



Investigating the effects of different planting bed on vegetative characteristics and essential oil components changes over the years of growth in *Satureja mutica* Fisch. & C.A. Mey. under rainfed condition

Babak Bahreininejad^{1*}, Fatemeh Sefidkon², Mohammad Hossein Lebaschi² and Zahra Jaberalansar³

1*- Corresponding author, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran, E-mail: b.bahreininejad@areeo.ac.ir

2- Medicinal Plants and By-products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

Received: July 2021

Revised: August 2021

Accepted: August 2021

Abstract

Background and objectives: Awareness of changes in medicinal plant yield quantity and quality over time is one of the most important goals in agricultural management. *Satureja mutica* is one of the valuable medicinal species growing in Iran. This study was conducted to evaluate the effects of different planting beds on changes in vegetative characteristics and essential oil components over the years of growth in *S. mutica* under rainfed conditions.

Methodology: The experiment was conducted in the form of split plots in a randomized complete block design for three years (2018-2020) in the rainy conditions of Feridounshahr city, Isfahan province. Planting beds as the main plot included cow manure (30 tons per hectare), wheat straw (10 tons per hectare), and control (without cow manure and wheat straw). After the preparation of the field, the seedlings were planted at the bottom of the wells created at a distance of 50 x 50 cm from each other. During the growing season and at the time of 50% flowering, the studied traits including total plant dry weight, leaf and stem dry weight, plant height, crown diameter per plant, canopy area per plant, and in each square meter of land and the number of stems per plant were measured. For essential oil extraction, the flowering branches of the plants were harvested at the full flowering stage. After drying in the shade, the essential oil was extracted by the water distillation method. After determining the yield of essential oils based on the dry weight of the plant, the essential oils were analyzed and identified by gas chromatography, and gas chromatography was connected to a mass spectrometer in the phytochemistry laboratory of the Research Institute of Forests and Rangelands. Considering that the plant is several years old and measurements are carried out every year on fixed plots, the design analysis was done on divided plots at the time of implementation. The SAS computer program was used to perform statistical calculations, and the LSD test was applied to compare the means. For essential oil extraction, the flowering branch of the plant was harvested at the full flowering stage. After drying in the shade, the essential oil was extracted by the water distillation method. After determining the yield of essential oils based on the dry weight of the



plant, the essential oils were analyzed and identified by gas chromatography, and gas chromatography was connected to a mass spectrometer in the phytochemistry laboratory of the Research Institute of Forests and Pastures. The SAS computer program was used to perform statistical calculations, and the LSD test was used to compare the means.

Results: The variance analysis of the data showed that the effects of bed, year, and their interaction effects on the measured traits were significant in many cases. Results showed that the highest values of plant height, crown diameter, canopy area, and number of stems per plant in the first year were seen in manure treatment. In the last year, they were in control. The highest rates of total dry weight, leaf dry weight, essential oil yield, and essential oil percentage were observed in control in the last year. These rates were 1427, 891, 42 kg ha⁻¹, and 4.67%, respectively. The main essential oil components are thymol, carvacrol, p-cymene, and gamma-terpinene. These essential oil components are affected by the planting bed and the growth year. So in the case of p-cymene, the highest amount obtained in the first year was in the straw treatment. The highest amounts of gamma-terpinene were observed in all three planting bed treatments in the last year of growth. *S. mutica* had significant amounts of thymol, and the trend of changes among planting bed treatments and during growing years was very small. The highest amounts of carvacrol were observed in straw treatment and animal manure in the second year of growth. The results of the correlation coefficients showed that the most vital traits affecting essential oil yield were total dry weight, leaf and stem, and essential oil percentage. Thymol and p-cymene were inversely correlated with carvacrol and gamma-terpinene.

Conclusion: On the whole, to produce *S. mutica* under rainfed conditions similar to this study, manure or straw could affect yield and essential oil over the first and second years; however, in the third year, this effect diminished, and control treatment was superior to straw and manure treatments.

Keywords: Medicinal plants, savory, wheat straw, cow manure.

بررسی تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر تغییرات ویژگی‌های رویشی، اسانس و ترکیبات آن در طول سال‌های رشد در مرزه موتیکا (*Satureja mutica* Fisch. & C.A. Mey.) در شرایط دیم

بابک بحرینی نژاد^{۱*}، فاطمه سفیدکن^۲، محمدحسین لباسچی^۳ و زهرا جابراالانصار^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، پست الکترونیک: b.bahreininejad@areeo.ac.ir

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

۳- دانشیار، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- کارشناس، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۰

تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۰

چکیده

سابقه و هدف: آگاهی از تغییرات کمی و کیفی گیاهان دارویی در طول زمان یکی از مهمترین اهداف مدیریت کشاورزی است. گیاه مرزه موتیکا با نام علمی *Satureja mutica* Fisch. & C.A. Mey. یکی از گونه‌های دارویی ارزشمند است که به صورت خودرو در ایران رویش دارد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر تغییرات ویژگی‌های رویشی، عملکرد، اسانس و ترکیبات آن در طول سال‌های مختلف رویش در گونه مرزه موتیکا در شرایط دیم اجرا شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به مدت سه سال (۱۳۹۹-۱۳۹۷) در شرایط دیم شهرستان فریدونشهر-استان اصفهان انجام شد. بستر کاشت به‌عنوان پلات اصلی شامل کود گاوی (۳۰ تن در هکتار)، کاه گندم (۱۰ تن در هکتار) و شاهد (بدون کود گاوی و کاه گندم) بود. کشت نشاء پس از آماده‌سازی مزرعه در کف جوی‌های ایجاد شده به فاصله ۵۰×۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر انجام شد. در طول فصل رشد و در زمان ۵۰٪ گلدهی صفات مورد بررسی شامل وزن خشک کل گیاه، وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع گیاه، قطر بوته، مساحت تاج‌پوشش برای هر بوته و تاج‌پوشش در هر مترمربع زمین و تعداد ساقه در هر بوته اندازه‌گیری شد. برای اسانس‌گیری، سرشاخه گلدار گیاهان در مرحله گلدهی کامل برداشت شد و پس از خشک شدن در سایه به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری گردید. پس از تعیین بازده اسانس براساس وزن خشک گیاه، اسانس‌ها به‌وسیله کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی در آزمایشگاه فیتوشیمی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تجزیه و شناسایی گردید. برای انجام محاسبات آماری از برنامه رایانه‌ای SAS و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای بستر، سال و اثرهای متقابل آنها بر روی صفات اندازه‌گیری شده در بسیاری از موارد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیشترین مقادیر ارتفاع گیاه، قطر بوته، تاج‌پوشش و تعداد ساقه در هر بوته در سال نخست در تیمار کود حیوانی و در سال پایانی در تیمار شاهد دیده شد. بیشترین مقادیر وزن خشک کل و برگ، عملکرد اسانس و بازده اسانس به ترتیب با ۱۴۲۷، ۸۹۱ و ۴۲ کیلوگرم در هکتار و ۴/۶۷٪ در سال سوم در تیمار بستر شاهد مشاهده شد. مهمترین ترکیبات شناسایی شده تیمول، کارواکرول، پارا-سیمن و گاما-تریپن بودند. مقادیر هریک از این ترکیبات تحت تأثیر اثرهای بستر و سال رویش قرار گرفت. به طوری که در مورد پارا-سیمن بیشترین مقدار بدست آمده در سال اول در تیمار کاه بود. بیشترین مقادیر گاما-تریپن در هر سه تیمار بستر کشت در سال آخر رویش مشاهده شد. مرزه موتیکا دارای مقادیر قابل توجهی تیمول بود و روند تغییرات در بین

