

10.22092/ijmapr.2021.353696.2947

شناسه دیجیتال (DOI):

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران

20.1001.1.17350905.1402.39.1.5.0

شناسه دیجیتال (DOR):

جلد ۳۹، شماره ۱، صفحه ۸۱-۶۹ (۱۴۰۲)

اثر تراکم‌های مختلف کاشت و کودهای آلی بر ویژگی‌های عملکردی *Satureja spicigera* (K.Koch) Boiss. در شرایط دیم

برزو یوسفی^{۱*}، محمدحسین لباسچی^۲، فاطمه سفیدکن^۳ و هوشمند صفری^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، کرمانشاه، ایران، پست الکترونیک: borzooyoosefi@gmail.com; borzooyoosefi@yahoo.com

۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استاد، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۰

تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

به منظور بررسی اثر تراکم کاشت و کودهای آلی بر صفات عملکردی گونه مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera* (K.Koch) Boiss. در شرایط دیم کرمانشاه، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۶ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، انجام شد. کود (کود گاوی پوسیده، کاه غنی شده و خاک زراعی مزرعه (شاهد)) و تراکم (۲/۶۶، ۴ و ۸ بوته در مترمربع) به ترتیب عامل اصلی و فرعی بودند. برای داشتن تراکم‌های مورد نظر، گیاهان با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر روی ردیف‌ها کشت شدند. نتایج نشان داد که صفات قطر، ارتفاع، سطح تاج پوشش، وزن تر و خشک تک بوته، عملکرد تر و خشک در هکتار و عملکرد اسانس بین سال‌ها، تراکم‌ها و تیمارهای کودی مختلف، تفاوت معنی‌دار داشتند. بیشترین عملکرد تر (۳۶۳۹/۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کود گاوی پوسیده و تراکم زیاد کاشت و بیشترین عملکرد خشک (۲۱۰۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد اسانس (۷۲/۵۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاه غنی شده و تراکم کاشت زیاد بدست آمدند. نتایج نشان داد که بهترین تیمار کودی و تراکم برای گونه مرزه سنبله‌ای، کاه غنی شده با سولفات آمونیوم و تراکم کاشت ۸ بوته در مترمربع بود.

واژه‌های کلیدی: درصد اسانس، تراکم بوته، کشت دیم، کاه غنی شده، کود گاوی پوسیده، عملکرد.

مقدمه

می‌شود که این رقابت به حداقل برسد تا گیاه بتواند از عوامل رشد موجود، حداکثر استفاده را بکند (Khojahpour, 2015). تحت شرایط دیم تراکم بالا، در ابتدا باعث رشد سریع کانوبی در واحد سطح می‌شود. کانوبی از طریق تعریق، آب ذخیره موجود در خاک را تخلیه کرده و در

برای حصول عملکرد بالا، تعیین مناسب‌ترین و بهترین تراکم اهمیت زیادی در برنامه‌ریزی زراعی دارد. عملکرد تحت تأثیر رقابت بین بوته‌ای برای عوامل محیطی رشد قرار می‌گیرد. حداکثر عملکرد در واحد سطح هنگامی حاصل



کودهای آلی و زیستی به‌عنوان جایگزین طبیعی کودهای شیمیایی، نقش مثبت و غیرقابل انکاری در مدیریت پایدار خاک و در نهایت پایداری کل سیستم دارند (Kennedy *et al.*, 2004). مقدار ماده آلی خاک به‌دلیل اینکه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و فرایندهای خاک را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک محسوب می‌شود (Haynes, 2005). استفاده از کودهای طبیعی تجدیدپذیر با منشأ زیستی اهمیت زیادی در حفظ ساختمان، فعالیت بیولوژیک، ظرفیت تبادل و نگهداری آب و در نهایت اصلاح ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Sharifi Ashorabadi *et al.*, 2003).

در گیاه ریحان بنفش (*Ocimum basilicum*)، افزایش عملکرد خشک تحت تأثیر میزان متوسط کود شیمیایی و دامی در روش تلفیقی قرار گرفته است و بالاترین عملکرد خشک اندام هوایی در هکتار، در روش تغذیه تلفیقی کود دامی همراه با پتاسیم، فسفر و نیتروژن بدست آمده است (Tehrani Sharif *et al.*, 2015). تیمارهای کود آلی تأثیر معنی‌داری بر بیشتر صفات مورفولوژی و عملکردی گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) بجز ارتفاع بوته داشته‌اند، به‌طوری که بیشترین تعداد سرشاخه گلدار، وزن خشک بوته و عملکرد خشک در تیمار کاربرد ۱۰ تن کود دامی همراه با ۵ تن ورمی‌کمپوست حاصل شده است (Darzi & Haj Seyd Hadi, 2017). کاربرد بقایای کلش گندم در کشت زعفران، علاوه بر فراهمی نسبی مواد آلی و رطوبت در طول دوره رشد بر سایر عوامل زراعی مؤثر بر عملکرد این گیاه اثر مثبت داشته است (Chen *et al.*, 2007). همچنین به گزارش Rezvani Moghaddam و همکاران (۲۰۱۳) کاربرد پخش سطحی مالچ کلش گندم در بهبود شاخص‌های کمی گل زعفران مؤثر بوده است. ترکیب مناسبی از کود دامی و شیمیایی نسبت به مصرف جداگانه هر یک از آنها، باعث افزایش عملکرد و کارایی دریافت نیتروژن در محصولات خواهد شد (Francis *et al.*, 1990). امروزه مهمترین اصل برای دستیابی به حاصلخیزی خاک و تغذیه مناسب گیاهی در کشاورزی ارگانیک، استفاده از

مراحل بعدی رشد، گیاه با کم آبی مواجه می‌شود، از این رو در کشت دیم وجود تراکم مطلوب برای جذب بیشتر انرژی خورشید و استفاده بهتر از آب خاک، از اهمیت زیادی برخوردار است (Naghdi Badi *et al.*, 2004).

