. *Microchemical Journal*, 89: 58-71.
- Iqbal, A., He, L., Khan, A., Wei, S., Akhtar, K., Ali, I., Ullah, S., Munsif, F., Zhao, Q. and Jiang, L., 2019. Organic manure coupled with inorganic fertilizer: an approach for the sustainable production of rice by improving soil properties and nitrogen use efficiency. *Agronomy*, 9(10): 651.
- Jahani, M., Besharati, H. and Golchin, A., 2011. Effect of iron and zinc enriched vermicompost on plant dry weight and seedling emergence of corn single cross 704. *Iranian Journal of Soil Research*, 25(1): 33-38.
- Jamzad, Z., 2011. *Thyme and Savory Iran*. Publishing Research Institute of Forests and Rangelands, 172p.
- Janmohammadi, M., Fattahi, M., Sabaghnia, N. and Nouraein, M., 2018. Effects of metal oxides and urea fertilizer on agronomic traits of safflower. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 49(3): 153-163.
- Kaeidi, A., Esmaeili-Mahani, S., Abbasnejad, M., Sheibani, V., Rasoulalian, B., Hajializadeh, Z. and Pasban-Aliabadi, H., 2013. *Satureja khuzestanica* attenuates apoptosis in hyperglycemic PC12 cells and spinal cord of diabetic rats. *Journal of Natural Medicines*, 67: 61-69.

- sativus* L.). International Journal of Plant Sciences, 11: 71-74.
- Sharafzadeh, S., 2011. Effect of nitrogen, phosphorous and potassium on growth, essential oil and total phenolic content of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.). Advances in Environmental Biology, 5(4): 699-704.
 - Singh, S.K., Singh, P.P., Gupta, A., Singh, A.K. and Keshri, J., 2019. Tolerance of heavy metal toxicity using PGPR strains of *Pseudomonas* species: 239-252. In: Singh, A.K., Kumar, A. and Singh, P.K., (Eds.). PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture. Elsevier Inc, 267p.
 - Tandon, H.L.S., 1996. Methods of Analysis of Soils, Plants, Waters and Fertilizers. Fertilizers Development and Consultation Organization., New Delhi, India, 204p.
 - Tasdighi, H., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M. and Behzadi, Y., 2015. Survey of yield, yield components and essential oil of *Matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation levels. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25: 61-78.
 - Thilagar, G., Bagyaraj, D. and Rao, M., 2016. Selected microbial consortia developed for chilly reduces application of chemical fertilizers by 50% under field conditions. Scientia Horticulturae, 198: 27-35.
 - Todeschini, V., AitLahmidi, N., Mazzucco, E., Marsano, F., Gosetti, F., Robotti, E., Bona, E., Massa, N., Bonneau, L. and Marengo, E., 2018. Impact of beneficial microorganisms on strawberry growth, fruit production, nutritional quality and volatilome. Frontiers in Plant Science, 9: 1611.
 - Varnaseri Ghandali, V., Rezvani Moghaddam, P. and Khoramdel, S., 2016. Investigation of yield and yield components of canary seed forage (*Phalaris canariensis* L.) in response to different levels of irrigation, organic and chemical fertilizers and their integration. Iranian Journal of Field Crops Research, 14(3): 526-538.
 - Wahing, I.W., Van Houba, V.J.G. and Van der lee, J.J., 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7, plant analysis procedure. Wageningen Agriculture University.
 - Zhang, S.L., Wang, R.J., Yang, X.Y., Sun, B.H. and Li, Q.H., 2016. Soil aggregation and aggregating gents as affected by long term contrasting management of an Anthrosol. Scientific Reports, 6: 39107.
 - Zolfaghari, M., Nazeri, V., Sefidkon, F. and Rejali, F., 2013. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and essential oil content and composition of *Ocimum basilicum* L. Iran. Journal of Plant Physiology, 3(2): 643-650.
 - enhancing plant growth in desertified soils of Ningxia, China. Geoderma, 310: 143-152.
 - Marron, N., 2015. Agronomic and environmental effects of land application of residues in short-rotation tree plantations: a literature review. Biomass Bioenergy, 81: 378-400.
 - Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter: 539-579: Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. The American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., 1159p.
 - Ostadi, A., Javanmard, A., Amani Machiani, M., Morshedloo, M.R., Nouraein, M., Rasouli, F. and Maggi, F., 2020. Effect of different fertilizer sources and harvesting time on the growth characteristics, nutrient uptakes, essential oil productivity and composition of *Mentha x piperita* L. Industrial Crops and Products, 148: 112290.
 - Pandey, V., Patel, A. and Patra, D.D., 2015. Amelioration of mineral nutrition productivity, antioxidant activity and aroma profile in marigold (*Tagetes minuta* L.) with organic and chemical fertilization. Industrial Crops and Products, 76: 378-385.
 - Rahimi, S., Pirzad, A.R., Tajbakhsh, M. and Jalilian, J., 2020. How do biological and chemical phosphorus change the yield (quantity and quality) of *Calendula officinalis* in water-limited condition?. Journal of Essential Oil-Bearing Plants, 23(1): 105-120.
 - Razipur, P., Golchin, A. and Daghestani, M., 2016. Effects of different levels of cow manure and inoculation with nitroxin on growth and performance of *Melissa officinalis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 32(5): 807-823.
 - Rostaei, M., Fallah, S., Lorigooini, Z. and Surki, A.A., 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*). Journal of Cleaner Production, 199: 18-26.
 - Saghafi, D., Alikhani, H.R. and Motesharezadeh, B., 2013. Effect of plant growth promoting rhizobia on improving the nutritional status of canola (*Brassica napus* L.) under salinity stress. Journal of Water and Soil Science, 23: 159-176.
 - Saikia, S.P., Dutta, S.P., Goswami, A., Bhau, B.S. and Kanjilal, P.B., 2010. Role of Azospirillum in the improvement legumes: 389-408, In: Khan, M.S., Zaidi, A. and Musarrat, J., (Eds.). Microbes for Legume Improvement. Springer, London, 412p.
 - Shani, K., Sanjay, K., Sutanu, M. and Vijay, K.P., 2016. Effect of inorganic fertilizers and bio-fertilizers on growth, yield and quality of radish (*Raphanus*