تیمارهای بستر و در طول سال‌های رویش بسیار اندک بود. بیشترین مقادیر کارواکرول در تیمار کاه و کود حیوانی در سال دوم رویش بود. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که مهمترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد اسانس شامل وزن خشک کل، برگ و ساقه و بازده اسانس بودند. از سوی دیگر، تغییرات تیمول با پارا-سیمن و کارواکرول با گاما-تریپنین با یکدیگر نسبت معکوس داشتند. نتیجه‌گیری: در مجموع، برای تولید مرزه موتیکا در شرایط دیم و مشابه با این پژوهش اگرچه بکارگیری کودهای دامی و کاه بر تولید عملکرد محصول و اسانس آن طی سال‌های اول و دوم تأثیرگذار بودند اما در سال سوم این اثرگذاری کاهش یافت و تیمار شاهد نسبت به تیمارهای کاه و کود برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، مرزه (*Satureja*)، کاه، کود حیوانی.

مقدمه

مطالعه گونه‌های ارزشمند دارویی به منظور توسعه کشت و تأمین نیاز صنایع دارویی از جمله اهداف مراکز علمی و تحقیقاتی بوده است. بسیاری از گونه‌های دارویی در ایران خودرو بوده و سال‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفتند. این گونه‌ها در عرصه‌های طبیعی سازگاری دارند و در شرایطی با بارندگی مختصر رشد می‌کنند، این امکان وجود دارد که با کشت اصولی آنها در شرایط مناسب و به صورت دیم نیازهای داخلی را تأمین و یا حتی اقدام به صادرات کرد. کشت و اهلی کردن این گونه‌ها می‌تواند به عنوان راهکاری برای جلوگیری از انقراض آنها باشد (Alimardan et al., 2015).

مرزه جنگلی (*S. mutica* Fisch. & C.A. Mey.) گیاهی بوته‌ای با قاعده نسبتاً چوبی به ارتفاع ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر است. این گونه در نواحی ایرانی تورانی و در شمال ایران، تالش، مازندران و خراسان و بیشتر در دامنه‌های صخره‌ای سنگی در ارتفاع ۸۰۰ تا ۱۶۵۰ متر می‌روید (Jamzad, 2012).

تاکنون بر روی کشت مرزه در شرایط دیم فعالیت‌هایی در سطح محدود انجام شده است که از این میان می‌توان به Tabaei-Aghdaei و همکاران (۲۰۱۷) اشاره کرد. آنان در شرایط دیم، در مقایسه دو گونه *Satureja mutica* و *S. isophylla* اظهار داشتند که گونه موتیکا علاوه بر برتری رویشی نسبت به گونه دیگر می‌تواند به عنوان یک گونه مناسب برای کشت دیم استفاده شود. همچنین تأثیر تیمارهای کودی بر بازده و عملکرد و ترکیب‌های اسانس

S. mutica اثر معنی دار داشته است (Yousefi et al., 2022).

در رابطه با بکارگیری مواد آلی در بستر کشت، Naiji و Souri (۲۰۱۶) در بررسی خود بر روی اثرهای کودهای شیمیایی آلی و بیولوژیک نشان دادند که کودها می‌توانند باعث افزایش مقادیر صفات مورفولوژیک مانند ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد برگ و قطر ساقه در گیاه مرزه تابستانه شوند. Rahimi و Babakhanzadeh Sajirani (۲۰۲۱) و Alizadeh و همکاران (۲۰۱۰) با تحقیق بر روی گونه مرزه تابستانه (*S. hortensis*) و Bakhtiari و همکاران (۲۰۲۰) بر روی گونه *Satureja macrantha* به تأثیر مثبت کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد اندام هوایی اشاره کردند. Bastami و همکاران (۲۰۲۱) به تأثیر مثبت کود گاوی بر وزن خشک دو گونه مرزه خوزستانی (*S. khuzistanica*) و مرزه رشینگری (*S. rechingeri*) اشاره نمودند. Akrami nejad و همکاران (۲۰۱۶) نقش افزایشی کود گاوی بر رشد و عملکرد مرزه تابستانه را بیشتر از کود مرغی و حتی کود شیمیایی بیان کردند. در طب سنتی، از مرزه به عنوان افزایش دهنده فشار خون، کاهنده سرفه، ضد نفخ، هضم کننده غذا، نیروزا، مقوی معده، ضد میکروب و باکتری، ضد آلرژی و آگزما، دردهای سیاتیک و دردهای روماتیسمی استفاده می‌شود (Mirheidar, 1993). در پژوهشی در استان یزد پارا-سیمن، گاما-تریپنین، تیمول و کارواکرول به عنوان مهمترین ترکیبات در گونه‌های مختلف مرزه معرفی شدند (Zarezadeh et al., 2016). در سایر مطالعات بر روی گونه موتیکا، مهمترین

۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ به ترتیب ۳۳۵، ۷۸۴ و ۶۱۲ میلی متر بوده است.