فواصل مختلف بین بوته‌های آویشن معمولی (*Thymus vulgaris* L.) کشت شده، باعث تأثیر بر عملکرد سرشاخه و میزان اسانس در واحد سطح شده و بیشترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی در فاصله کاشت ۱۵ سانتی‌متر بدست آمده است؛ در این تراکم، بوته‌ها دارای بالاترین ارتفاع و بیشترین نسبت ریشه به اندام هوایی بوده‌اند (Al-ramamneh, 2009). در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) بیشترین عملکرد خشک و عملکرد اسانس در واحد سطح، در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تولید شده است (Heidari *et al.*, 2008). در گیاه آویشن برگ باریک، اثر تراکم روی صفات اندازه‌گیری شده بجز محتویات اسانس در سطح ۱٪ بسیار معنی‌دار بوده است و بیشترین عملکرد ماده خشک، میزان اسانس و درصد تیمول در واحد سطح در فاصله کاشت ۱۵ سانتی‌متر بدست آمده است (Naghdi Badi *et al.*, 2004).

در بررسی تراکم مناسب در کشت آویشن، مشخص شده که فواصل بوته باعث تأثیر بر عملکرد سرشاخه و میزان اسانس در واحد سطح شده و بیشترین عملکرد در فاصله کشت ۱۵ سانتی‌متر بدست آمده است ولی درصد اسانس در سرشاخه خشک گیاه تحت تأثیر فاصله کاشت قرار نگرفته است (Shalaby & Razin, 1992).

سلامت محصولات تولید شده در سیستم‌های مختلف از نظر وجود بقایای سموم و مواد شیمیایی و تأثیر آنها بر سلامت انسان و محیط‌زیست، توجه ویژه‌ای را به روش‌های تولید و نهاده‌های بکاررفته در موضوع تولید معطوف داشته است (Wallace, 2001). یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای آلی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف کاربرد کودهای شیمیایی است، زیرا استفاده از کودهای آلی به جای کودهای شیمیایی در تأمین سلامت انسان و حفظ محیط زندگی مؤثر است (Sharma, 2002).

نهاده‌های آلی و زیستی به جای کودهای شیمیایی است (Khalessro & Malekian, 2017). کشت ارگانیک گیاهان دارویی، اثرهای منفی اسانس و عصاره این گیاهان را کاهش می‌دهد (Griffe *et al.*, 2003). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی یکی از معضلات اصلی کشاورزی امروزی است.

مرزه سنبله‌ای با نام علمی *Satureja spicigera* Boiss. (K.Koch) گیاهی است علفی با قاعده چوبی، به ارتفاع ۲۵ تا ۶۰ سانتی‌متر، با برگ‌های مترکم و علفی، به رنگ سبز روشن، پوشیده از کرک. گل‌آذین گرز، محوری، به شکل سنبله تنک، یا مترکم و انتهایی؛ چرخه‌ها کم و بیش دارای سه گل، گل‌ها با دمگل‌های نازک. کاسه گل به طول ۳ تا ۴/۵ میلی‌متر و استکانی - قیفی. جام گل به طول ۸ تا ۱۰ میلی‌متر سفید تا صورتی. پرچم و خامه از گل بیرون آمده. فندقه تقریباً کروی، پهن و سیاه براق. این گونه در شمال ایران و دامنه‌های البرز رویش دارد (Jamzad, 2012).

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی مهرگان واقع در شمال غرب شهر کرمانشاه، در کیلومتر ۲۰ جاده کرمانشاه به سنندج، متعلق به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه طی سال‌های زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۶ انجام شد. گونه مورد بررسی در این طرح، مرزه سنبله‌ای بود.

بذرهای این گیاه از بخش گیاهان دارویی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد. بذرها با هیپوکلریت سدیم ۵٪ به مدت ۲ دقیقه ضدعفونی و خشک شدند. سپس در سینی کشت و در بستر پیت‌ماس، در گلخانه و در درجه حرارت ۱۸-۲۴ درجه سانتی‌گراد کشت شد. نشاءها در اواسط اسفندماه و قبل از بارندگی مؤثر به زمین اصلی منتقل شدند. مشخصات جغرافیایی و اقلیمی محل آزمایش و نتایج آزمایش خاک تیمارها در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

در تعدادی از فارماکوپه‌ها، مرزه به‌عنوان گیاه دارویی معرفی شده است. این گیاه سرشار از روغن‌های فرار است که ماده اصلی آن کارواکرول است. کارواکرول دارای اثرهای درمانی ضدتشنج و ضد نفخ است (Omidbaigi, 2008). از این گیاه برای مصارف غذایی و تهیه نوشیدنی‌ها و تولید لوازم بهداشتی استفاده می‌شود (Faker Baher *et al.*, 2001). مرزه در طب سنتی، طبیعت گرم و خشک دارد و دارای خاصیت ضدنفخ و اشتهاآور است، برای تسکین دندان درد و درمان اسهال مفید است. ضماد آن با روغن زیتون برای انواع دردهای پیچش شکم مناسب است (Mirhydar, 2001).

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی محل آزمایش

Table 1. Geographical and climatic characteristics of experimental site

Longitude	34° 9"	Latitude	47° 9"
Altitude (m)	1270	Average annual temperature (°C)	12.39
Average rainfall (mm)	470.7	Climate type	Moderately cold

جدول ۲- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک و تیمارهای کودی آزمایشی

Table 2. Physicochemical characteristics of experimental soil and fertilizer treatments

Fertilizer treatment	Soil texture	EC (dS.m ⁻¹)	pH	Absorbable P (ppm)	Absorbable K (ppm)	O.C. (%)
Farm soil (control)	Silty-Clay	0.70	7.03	12.2	520	1.13
Enriched straw+ Farm soil	-	-	-	26.0	860	22.03
Cow manure+ Farm soil	-	-	-	1380	6800	1.75