Effects of nutritional treatments on morphological characteristics and essential oil yield of *Satureja khuzistanica* Jamzad

M. Mohammadi¹, F. Sefidkon², S. Asadi-Sanam^{3*} and S. Kalatejari⁴

- 1- Ph.D. student, Department of Horticultural Sciences and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Medicinal Plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3*- Corresponding author, Medicinal Plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: asadisanam@rifr-ac.ir
4- Department of Horticultural Sciences and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: August 2020

Revised: December 2020

Accepted: January 2021

Abstract

To investigate the effects of different nutritional treatments on morphological characteristics, essential oil yield, and the amount of some elements in the soil and plant branches of *Satureja khuzistanica* Jamzad, an experiment was conducted as a randomized complete block design with three replications and 14 nutritional treatments during two growing seasons (2017-2018, 2018-2019). Treatments included 1- C (control), 2- NPK (Chemical fertilizer 50-25-25 kg.ha⁻¹), 3- CM₃₀, 4- CM₆₀ (CM: Cattle manure 30 and 60 ton.ha⁻¹), 5- CM₃₀+NPK, 6- CM₆₀+NPK, 7- V₅ (Vermicompost 50 ton.ha⁻¹), 8- V₅+NPK, 9- GM (*Glomus mosseae*), 10- GI (*Glomus intraradices*), 11- S₀+T, 12- S₂₅₀+T, 13- S₅₀₀+T (S: Sulfur 0, 250, and 500 kg.ha⁻¹, T: *Thiobacillus*), and 14- V₅+T. The analysis of variance showed the significant effect ($P \leq 0.01$) of year×fertilizer treatments on the all morphological characteristics, percentage and essential oil yield, and the amount of potassium and sulfur of plant branches. The highest plant height in the first and second years was related to the CM₃₀+NPK and CM₆₀ treatments, respectively. The highest number of branches in the first and second years was observed in the CM₃₀+NPK and GM treatments, respectively. The CM₃₀+NPK treatment had the highest shade width in both years. Also, the highest amount of dry matter of flowering branches in the first and second years was related to the CM₃₀+NPK and V₅+T treatments, respectively. According to the results, the highest essential oil percentage in the first and second years was observed in the GM and S₀+T treatments, respectively. The application of V₅+NPK and V₅+T treatments significantly increased the essential oil yield in the first and second years, respectively. The results also showed that the highest potassium content of branches in the first and second years was related to the GI and V₅+NPK treatments, respectively. Also, the highest sulfur content of branches in the first and second years was obtained in the V₅ and S₅₀₀+T treatments, respectively. In general, the present study showed that the use of biofertilizers increases the efficiency of essential oil percentage and the amount of nutrients in this plant. Also, it could be recommended to use vermicompost along with the chemical and biological fertilizers to increase the essential oil yield of *Satureja khuzistanica*.

Keywords: *Satureja khuzistanica* Jamzad, vermicompost, chemical fertilizer, essential oil yield.