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی عبارت بود از: بستر کاشت شامل بستر کود (کود گاوی پوسیده در حدود ۳۰ تن در هکتار درون شیاریهایی تا عمق ۲۰ سانتی متر اختلاط داده شد)، کاه (کاه گندم معادل ۱۰ تن در هکتار، فرآوری شده با کود سولفات آمونیوم به میزان ۲ کیلوگرم برای هر ۱۰۰ کیلو کاه که پس از حل کردن در ۲۰ لیتر آب و قبل از مخلوط با خاک بر روی کاه به طور یکنواخت پاشیده شد و درون شیاریهایی تا عمق ۲۰ سانتی متر اختلاط داده شد) و شاهد (بدون کود و کاه) بود. بذر مورد استفاده از مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد. مراحل تهیه نشاء و آماده‌سازی مزرعه در اواخر سال ۱۳۹۶ انجام شد. کاشت نشاءها در مزرعه در اوایل فروردین ۱۳۹۷ زمانی که خاک مرطوب بود و قبل از شروع بارندگی بهار در کف جوی‌های ایجاد شده به فاصله ۵۰×۵۰ سانتی متر از یکدیگر انجام گردید. عملیات کنترل علف‌های هرز به طور دستی و به کمک کارگر انجام شد. در طول اجرای طرح هیچ‌گونه آفت یا بیماری بر روی بوته‌ها مشاهده نگردید، از این رو از هیچ‌گونه آفت‌کشی در طول اجرای آزمایش استفاده نشد. در طول فصل رشد و در زمان ۵۰٪ گلدهی برای هر گونه مزرعه به طور جداگانه اندازه‌گیری صفات مورد بررسی شامل وزن خشک کل گیاه، وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع گیاه (ارتفاع از سطح خاک تا بالاترین نقطه گیاه)، قطر بوته (متوسط قطر بزرگ و کوچک هر بوته)، مساحت تاج پوشش برای هر بوته و تاج پوشش در هر مترمربع زمین و تعداد ساقه در هر بوته بود. برای اسانس‌گیری، سرشاخه گلدار گیاهان در مرحله گلدهی کامل برداشت شد و پس از خشک شدن در سایه به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری شد. پس از تعیین بازده اسانس بر اساس وزن خشک گیاه،

ترکیبات مرزه در شرایط دیم تیمول، کارواکرول، پارا-سیمن و گاما-تریپنین بیان شدند (Saki et al., 2019; Sefidkon & Jamzad, 2004). تیمول و کارواکرول از جمله منوترین‌هایی هستند که دارای اثرهای ضد میکروبی، ضد التهاب، مسکن و ضد ویروسی می‌باشند، همچنین پارا-سیمن و گاما-تریپنین دارای اثرهای آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد اسپاسم و ضد تورم می‌باشد (Basua & Banik, 2020; Guo et al., 2020; Tohidi et al., 2021; al., 2021). بررسی و مطالعه بر روی روند تغییرات اسانس و ترکیبات آن در طول سال‌های مختلف کمتر انجام شده است و بیشتر به دو سال رویش ختم می‌شود (Seif Zarezadeh, Saki et al., 2019; Sahandi et al., 2019; et al., 2016). این مطالعه با هدف بررسی تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر تغییرات ویژگی‌های رویشی، عملکرد، اسانس و ترکیبات آن در طول سه سال متوالی رویش در گونه مرزه موتیکا در شرایط دیم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر بستر کشت بر تغییرات ویژگی‌های رویشی، عملکرد، اسانس و ترکیبات آن در طول سال‌های مختلف رویش در گونه مرزه موتیکا (*Satureja mutica*) در شرایط دیم، آزمایشی از سال ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ به مدت ۳ سال در شهرستان فریدونشهر از توابع استان اصفهان با موقعیت جغرافیایی ۲۹°، ۵۶'، ۳۲° عرض شمالی و ۳۱°، ۰۶'، ۵۰° طول شرقی در شرایط دیم اجرا شد. اقلیم منطقه براساس روش پابو نیمه استپی و به روش گوسن استپی نیمه سرد است. میانگین بلندمدت بارش سالانه ۲۷۰ میلی متر (از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۹)، روزهای یخبندان سالانه ۱۱۰ روز، میانگین حداکثر درجه حرارت ۱۶/۱۴ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداقل درجه حرارت ۴/۸۷ درجه سانتی‌گراد، درجه حرارت متوسط سالیانه ۱۰/۵۰ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مطلق دما ۲۹/۸ و حداقل مطلق دما ۸/۱- درجه سانتی‌گراد و ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۲۴۹۱ متر بود. بارندگی سالانه از سال

در تیمار شاهد بدست آمد و بین تیمارهای بستر به لحاظ میزان کارواکرول تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴).

اثر سال

در رابطه با اثر سال بر روی صفات مورفولوژیک و عملکرد، برتری سال سوم یعنی زمانی که گیاه بیشترین سن را داشت نسبت به سالهای اول و دوم رویش کاملاً مشهود بود (جدول ۵).

در ارتباط با اثر سال بر روی بازده و عملکرد اسانس، بیشترین مقادیر در سال آخر اندازه گیری اتفاق افتاد. در مورد ترکیب پارا-سیمن سال آغاز رویش، گاما-ترینین سال آخر رویش و تیمول و کارواکرول سال دوم رویش دارای بیشترین مقادیر بودند (جدول ۶).

اثر متقابل بستر × سال بر صفات مورفولوژیک و عملکردی در بررسی اثر متقابل بستر × سال بر روی ارتفاع گیاه، می توان به خوبی مشاهده کرد که در سال اول رویش ارتفاع بوته در تیمار کود حیوانی به طور چشمگیری نسبت به دو بستر شاهد و کاه بیشتر بود، در حالی که در سال دوم رویش ارتفاع گیاه در تیمار کود حیوانی نسبت به دو تیمار دیگر کمتر بود. در سال آخر اندازه گیری بیشترین ارتفاع گیاه متعلق به تیمار شاهد بود، اگرچه تفاوت معنی داری با تیمار کاه نشان نداد (شکل ۱).

تغییرات مشاهده شده در ارتباط با صفات قطر بوته، تاج پوشش در بوته و در واحد سطح شبیه یکدیگر بود، به طوری که در سال اول رویش بیشترین مقادیر در تیمار کود حیوانی رخ داد که این موضوع شبیه تغییرات بوجود آمده در مورد ارتفاع بوته بود؛ اما در سالهای دوم و سوم تیمار شاهد بیشترین مقادیر را نسبت به دو تیمار دیگر به خود اختصاص داد، به طوری که این تفاوت در سال سوم رویش بسیار چشمگیر بود (شکل ۱).