طرح آزمایشی

نتایج

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده (Split Plot) و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه شرایط تغذیه گیاه به عنوان عامل اصلی و سه تراکم به عنوان عامل فرعی در ۳ تکرار و ۳ سال اجرا شد. تیمارهای عامل اصلی عبارت بودند از: کود گاوی پوسیده ۳۰ تن در هکتار، کاه ۱۰ تن در هکتار (فرآوری شده با کود سولفات آمونیوم) و شاهد بدون کود (خاک معمولی مزرعه). تیمارهای عامل فرعی شامل سه تراکم ۲/۶۶، ۴ و ۸ بوته در مترمربع، با فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فواصل بین بوته‌ها ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر بود. عملیات داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی و وجین دستی انجام شد. پس از اعمال تیمارهای مورد نظر، آماربرداری سالانه از کلیه واحدهای آزمایشی انجام گردید. صفات مختلف شامل ارتفاع بوته، سطح تاج پوشش، میانگین وزن تر و خشک بوته اندازه‌گیری شد، سپس عملکرد تر و خشک محاسبه شد. از نمونه‌ها با روش تقطیر با آب، با استفاده از سیستم کلونجر، به مدت ۳ ساعت اسانس‌گیری شد. درصد اسانس به روش وزنی / وزنی (W/W) از رابطه زیر محاسبه شد.

$$100 \times (\text{وزن خشک گیاه} / \text{وزن اسانس}) = \text{درصد اسانس}$$

سپس عملکرد اسانس محاسبه گردید. داده‌ها در نرم‌افزار EXCEL وارد شد و تجزیه واریانس تک متغیره، مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و آنالیز همبستگی پیرسون بین صفات توسط نرم‌افزار SPSS ver. 16 انجام شد.

برای ارتفاع بوته، بین تیمارهای کودی اختلاف در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. در بین تراکم‌های مختلف، برای این صفت اختلاف معنی‌داری دیده نشد ولی اثر متقابل سال × کودآلی × تراکم در سطح ۵٪ اثر معنی‌داری روی ارتفاع بوته داشت. سایر اثرهای متقابل اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳). برای صفت سطح تاج پوشش، در بین سال‌ها، تیمارهای مختلف کودی و تراکم‌ها، اختلاف در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل سال × تراکم در سطح ۱٪ و اثر متقابل کود آلی × تراکم در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. برای سایر اثرهای متقابل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). برای صفت وزن تر بوته، اختلاف معنی‌داری بین سال‌ها و بین تراکم‌های مختلف در سطح ۱٪ و بین تیمارهای کود آلی، در سطح ۵٪ مشاهده شد. اثر متقابل کود آلی × تراکم نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). برای صفت وزن خشک بوته، اختلاف معنی‌داری بین سال‌ها، بین تیمارهای کودی و نیز بین تراکم‌های مختلف، در سطح ۱٪ دیده شد. اثر متقابل سال × تراکم برای صفت وزن خشک تک بوته، در سطح ۵٪ معنی‌دار بود ولی سایر اثرهای متقابل معنی‌دار نبودند (جدول ۳). عملکرد تر و خشک در بین سال‌ها، سطوح مختلف کودی تراکم‌های مختلف در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار داشت. اثر متقابل سال × کود آلی، اثر متقابل سال × تراکم و اثر متقابل کود آلی × تراکم هم برای این صفت در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند. (جدول ۳). عملکرد اسانس در بین سال‌ها، کودهای آلی و تراکم‌های مختلف اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ نشان داد. اثر متقابل سال × کودآلی و اثر متقابل کودآلی × تراکم در سطح ۵٪ و اثر متقابل سال × تراکم در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی و تراکم کاشت بر صفات مورفولوژیک و عملکردی مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera*)

Table 3. ANOVA of fertilizer and plant density treatments effects on morphological and yield traits of

Satureja spicigera

S.O.V.	df	Mean squares						
		Plant height	Canopy area	Plant fresh weight	Plant dry weight	Fresh yield	Dry yield	Essential oil yield
Year (Y)	1	844.43	1385000**	27600**	7896**	66360000**	18990000**	20640**
Y× Repeat (R)	4	800.41	25550	19.48	0.49	119600	25120	32.16
Fertilizer (F)	2	278.94 *	1866000**	262.04*	606.78**	1179000**	1366000**	2419**
Y×F	2	83.64 ns	96960 ns	151.81 ns	258.14 ns	147400 ns	64044**	67.27 *
Y×F×R	8	55.75	39710	41.94	28.05	60740	48000	97.34
Density (D)	2	19.98 ns	554500 **	650.61**	378.54 **	14170000**	3349000**	3896**
Y×D	2	44.90 ns	148400**	25.14 ns	94.35 *	70780000**	1330000**	1348**
F×D	4	25.22 ns	67200*	161.10**	64.70*	908900**	2518000**	444.68*
Y×F×D	4	145.18 *	32390 ns	89.10ns	2.26 ns	217700 ns	89460 ns	154.21 ns
Experimental error	24	42.48	1.87	46.03	21.10	40.60	40.42	75.45
C.V. (%)		21.91	0.16	15.11	18.63	0.10	0.19	23.04

n.s., *, and **: non-significant, significant at 5%, and 1% probability levels, respectively.

به مقدار ۴۶/۷۹ گرم (گروه اول) و تیمار شاهد به مقدار ۴۰/۵۱ گرم در گروه دوم بدست آمد (جدول ۴). همچنین تراکم ۴ بوته در مترمربع با مقدار ۴۸/۷۳ گرم و تراکم ۲/۶۶ بوته در مترمربع با مقدار ۴۸/۰۱ گرم در گروه اول و تراکم ۸ بوته در مترمربع با مقدار ۳۷/۹۸ گرم در گروه دوم قرار گرفتند (جدول ۵). در سال دوم با میانگین ۶۷/۵۱ گرم، بیشترین مقدار وزن تر تک بوته و در سال اول با میانگین ۲۲/۳۰ گرم کمترین مقدار مشاهده شد (جدول ۳). برای صفت وزن خشک بوته، تیمارهای کودی در ۳ گروه قرار گرفتند. بیشترین وزن خشک تک بوته، در تیمار کاه غنی شده به مقدار ۳۰/۱۹ گرم (گروه اول)، سپس در تیمار کود گاوی پوسیده به مقدار ۲۵/۱۶ گرم (گروه دوم) و کمترین وزن خشک تک بوته در تیمار شاهد

در مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، تیمارهای کودی برای صفت ارتفاع بوته در ۲ گروه قرار گرفتند. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کاه غنی شده به مقدار ۳۴/۱۷ سانتی‌متر (گروه a) و کمترین آن در تیمار شاهد (گروه b) به مقدار ۲۶/۶۲ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۴). تیمار کاه غنی شده با بیشترین سطح تاج پوشش در گروه اول، تیمار کود گاوی پوسیده در گروه دوم و تیمار شاهد با کمترین تاج پوشش در گروه سوم قرار گرفتند (جدول ۴). تراکم ۲/۶۶ بوته در مترمربع با بیشترین سطح تاج پوشش در گروه اول، تراکم ۴ بوته در مترمربع در گروه دوم و تراکم ۸ بوته در مترمربع با کمترین مقدار در گروه سوم قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین وزن تر تک بوته، در تیمار کود گاوی پوسیده با مقدار ۴۷/۴۲ گرم (گروه اول)، تیمار کاه غنی شده

به مقدار ۵۳۱/۰۵ کیلوگرم کمترین عملکرد خشک و در سال دوم با میانگین عملکرد خشک ۱۷۱۶/۹۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد خشک حاصل شد (جدول ۳). برای صفت عملکرد اسانس، تیمارهای کودی در ۳ گروه قرار گرفتند. بیشترین عملکرد اسانس در تیمار کاه غنی شده با مقدار ۴۷/۴۰ کیلوگرم در هکتار (گروه اول)، در مرتبه بعدی در تیمار کود گاوی پوسیده با مقدار ۴۰/۸۳ کیلوگرم در هکتار (گروه دوم) و کمترین آن در تیمار شاهد به مقدار ۲۴/۸۶ کیلوگرم (گروه سوم) دیده شد (جدول ۴). تراکم‌های مختلف برای این صفت در ۳ گروه قرار گرفتند، تراکم ۸ بوته در مترمربع با مقدار ۸۴/۴۷ کیلوگرم در گروه اول، تراکم ۴ بوته در مترمربع با مقدار ۳۱/۶۵ کیلوگرم در گروه دوم و تراکم ۲ بوته در مترمربع با مقدار ۳۶/۹۸ کیلوگرم (کمترین مقدار) در گروه سوم قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین بین سال‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس در سال دوم به مقدار ۷۵/۲۵ کیلوگرم و کمترین آن در سال اول به مقدار ۱۸/۱۵ کیلوگرم بوده است (جدول ۳).

بررسی مقایسه میانگین برای اثر متقابل تیمارهای مختلف کودی و تراکم‌های مختلف کاشت نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کود گاوی پوسیده و تراکم کاشت زیاد به مقدار ۳۵/۵۷ سانتی‌متر، بیشترین سطح تاج‌پوشش در تیمار کاه غنی شده و تراکم کاشت کم ۱۳۵۸/۶۲ سانتی‌مترمربع، بیشترین وزن تر بوته در تیمار کاه غنی شده و تراکم کاشت کم به مقدار ۵۳/۱۴) گرم، بیشترین وزن خشک بوته در تیمار کاه غنی شده و تراکم کاشت کم به مقدار (۳۷/۷۷) گرم، بیشترین عملکرد تر در هکتار در تیمار کود گاوی پوسیده و تراکم زیاد کاشت به مقدار (۳۶۳۹/۳) کیلوگرم، بیشترین عملکرد خشک در هکتار به مقدار (۲۱۰۵) کیلوگرم در تیمار کاه غنی شده و تراکم کاشت زیاد و در نهایت بیشترین عملکرد اسانس در هکتار نیز در تیمار کاه غنی شده و تراکم کاشت زیاد به مقدار (۷۲/۵۹) کیلوگرم بدست آمد (جدول ۶).

(خاک مزرعه) با مقدار ۱۸/۶۱ گرم (گروه سوم) بدست آمد (جدول ۴). همچنین تراکم‌های مختلف برای این صفت در سه گروه قرار گرفتند. بیشترین وزن خشک تک بوته، در تراکم ۲/۶۶ بوته در مترمربع با مقدار ۲۹/۲۶ گرم (گروه اول)، در مرحله بعدی در تراکم ۴ بوته در مترمربع به مقدار ۲۴/۵۹ گرم (گروه دوم) و کمترین آن در تراکم ۸ بوته در مترمربع با مقدار ۲۰/۱۰ گرم (گروه سوم) مشاهده شد (جدول ۵). براساس جدول آنالیز واریانس بین ۲ سال مشخص شد که سال دوم با میانگین وزن خشک ۳۷/۴۱ گرم برای هر بوته دارای بیشترین مقدار و سال اول با میانگین وزن خشک ۱۱/۸۹ گرم برای هر بوته دارای کمترین مقدار بود (جدول ۳).

تیمارهای کودی برای عملکرد تر در ۲ گروه قرار گرفتند و بیشترین آن در تیمار کاه غنی شده با مقدار ۲۲۹۵/۹۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار شاهد به مقدار ۱۸۰۲/۹۷ کیلوگرم (گروه دوم) دیده شد (جدول ۴). تراکم ۸ بوته در مترمربع با مقدار ۳۰۳۸/۱ کیلوگرم بیشترین عملکرد تر و تراکم ۲ بوته در مترمربع با مقدار ۱۲۸۰/۲۵ کیلوگرم کمترین عملکرد تر را داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها برای ۲ سال، براساس جدول تجزیه واریانس، نشان داد که سال دوم با میانگین عملکرد تر به مقدار ۳۱۹۷/۹۷ کیلوگرم بیشترین مقدار عملکرد تر را داشت و سال اول با میانگین عملکرد تر ۹۸۰/۵۶ کیلوگرم در گروه دوم قرار گرفته بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد خشک در تیمار کاه غنی شده با مقدار ۱۳۹۰ کیلوگرم بدست آمد، کود گاوی پوسیده با مقدار ۱۱۴۱ کیلوگرم در هکتار در گروه دوم قرار گرفت و کمترین آن، در تیمار شاهد به مقدار ۸۴۰/۳۰ کیلوگرم (گروه سوم) دیده شد (جدول ۴). بیشترین عملکرد خشک در تراکم ۸ بوته در مترمربع با مقدار ۱۶۰۸ کیلوگرم (گروه اول) و کمترین آن در تراکم ۲ بوته در مترمربع به مقدار ۷۴۶/۱۷ کیلوگرم (گروه سوم) حاصل شد (جدول ۵). سال اول با میانگین عملکرد خشک در هکتار