اسانس ها به وسیله کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی در آزمایشگاه فیتوشیمی مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور مورد تجزیه و شناسایی قرار گرفت.

با توجه به چند ساله بودن گیاه و اجرای اندازه گیری ها در هر سال بر روی کرت های ثابت، آنالیز طرح به صورت کرت های خرد شده در زمان اجرا گردید (Yazdi Samadi *et al.*, 2013). برای انجام محاسبات آماری از برنامه رایانه ای SAS و برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثرهای بستر و سال و اثرهای متقابل آنها بر روی صفات اندازه گیری شده در بسیاری از موارد معنی دار بود (جدول های ۱ و ۲). اگرچه اثرهای متقابل تیمارهای آزمایشی معنی دار شدند اما برای بررسی روند تغییرات کلی صفات در سطوح مختلف هر تیمار به بیان مختصری از نقش اثرهای اصلی پرداخته می شود، همچنین در مواردی که اثر تیمار معنی دار نشده نیز میانگین ها برای نمایش روند تغییرات نشان داده شده است.

اثر بستر

با توجه به جدول ۳ می توان به خوبی مشاهده کرد که به طور متوسط بیشتر صفات رویشی و عملکردی دارای بیشترین مقادیر در بسترهای شاهد و کود حیوانی بوده اند و کمترین مقادیر از تیمار کاه بدست آمده است. از سوی دیگر، در جدول ۴ می توان مشاهده کرد که بیشترین مقادیر بازده و عملکرد اسانس همچنان در تیمار شاهد بدست آمده است. در مورد ترکیبات موجود در اسانس مشاهده شد که بیشترین مقادیر پارا-سیمن و گاما-ترینین در تیمار کاه و بیشترین میزان تیمول

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر بستر کشت و سال بر صفات رویشی مرزه موتیکا

Table 1. ANOVA of planting bed and year effects on *Satureja mutica* vegetative traits

S.O.V.	d.f.	M.S.							
		Plant height	Canopy area per plant	Canopy area per m ²	Number of stems	Crown diameter	Aerial parts dry weight	Leaf dry weight	Stem dry weight
Replication (R)	2	211.00**	199971.70*	3197244.00*	78.81**	130.81**	17293.15*	7233.48**	1748.11*
Planting bed (P)	2	16.33 ^{ns}	190568.26*	3049212.11*	58.04**	125.06**	42663.59**	10352.48**	5485.78*
R × P	4	29.33	77336.54	1237589.94	8.09	43.09	1062.70	72.09	576.72
Year (Y)	2	1381.00**	859264.93**	13747344.78**	361.92**	603.95**	3045417.93**	1189071.26**	421672.33**
P × Y	4	198.67**	207298.09**	3315919.06**	36.04**	157.06**	31469.65**	30324.37**	2243.11 ^{ns}
Experimental error	12	24.28	35583.54	567732.35	4.61	12.94	1978.35	1764.83	1667.41
C.V. (%)		15.72	14.45	15.39	8.11	15.17	7.01	7.43	13.02

^{ns}, *, and **: non-significant, significant at 1, and 5% probability levels, respectively.

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر بستر کشت و سال بر کمیت و کیفیت اسانس مرزه موتیکا

Table 2. ANOVA of planting bed and year effects on quantity and quality of *Satureja mutica* essential oil

S.O.V.	d.f.	M.S.					
		Essential oil percentage	Essential oil yield	<i>p</i> -cymene percentage	<i>γ</i> -terpinene percentage	Thymol percentage	Carvacrol percentage
Replication (R)	2	0.22 ^{ns}	34.96*	13.89*	29.71*	61.75**	17.12*
Planting bed (P)	2	0.35*	64.55**	21.02*	3.96*	36.15*	1.21 ^{ns}
R × P	4	0.06	4.49	4.61	4.18	4.59	1.82
Year (Y)	2	20.98**	2844.31**	100.65**	203.49**	65.66*	385.87**
P × Y	4	0.61*	42.67*	22.11*	18.28*	77.22*	29.43*
Experimental error	12	0.17	10.03	3.12	7.02	6.33	5.98
C.V. (%)		14.96	11.75	15.89	14.54	9.22	12.45

^{ns}, *, and **: non-significant, significant at 1, and 5% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر بستر کشت بر صفات رویشی مرزه موتیکا

Table 3. Means comparison of planting bed effects on *Satureja mutica* vegetative traits

Planting bed	Plant height (cm)	Canopy area (cm ² .plant ⁻¹)	Canopy area (cm ² .m ⁻²)	Crown diameter (cm)	Number of stems	Aerial parts dry weight (kg.ha ⁻¹)	Leaf dry weight (kg.ha ⁻¹)	Stem dry weight (kg.ha ⁻¹)
Straw	29.89 ^a	383.55 ^b	1534.22 ^b	19.72 ^b	10.56 ^b	600.67 ^c	404.55 ^b	218.33 ^b
Cow manure	31.55 ^a	496.67 ^{ab}	1987.33 ^{ab}	24.28 ^{ab}	10.22 ^b	662.11 ^b	425.44 ^b	236.78 ^b
Control	32.55 ^a	672.33 ^a	2689.44 ^a	27.11 ^a	14.78 ^a	738.11 ^a	470.89 ^a	267.22 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر بستر کشت بر کمیت و کیفیت اسانس مرزه موتیکا

Table 4. Means comparison of planting bed effects on quantity and quality of *Satureja mutica* essential oil

Planting bed	Essential oil (%)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	<i>p</i> -cymene (%)	γ -terpinene (%)	Thymol (%)	Carvacrol (%)
Straw	3.02 ^{ab}	15.41 ^b	11.07 ^a	16.72 ^a	39.49 ^b	22.62 ^a
Cow manure	2.81 ^b	14.93 ^b	10.54 ^a	15.44 ^b	40.99 ^b	23.26 ^a
Control	3.20 ^a	19.79 ^a	8.20 ^b	15.76 ^b	43.46 ^a	22.62 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر سال بر صفات رویشی مرزه موتیکا

Table 5. Means comparison of year effects on *Satureja mutica* vegetative traits

Year	Plant height (cm)	Canopy area (cm ² .plant ⁻¹)	Canopy area (cm ² .m ⁻²)	Crown diameter (cm)	Number of stems	Aerial parts dry weight (kg.ha ⁻¹)	Leaf dry weight (kg.ha ⁻¹)	Stem dry weight (kg.ha ⁻¹)
2018	19.67 ^c	221.33 ^c	885.8 ^c	15.17 ^c	4.67 ^c	143.33 ^c	97.11 ^c	46.33 ^c
2019	30.00 ^b	493.33 ^b	1973.30 ^b	24.44 ^b	14.22 ^b	564.44 ^b	384.67 ^b	202.00 ^b
2020	44.33 ^a	837.89 ^a	3351.90 ^a	31.50 ^a	16.67 ^a	1293.11 ^a	819.11 ^a	474.00 ^a

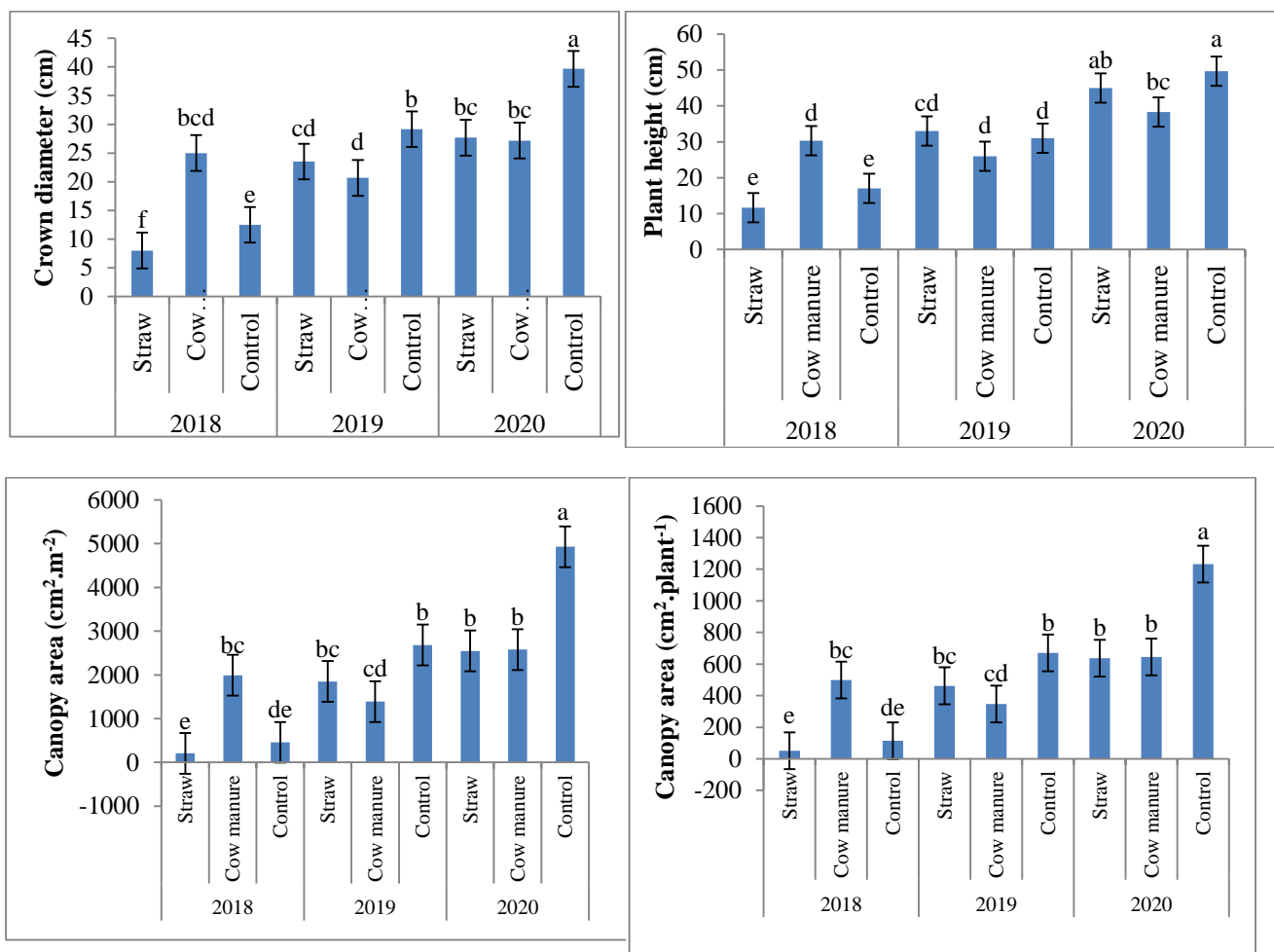
In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

جدول ۶- مقایسه میانگین تأثیر سال بر کمیت و کیفیت اسانس مرزه موتیکا

Table 6. Means comparison of year effects on quantity and quality of *Satureja mutica* essential oil