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera*) تحت تأثیر تیمارهای کودی

Table 4. Means comparison of *Satureja spicigera* traits affected by fertilizer treatments

Fertilizer treatment	Plant height (cm)	Canopy area (cm ²)	Plant fresh weight (g)	Plant dry weight (g)	Fresh yield (kg.ha ⁻¹)	Dry yield (kg.ha ⁻¹)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)
Farm soil (control)	26.62b	515.60b	18.61c	18.6c	1802.97b	840.30c	24.86c
Cow manure	28.45b	922.34a	25.16b	25.16b	2295.99a	1141b	40.83b
Enriched straw	4.17a	1151.41a	30.19a	30.19a	2168.45a	1390a	47.40a

Similar letters in each column indicate the absence of significant differences between treatments (Duncan test).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera*) تحت تأثیر تیمارهای تراکم

Table 5. Means comparison of *Satureja spicigera* traits affected by plant density treatments

Density treatment (plants.m ⁻²)	Plant height (cm)	Canopy area (cm ²)	Plant fresh weight (g)	Plant dry weight (g)	Fresh yield (kg.ha ⁻¹)	Dry yield (kg.ha ⁻¹)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)
8	30.89a	696.53c	37.98b	20.10c	3038.1a	1608a	54.47a
4	29.54a	846.45b	48.73a	24.59b	1949.2b	983.8b	31.65b
2.66	28.81a	1046.37a	48.01a	29.26a	1280.25c	780.22c	26.98c

Similar letters in each column indicate the absence of significant differences between treatments (Duncan test).

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera*) تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای کودی و تراکم

Table 6. Means comparison of *Satureja spicigera* traits affected by fertilizer × plant density treatments

Fertilizer treatment	Plant height (cm)	Canopy area (cm ²)	Plant fresh weight (g)	Plant dry weight (g)	Fresh yield (kg.ha ⁻¹)	Dry yield (kg.ha ⁻¹)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)
Farm soil (F S) × High density (HD)	27.26 ab	301.81 d	28.47 c	13.90 e	2278.1 b	1112.0 c	32.02 c
F S × medium density (MD)	25.71 b	441.5 d	48.68 ab	21.80 cd	1947.0 cd	871.87 cd	25.81 cd
F S × Low density (LD)	26.90 b	801.45 c	44.39 ab	20.13 c	1183.6 e	536.76 e	16.76 d
Cow manure (CM)×HD	31.95 ab	847.67 c	45.45 ab	20.10 c	3639.35 a	1607.0 b	58.81 b
CM×MD	27.32 ab	940.32 c	50.29 a	25.50 bcd	2011.6 cd	1020.0 cd	36.04 c
CM×LD	۲۶/۰۷b	979.03 bc	46.50 ab	29.88 b	1239.99 e	796.71 d	27.63 cd
Enriched straw (ES)×HD	33.46 ab	938.10 c	39.99 b	26.31 bcd	3199.56 b	2105.1 a	72.59 a
ES×MD	35.57 a	1157.49 b	47.22 ab	26.48 bc	1888.65 d	1059.0 cd	33.09 c
ES×LD	33.48 ab	1358.62 a	53.14 a	37.77 a	1417.15 e	1007.3 cd	36.54 c

Similar letters in each column indicate the absence of significant differences between treatments (Duncan test).

ضرایب همبستگی

بوته در سطح ۱٪ ($r=0.598^{**}$) همبستگی مثبت مشاهده شد. بین صفت وزن تر بوته با وزن خشک بوته ($r=0.885^{**}$) همبستگی مثبت در سطح ۱٪ مشاهده شد. همین‌طور همبستگی مثبت بین صفات عملکرد تر با عملکرد خشک ($r=0.933^{**}$) با عملکرد اسانس ($r=0.938^{**}$) در سطح ۱٪ مشاهده شد.

همانطور که در جدول همبستگی صفات (جدول ۷) مشاهده می‌شود بین صفت ارتفاع با صفت تاج پوشش ($r=0.796^{**}$)، همبستگی مثبت در سطح ۱٪ بود. همبستگی بین صفت تاج پوشش با وزن تر بوته در سطح ۵٪ ($r=0.480^*$) مثبت بود و نیز بین تاج پوشش با وزن خشک

جدول ۷- همبستگی پیرسون صفات مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera*) تحت تأثیر تیمارهای کودی و تراکم

Table 7. Pearson correlation of *Satureja spicigera* traits affected by fertilizer and plant density treatments

Trait	Plant height	Canopy area	Plant fresh weight	Fresh yield	Plant dry weight	Dry yield	Essential oil yield
Plant height	1						
Canopy area	0.798**	1					
Plant fresh weight	0.15	0.48 *	1				
Fresh yield	0.11	0.47	-0.25	1			
Plant dry weight	0.37	0.60 **	0.86**	0.01	1		
Dry yield	0.26	0.21	0.09	0.93 **	0.25	1	
Essential oil yield	0.20	0.16	0.02	0.94**	0.17	0.96 **	1

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

بحث

نوسانات ارتفاع بوته معمولاً بارزترین مشخصه از شرایط ژنتیکی و تغییر شرایط محیطی بیشتر گیاهان است (Patel *et al.*, 1996). به عقیده Xiao و همکاران (۲۰۰۸) با افزایش تراکم بوته و محدود شدن نفوذ نور به داخل جامعه گیاهی و به دلیل انبوهی شاخ و برگ‌های سایه‌انداز، رقابت برای دریافت نور بین بوته‌ها بیشتر شده، در نتیجه با افزایش تراکم بوته ارتفاع بوته در ارقام کم می‌شود.