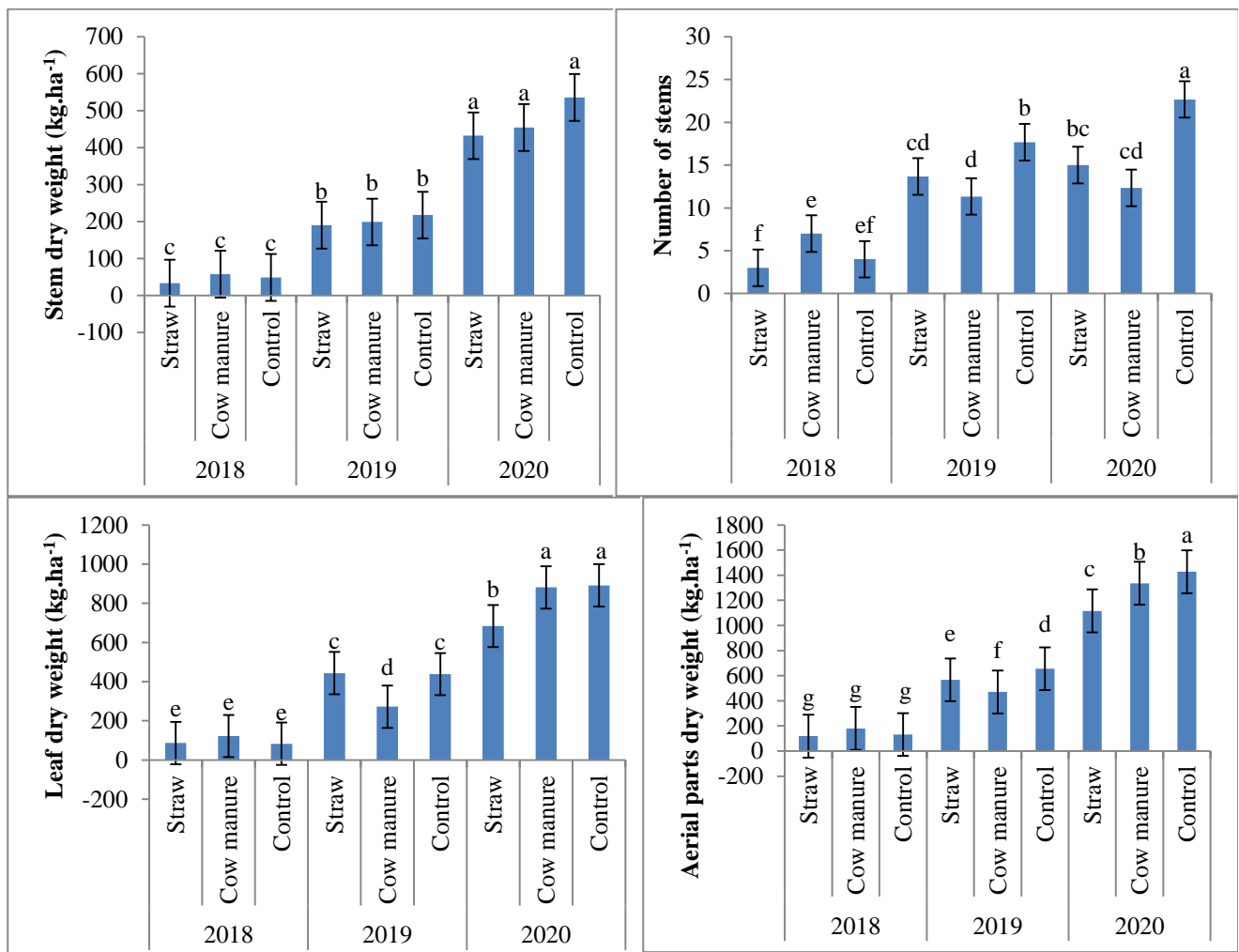
Year	Essential oil (%)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	<i>p</i> -cymene (%)	γ -terpinene (%)	Thymol (%)	Carvacrol (%)
2018	1.39 ^c	1.39 ^c	13.34 ^a	14.03 ^b	38.51 ^b	23.78 ^b
2019	3.23 ^b	12.53 ^b	6.66 ^c	12.50 ^b	43.90 ^a	28.85 ^a
2020	4.42 ^a	36.20 ^a	9.81 ^b	21.39 ^a	41.55 ^{ab}	15.86 ^c

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل بستر کشت × سال بر صفات رویشی مرزه موتیکا

Figure 1. Means comparison of planting bed × year interaction on *Satureja mutica* vegetative traits



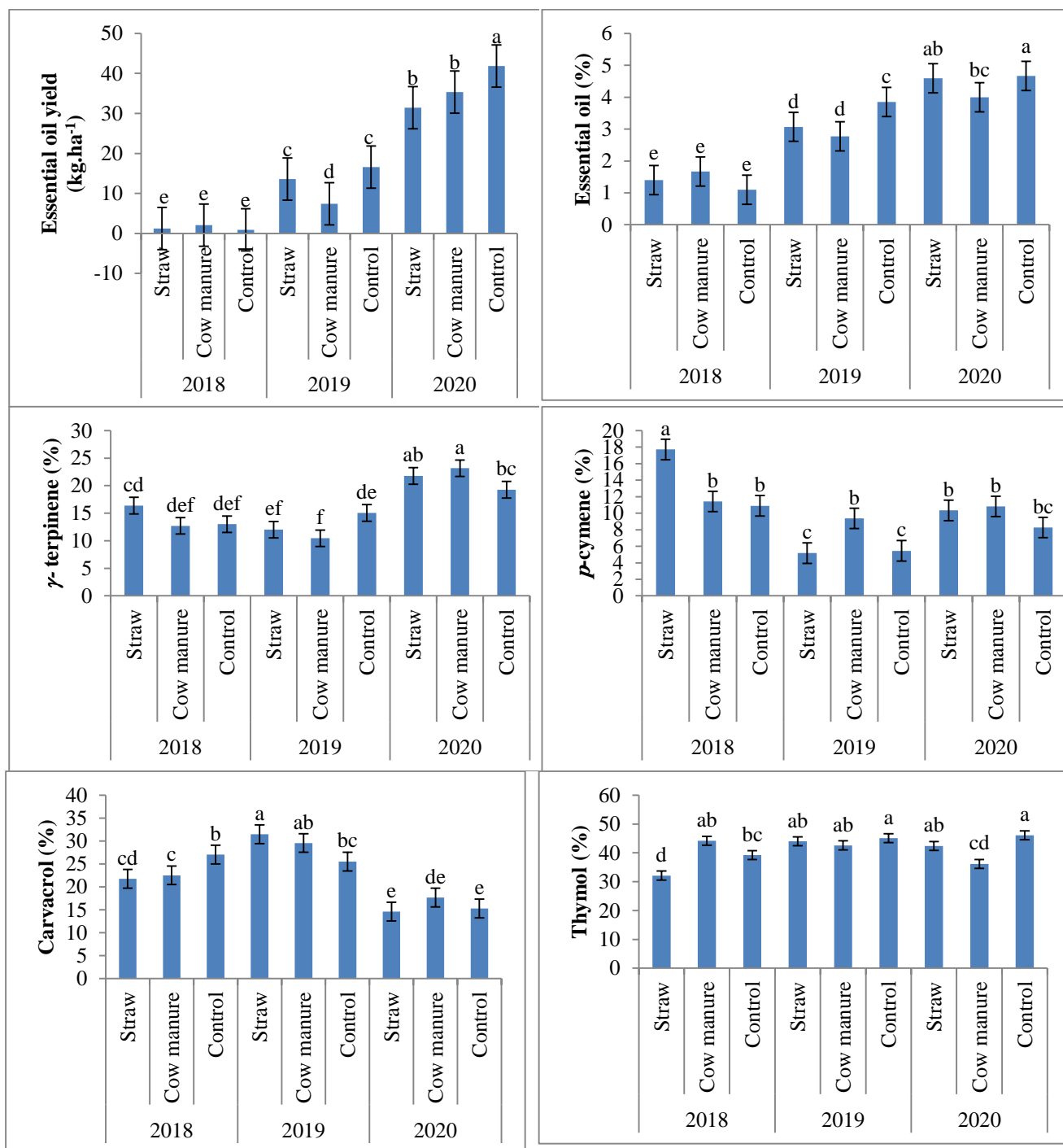
ادامه شکل ۱ - ...

Continued Figure 1. ...

Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

روند تغییرات مشابهی بودند، به طوری که اگرچه در سال اول رویش تفاوت معنی داری میان تیمارهای بستر قابل مشاهده نبود اما مقادیر بدست آمده در کود حیوانی بیشتر از دو بستر دیگر بود. در سال دوم رویش مقدار عملکردهای بدست آمده در تیمار کود حیوانی نسبت به دو تیمار دیگر کمتر بود و در سال سوم رویش برتری تیمار شاهد نسبت به دو تیمار دیگر در وزن خشک کل مشهود بود. اگرچه در رابطه با وزن خشک برگ تفاوت معنی داری میان دو تیمار شاهد و کود حیوانی مشاهده نشد (شکل ۱).

نتایج بدست آمده در رابطه با تعداد ساقه به خوبی نشان می دهند که اگرچه در سال اول رویش بیشترین مقادیر در تیمار کود حیوانی بدست آمد اما در سال های دوم و سوم کمترین مقادیر را نسبت به دو بستر دیگر به خود اختصاص داد. در این صفت نیز مانند دیگر صفات مورفولوژیک بیشترین مقدار بدست آمده در سال سوم متعلق به تیمار شاهد بود (شکل ۱). در ارتباط با صفات عملکردی وزن خشک کل و وزن خشک برگ به خوبی می توان مشاهده کرد که هر دو دارای



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل بستر کشت × سال بر کمیت و کیفیت اسانس مرزه موتیکا

Figure 2. Means comparison of planting bed × year interaction on quantity and quality of *Satureja mutica* essential oil

Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

اثر متقابل بستر × سال اسانس و ترکیبات آن

نتایج بدست آمده از اثر متقابل بستر × سال بر روی بازده اسانس نشان داد که در سال اول رویش علیرغم عدم وجود تفاوت معنی دار میان بسترهای مختلف کشت، بیشترین میزان بازده اسانس در تیمار کود حیوانی مشاهده شد. در سال دوم رویش بیشترین بازده اسانس در تیمار شاهد بدست آمد که با دو تیمار دیگر تفاوت معنی داری را نشان داد. در سال سوم همچنان بیشترین بازده اسانس در تیمار شاهد بدست آمد که با تیمار کاه تفاوت معنی داری را نشان نمی داد (شکل ۲).

نتایج بدست آمده از اثر متقابل بستر × سال بر روی مهمترین صفت مورد ارزیابی یعنی عملکرد اسانس نشان داد که در سال اول رویش تفاوت معنی دار قابل ملاحظه ای میان بسترهای مختلف کشت مشاهده نشد. اگرچه از نظر مقدار عددی تیمار کود حیوانی نسبت به دو تیمار دیگر عملکرد اسانس بیشتری را نشان داد. در سال دوم رویش بیشترین عملکرد اسانس در تیمارهای شاهد و کاه بدست آمد که با تیمار کود حیوانی تفاوت معنی داری را نشان دادند. در سال سوم بیشترین عملکرد اسانس در تیمار شاهد بدست آمد که با سایر تیمارهای بستر تفاوت معنی داری را نشان داد (شکل ۲).

نتایج بدست آمده از اثر متقابل بستر × سال بر روی درصد مهمترین ترکیبات اسانس دارای پیچیدگی های زیادی بود، به طوری که در مورد پارا-سیمن بیشترین مقدار بدست آمده در سال اول در تیمار کاه بود، در حالی که همین تیمار در سال دوم کمترین مقدار را نشان داد. تیمار کود حیوانی در تمامی سالها دارای مقدار متوسطی از پارا-سیمن بود و کمتر تحت تأثیر اثر سال رویش قرار گرفت.

در رابطه با گاما-تریپنین بیشترین مقادیر در سال اول در تیمار کاه مشاهده شد. در سال دوم رویش در دو بستر کاه و

کود حیوانی با کمی کاهش روبرو شد و در سال سوم رو به تزاید گذاشت، در حالی که در مورد بستر شاهد در هر سه سال مقادیر گاما-تریپنین رو به فزونی داشت. در مجموع، بیشترین مقادیر در هر سه تیمار بستر کشت در سال آخر رویش مشاهده شد.

در ارتباط با تیمول، به طور کلی مرزه موتیکا دارای مقادیر قابل توجهی در اسانس خود بود که روند تغییرات در بین تیمارهای بستر و در طول سالهای رویش بسیار اندک بود و گیاه از یک ثبات نسبی در تولید تیمول برخوردار بود. در رابطه با کارواکرول روند تغییرات در طول زمان بیانگر افزایش آن در سال دوم و کاهش شدید آن در سال سوم بود. بیشترین مقادیر کارواکرول در تیمار کاه و کود حیوانی در سال دوم رویش بود.

همبستگی صفات

در رابطه با ضرایب همبستگی مرتبط با عملکرد اسانس به عنوان مهمترین صفت اندازه گیری شده، می توان مشاهده کرد که بیشترین صفات تأثیرگذار بر آن صفات وزن خشک کل، برگ و ساقه و بازده اسانس بوده است. در رابطه با ترکیبات، همانگونه که ذکر شد تیمول و پارا-سیمن از یک سو و کارواکرول و گاما-تریپنین از سوی دیگر بیشترین همبستگی منفی را با یکدیگر داشتند. از صفات رویشی تعداد ساقه بیشترین همبستگی با تیمول و پارا-سیمن را داشت و وزن خشک ساقه بیشترین همبستگی را با کارواکرول و گاما-تریپنین نشان داد. وزن خشک برگ به عنوان دیگر صفت اقتصادی و مهم گیاه دارای بیشترین همبستگی با وزن خشک کل گیاه بود. به طور کلی ضرایب همبستگی صفات رویشی گیاه با یکدیگر از مقادیر بالایی برخوردار بود که در این گیاه نشان دهنده همسو بودن تغییرات این صفات با یکدیگر بود (جدول ۷).