سطح تاج پوشش از اجزای اصلی عملکرد گیاه می‌باشد که میزان آن به عوامل مختلفی از جمله فاکتورهای محیطی، تراکم بوته و تغذیه گیاه وابسته است. بین تیمارهای کودی تفاوت خیلی معنی‌داری برای میزان تاج پوشش مشاهده شد. این نتیجه با نتایج Darzi و Haj Seyd Hadi (۲۰۱۷) مطابقت دارد که گزارش کردند کاربرد تیمارهای کود آلی تأثیر معنی‌داری بر صفات عملکردی و عملکرد خشک سرشاخه گلدار داشته است. بیشترین مقدار تاج پوشش، در

ارتفاع گیاه یکی از اجزای عملکرد می‌باشد که ممکن است باعث افزایش وزن تر بوته، وزن خشک بوته، عملکرد تر و خشک و عملکرد اسانس در واحد سطح شود. تیمارهای کود آلی روی ارتفاع بوته در سطح ۵٪ اثر معنی‌دار مثبت داشته است. در گیاه مرزه تابستانی کاربرد کود گاوی منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورفولوژیک شده است (Gholami Sharafkhanah *et al.*, 2015). تراکم‌های مختلف اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت. در حالی که Izadi و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که بیشترین ارتفاع بوته در نعنا فلفلی در تراکم ۱۶ بوته در مترمربع و کمترین ارتفاع در تراکم ۸ بوته در مترمربع حاصل شده است. از سوی Esfandiyari و همکاران (۲۰۱۱) هم نتایج مشابهی با نتایج ما در مورد کشت آویشن در شرایط دیم گزارش کرده‌اند.

عملکرد گیاه مؤثر بود (Naseri Pourizdi, 1991). کودهای آلی باعث افزایش وزن میکروبی، تنفس خاک و فعالیت آنزیمی، اسیدفسفاتاز، پروتئاز و دهیدروژناز خاک می‌شوند (Maleki Farahani *et al.*, 2014). فراهمی مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌تواند از دلایل افزایش عملکرد در تیمارهای کود گاوی پوسیده و کاه غنی شده نسبت به تیمار شاهد باشد. کاربرد تلفیقی کودهای آلی با کودهای شیمیایی ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، می‌تواند باعث افزایش دسترسی به عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه شود (Aghhavana Shajari *et al.*, 2016).

یافته‌های بسیاری از پژوهشگران مؤید این حقیقت است که استفاده از کودهای آلی و زیستی در نظام‌های مختلف کشاورزی پایدار، به‌ویژه از طریق اثرهای هم‌افزایی و تشدیدکننده‌ای که میان آنها شکل می‌گیرد، می‌تواند با ایجاد یک بستر مناسب و دسترسی مطلوب گیاه به عناصر غذایی، موجبات بهبود رشد و افزایش بیوماس گیاه را فراهم کند (Sharma, Hazarika *et al.*, 2000; Toro *et al.*, 1997) (2002).

همچنین گیاهان در تیمارهای کود آلی به دلیل توسعه بیشتر ریشه، دسترسی به رطوبت بیشتر در عمق‌های پایین‌تر خاک و دریافت مواد غذایی بیشتر، از وزن تر بیشتری برخوردار بودند. نگهداری رطوبت خاک در تیمارهای کود آلی بیشتر بوده و گیاه راحت‌تر آن را جذب می‌کند. Wallace (۲۰۰۱) عقیده دارد که تحمل گیاهانی که کود آلی دریافت کرده‌اند نسبت به تنش رطوبتی و حمله آفات و بیماری‌ها بیشتر از گیاهانی است که کود شیمیایی دریافت کرده‌اند.

کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد، موجب افزایش عملکرد خشک پیکر رویشی گیاه شده است (Tahami *et al.*, 2010). در گیاه مرزه تابستانی (*Satureja hortensis*) کاربرد کود گاوی سبب افزایش معنی‌دار صفات مورفولوژیک و عملکردی شده است (Gholami Sharafkhanah *et al.*, 2015). در تحقیقی مصرف کودهای

تراکم ۲/۶۶ بوته در مترمربع بدست آمد و کمترین آن در تراکم ۸ بوته در مترمربع مشاهده شد، در تراکم بیشتر به دلیل رقابت بیشتر برای دریافت نور و فضا و دسترسی به مواد غذایی سطح تاج پوشش گیاه کاهش یافت.

در تیمارهای کودی مختلف، وزن تر تک بوته، وزن خشک تک بوته، عملکرد تر، عملکرد خشک و عملکرد اسانس متفاوتی بدست آمد. بیشترین وزن تر و خشک تک بوته، بیشترین عملکرد تر، بیشترین عملکرد خشک و بیشترین عملکرد اسانس در تیمار کاه غنی شده بدست آمد. همانطور که پیش‌بینی می‌شد کمترین مقادیر برای وزن تر و وزن خشک تک بوته، عملکرد تر، عملکرد خشک و عملکرد اسانس در تیمار شاهد مشاهده شد. وجود مقادیر بالای عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر و درصد بالای کربن آلی در تیمارهای کاه غنی شده و کود گاوی، ممکن است عامل افزایش در صفات عملکردی و مورفولوژیک نسبت به تیمار شاهد باشد. به نظر می‌رسد فراهمی عناصری مانند فسفر، پتاسیم، آهن و سایر عناصر کم مصرف در کودهای آلی، با افزایش جذب نیتروژن و بهبود فعالیت‌های آنزیمی در افزایش رشد و در نتیجه عملکرد گیاه مرزه مؤثر باشد. عناصر موجود در خاک نقش مهمی در تعیین میزان رشد و عملکرد گیاه و بهبود کیفیت محصول تولیدی دارند. نیتروژن مهمترین عنصر حاصلخیزی خاک بوده و بخش اصلی مصرف کودهای شیمیایی خاک را تشکیل می‌دهد. فسفر، بعد از نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر برای گیاه به‌شمار می‌رود. این عنصر در تمام فرایندهای شیمیایی، سازوکارهای انتقال انرژی و انتقال پیام‌ها دخالت دارد (Ojaghlu, 2009).

پتاسیم عنصر دیگری است که وظیفه عمده آن، فعال‌سازی سیستم‌های آنزیمی مختلف می‌باشد. بنابراین، پتاسیم در چند مرحله از ساخته شدن پروتئین دخالت دارد، به همین علت گردش نیتروژن و ساخته شدن پروتئین در گیاهان بستگی به مقدار پتاسیم دارد (Besford & Maw, 1976). در بررسی اثر NPK بر رشد و عملکرد زیره سبز، مشخص شد که وجود مقادیر مناسب پتاسیم بر رشد و

می‌شود. همچنین در شرایط کشت دیم، تراکم ۸ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد و عملکرد اسانس را داشته و به‌عنوان تراکم مطلوب در کشت دیم مرزه سنبله‌ای توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از زحمات همکارانمان در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و همین‌طور در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه که صمیمانه ما را در انجام این تحقیق یاری نموده‌اند، سپاسگزاری می‌نماییم.

References

- Aghhavan Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R. and Nasiri Mahallati, M., 2016. Effects of single and combined application of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum*). Journal of Horticultural Science, 29(4): 486-500.
- Al-ramamneh, E.A.M., 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* in response to population density. Industrial Crops and Products, 30(3): 389-394.
- Besford, R.T. and Maw, G.A., 1976. Effect of potassium nutrition on some enzymes of the tomato plant. Annals of Botany, 40(3): 461-471.
- Chen, S.Y., Zhang, X.Y., Pei, D., Sun, H.Y. and Chen, S.L., 2007. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat: field experiments on the North China Plain. Annals of Applied Biology, 150(3): 261-268.
- Darzi, M.T., Atarpoor, R. and Haj Seyed Hadi, M., 2016. Effects of different manure and vermicompost rates on yield and essential oil contents of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of Field Crop Science, 46(4): 711-722.
- Darzi, M.T. and Haj Seyd Hadi, M.R., 2017. Effects of organic and bio-fertilizers on some quantitative and qualitative characters of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of

آلی و دامی باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه زیره سبز شده است (Said nejad & Rezvani Moghaddam, 2010). گزارش شده که کاربرد ورمی‌کمپوست به‌صورت جداگانه و توأم با سایر کودهای آلی و زیستی، سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه اصلی و عملکرد محصول نسبت به تیمار شاهد شده است (Moradi et al., 2010). در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) تیمارهای کود آلی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و سایر صفات عملکردی داشته‌اند (Darzi et al., 2016). همچنین کاربرد کودهای آلی در بهبود عملکرد کئی و کیفی گیاه دارویی ریحان بنفش تأثیر مثبتی داشته است (Tehrani Sharif et al., 2015).

در تراکم کم، وزن تر تک بوته و وزن خشک تک بوته دارای بیشترین مقدار بودند. به نظر می‌رسد با کاهش تراکم، فضا و منابع غذایی بیشتری در اختیار بوته قرار می‌گیرد. در شرایط کشت دیم، در تراکم‌های پایین‌تر، به‌دلیل فضای رویشی بیشتر و جذب منابع بیشتر، به‌ویژه آب و رطوبت، تک بوته‌ها از رشد بهتری برخوردار می‌شوند. چه‌بسا متوسط وزن تک بوته‌ها در شرایط تراکم کمتر، بیشتر است ولی بیشترین عملکرد تر و عملکرد خشک و عملکرد اسانس در تراکم زیاد بدست آمده، دلیل آن تفاوت بسیار معنی‌دار تعداد بوته در تراکم‌های زیاد نسبت به تراکم‌های کمتر است. گزارش شده که تراکم بر روی عملکرد آویشن تأثیر معنی‌داری داشته و حداکثر عملکرد در بالاترین تراکم حاصل شده است (Naghdi Badi et al., 2004). فواصل بوته باعث تأثیر بر عملکرد سرشاخه و میزان اسانس در واحد سطح در گیاه آویشن شده است (Shalaby & Razin, 1992). در تحقیقی بیشترین میزان وزن تر و خشک شاخ و برگ در گیاه آویشن معمولی، در تراکم زیادتر بدست آمده است (Al-ramamneh, 2009).

در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که در کشت دیم مرزه سنبله‌ای، کاربرد کودهای آلی از جمله کود گاوی پوسیده و کاه غنی شده با سولفات آمونیوم، سبب افزایش عملکرد و عملکرد اسانس در واحد سطح شده و کاربرد آنها توصیه

- Mentha piperata*. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(5): 824-836.
- Jamzad, Z., 2012. Flora of Iran, No. 76, (Lamiaceae). Research Institute of Forests and Rangelands Publication, Iran.
 - Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M.A., Kecskes, M.L., Roughley, R.J. and Hien, N.T., 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited?. Soil Biology and Biochemistry, 36(8):1229-1244.
 - Khojapour, M.R., 2015. Principles and Fundamental of Crop Production. Isfahan Industrial University Publication, 658p.
 - Khalesro, S. 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.
 - Maleki Farahani, S.A., Mazaheri, D. and Chaeichi, M.R., 2014. The effect of the combined use of chemical and organic fertilizers on soil and plant chemical properties barley cultivation under low irrigation. Journal of Agricultural Crops, 15(2): 61-74.
 - Mirhydar, H., 1993. Plant Sciences (Vol 1). Publications of Islamic Farhang Office, Tehran, Iran, 577p.
 - Moradi, R., Rezvani, M.P., Nasiri, M.M. and Lakzian, A., 2010. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Iranian Journal of Agronomy Research, 7(2): 625-635.
 - Naghdi Badi, H., Yazdani, D., Mohammadi, S., Nazari, F., 2004. Effect of spacing and harvest time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme (*Thymus vulgaris* L.). Industrial Crop and Products, 19: 231-236.
 - Naseri Pourizdi, M., 1991. Investigation of the effect of NPK on cumin growth and yield. Master Thesis in Agriculture, Faculty Agriculture, Tarbiat Modares University, 144p.
 - Ojaghlou, F., 2009. The effect of inoculation with biofertilizers (Azotobacter and fertile phosphate) on growth, yield and yield components of safflower. Medicinal and Aromatic Plants Research, 32(6): 1060-1072.
 - Esfandyari, S., Sharifi Ashoorabadi, A., Lebaschy, M.H., Karimi, R., safari, H., Shoshtari, M.R., Alivaisi, N. and Mirza, M., 2011. Investigation of adaptation and yield of some *Thymus* species at dryland of Kermanshah province. Iranian Institute of Forests and Rangelands Publications, 121p.
 - Faker Baher, Z., Rezaei, M.B. and Abbasizadeh, B., 2001. Research on quality and quantity changes of essential oil of *Satureja hortensis* L. under water stress in field. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 11: 37-51.
 - Francis, C.A., Flora, C.B. and King, L.D., 1990. Sustainable Agriculture in Temperate Zones. John Wiley and Sons, New York, U.S.A., 487p.
 - Griffe, P., Metha, S. and Shankar, D., 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. Food and Agriculture Organization, 2: 52-63.
 - Gholami Sharafkhanah, A., Jahan, M., Banaian aval, M., Kochaki, A. and Rezvani-Moghaddam, P., 2015. Effect of organic, biologic and chemical fertilizer on Agroecology and essential oil yield in *Saturja hortensis* L. in mashahad conditions. Journal of Agroecology, 7(2): 179-189.
 - Haynes, R.J., 2005. Labile organic matter fraction as central components of the quality of agricultural soils. Advances in Agronomy, 85: 221-268.
 - Hazarika, D.K., Taluk Dar, N.C., Phookan, A.K., Saikia, U.N., Das, B.C. and Deka, P.C., 2000. Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on nursery establishment and growth of tea seedlings in Assam. Symposium no. 12, Assam Agricultural University, Jorhat- Assam, India, 7-12 December: 379.
 - Heidari, F., Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A., Aliari, H. and Dadpoor, M.R., 2008. The effects of application microelements and plant density on yield and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24(1): 1-9.
 - Izadi, Z., Ahmadvand, G., Asna-ashari, M. and Piri, K.H., 2010. Effect of nitrogen and density on the some growth traits and essential oil content of

- (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Crop Science, 168(4): 243-248.
- Sharma, A.K., 2002. A Handbook of Organic Farming. Publication Agro bios, India, 627p.
 - Tahami, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P. and Jahan, M., 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology, 2(1): 63-74.
 - Tehrani Sharif, H., Sharifi Ashoorabadi, E., Tajali, A.A. and Makizadeh Tafti, M., 2015. Effect of plant nutrition systems on qualitative and quantitative yield of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31(2): 283-306.
 - Toro, M., Azcon, R. and Barea, J.M., 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability and nutrient cycling. Applied and Environmental Microbiology, 63(11): 4408-4412.
 - Wallace, J., 2001. Organic Field Crops Handbook. Canadian Organic Growers, Ottawa, Ontario, 292p.
 - Xiao, X., Xu, X. and Yang, F., 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cathayana* populations. Silva Fennica, 42: 705-719.
 - Master Thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Tabriz, 132p
 - Omidbaigi, R., 2008. Production and processing of medicinal plants (Vol. 3). Astan Quds Razavi Publications. Mashhad, Iran, 397p.
 - Patel, B.S., Sadaria, S.G. and Patel, J.C., 1996. Influence of irrigation, nitrogen and phosphorus on yield, nutrient uptake and water use efficiency of blond pssllium (*plantago ovate*). Indian Journal of Agronomy 41: 136-139.
 - Rezvani Moghaddam, P., Koochehi A., Molafilabi, A. and Mohammad Seyyedi, S., 2013. The effects of different levels of applied wheat straw in different dates on saffron (*Crocus sativus* L.) daughter corms and flower initiation criteria in the second year. Saffron Agronomy & Technology, 1(1): 55-70.
 - Said nejad, A. and Rezvani Moghaddam, P., 2010. Evaluation of organic fertilizer on biomass and seed yield in *Coriandrum sativum*. Journal of Horticultural Science, 24(2): 142-148.
 - Sharifi Ashoorabadi, E., Matin, A. and Lebaschy, M.H., 2003. Investigate of physiological growth indices in fennel (*Foeniculum vulgaris* Mill.) in different methods of soil fertilization. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 19(2): 157-182.
 - Shalaby, A.S. and Razin, A.M., 1992. Dense cultivation and fertilization for higher yield of thyme

Effects of different planting densities and organic fertilizers on yield characteristics of *Satureja spicigera* (K.Koch) Boiss. under rainfed conditions

B. Yousefi^{1*}, M.H. Lebaschy², F. Sefidkon² and H. Safari³

1*- Corresponding author, Ph.D. student of Plant Physiology, Research and Education Center of Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran, E-mail: borzooyoosefi@gmail.com; borzooyoosefi@yahoo.com

2- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Ph.D. of plant breeding, Research and Education Center of Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran

Received: February 2021

Revised: June 2021

Accepted: June 2021

Abstract

To investigate the effects of planting density and organic fertilizers on the yield traits of *Satureja spicigera* (K.Koch) Boiss. under the Kermanshah rainfed conditions, an experiment was conducted as a split-plot based on complete randomized block design (CRBD) with three replications in Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research Center in 2016-2020 crop years. The main factor and sub-factor were fertilizer (rotten cow manure, enriched straw, and field soil (control)) and plant density (2.66, 4, and 8 plants.m⁻²), respectively. To have the desired densities, plants were grown with a distance of 50 cm between the rows and 25, 50, and 75 cm on the rows. The results showed that the traits including diameter, height, canopy area, fresh and dry weight of plant, fresh and dry yield per hectare, and essential oil yield per hectare were significantly different between the years, plant densities, and fertilizer treatments. The highest fresh yield (3639.3 kg.ha⁻¹) was obtained in the rotten cow manure+ high plant density treatment and the highest dry yield (2105 kg.ha⁻¹) and essential oil yield (72.59 kg.ha⁻¹) in the enriched straw+ high plant density one. The results showed that the best fertilizer and plant density treatment for *S. spicigera* was straw enriched with ammonium sulfate and 8 plants.m⁻².

Keywords: Essential oil percentage, plant density, dryland cultivation, enriched straw, rotten cow manure, yield.