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات رویشی و عملکرد در گونه مرزه موتیکا

Table 7. Correlation coefficients between vegetative traits and yield in *Satureja mutica*

Row	Traites	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Plant height	1													
2	Crown diameter	0.99**	1												
3	Canopy area per plant	0.98**	0.98**	1											
4	Canopy area per m ²	0.98**	0.98**	1	1										
5	Number of stems	0.89**	0.98**	0.95**	0.95**	1									
6	Aerial parts dry weight	0.93**	0.89**	0.90**	0.90**	0.81**	1								
7	Leaf dry weight	0.93**	0.89**	0.89**	0.89**	0.81**	0.99**	1							
8	Stem dry weight	0.94**	0.89**	0.90**	0.90**	0.82**	0.99**	0.98**	1						
9	Essential oil percentage	0.94**	0.93**	0.90**	0.90**	0.91**	0.93**	0.92**	0.93**	1					
10	Essential oil yield	0.94**	0.89**	0.91**	0.91**	0.81**	0.99**	0.99**	0.99**	0.92**	1				
11	<i>p</i> -cymene percentage	-0.54 ^{ns}	-0.65*	-0.54 ^{ns}	-0.54 ^{ns}	-0.70*	-0.35 ^{ns}	-0.39 ^{ns}	-0.34 ^{ns}	-0.53 ^{ns}	-0.33 ^{ns}	1			
12	γ -terpinene percentage	0.60*	0.48 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.77*	0.76*	0.75*	0.63*	0.79*	0.18 ^{ns}	1		
13	Thymol percentage	0.54 ^{ns}	0.62*	0.53 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.69*	0.26 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.44 ^{ns}	0.26 ^{ns}	-0.81**	-0.26 ^{ns}	1	
14	Carvacrol percentage	-0.57 ^{ns}	-0.43 ^{ns}	-0.52 ^{ns}	-0.52 ^{ns}	-0.33 ^{ns}	-0.66*	-0.62*	-0.67*	-0.53 ^{ns}	-0.70*	-0.31 ^{ns}	-0.89**	0.11 ^{ns}	1

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

بحث

بیشتر بودن مقادیر صفات مورفولوژیک و عملکرد در سال اول آزمایش در تیمار کود حیوانی را شاید بتوان به نقش افزاینده کود دامی در ظرفیت نگهداری آب در خاک نسبت داد. با توجه به داده‌های هواشناسی ده‌ساله (۲۰۱۹-۲۰۰۸)، وقوع شرایط خشکی در محل اجرای طرح در منطقه فریدونشهر از اوایل اردیبهشت‌ماه شروع می‌شود و این امکان وجود دارد که کودهای دامی موجود در خاک بتوانند از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک باعث طولانی‌تر شدن رطوبت قابل دسترس در محل ریشه گیاه شوند. از سوی دیگر، می‌توان این مسئله را به وجود مواد غذایی در کود حیوانی و تحریک رشد توسط عناصر غذایی موجود در این کود نسبت داد. Saki و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه بر روی اثرهای همزمان کود گاوی و کاه بر روی مرزه موتیکا طی دو سال در شرایط دیم نشان دادند که اگرچه بین تیمارهای بستر تفاوت معنی‌داری در سال اول آزمایش مشاهده نشد اما در سال دوم کود گاوی باعث تولید بیشترین مقادیر وزن تر و خشک اندام هوایی شد، با این حال تفاوت معنی‌داری میان دو بستر کاه و شاهد مشاهده نکردند. Mirjalili و همکاران (۲۰۲۰) در ارزیابی صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه مرزه بختیاری *S. bachtiarica* در شرایط دیم نشان دادند که در طول دو سال اندازه‌گیری بیشترین مقادیر به ترتیب در تیمار گود گاوی، شاهد و تیمار کاه بدست آمد.

در مورد کمتر بودن مقادیر عددی صفات رویشی و عملکردی در بستر کاه در سال اول آزمایش شاید بتوان دلیل آن را به وجود مواد آلیلوپاتیک در کاه و تأثیر منفی آن بر رشد گونه‌های مرزه نسبت داد. از آنجا که در شرایط دیم معمولاً محیط برای پوسیدگی بقایا ضعیف است (در شرایط دیم اغلب میزان رطوبت در خاک کم بوده و متوسط دمای منطقه کم می‌باشد) میزان پوسیدگی بقایا کمتر بوده و کاه در این مدت زمان پوسیدگی کافی نداشته و قادر نبوده موجبات بهبود ساختمان خاک را فراهم نماید و از سوی دیگر احتمالاً از طریق نشت مواد آلیلوپاتیک تاحدی باعث کاهش رشد گیاه در

مقایسه با تیمار بستر شاهد شده باشد. البته، این موضوع لزوم تحقیقات بیشتر در این زمینه را می‌طلبد. در این رابطه Dorđević و همکاران (۲۰۱۸) وجود مواد فنولیک و فلاونوئیدها را در ایجاد اثرهای آلیلوپاتیک کلش گندم بر سایر گیاهان خاطر نشان کردند.

در بررسی اثر متقابل سال و بستر و در مورد بیشتر بودن مقادیر اغلب صفات مورفولوژیک و عملکردی در سال سوم در تیمار شاهد نسبت به دو تیمار دیگر، شاید بتوان گفت که در تیمارهای کود حیوانی و کاه بدلیل آنکه این تیمارها در سال اول با افزایش میزان ماده آلی در عمق سطحی خاک باعث افزایش ذخیره آب در خاک سطحی شدند، بنابراین ریشه‌های گیاه تمایل کمتری به گسترش در عمق داشته و این موضوع باعث کاهش میزان نفوذ ریشه گیاه به اعماق خاک شد، در نهایت از این طریق حوزه دستیابی گیاه به منابع آبی عمقی کاهش پیدا کرد، در حالی که در تیمار شاهد ریشه گیاه برای دستیابی به رطوبت‌های عمقی بیشتر حرکت کرده و از این طریق باعث افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش در سال سوم آزمایش شده است. در همین رابطه، Mu و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای بر روی تأثیر تیمارهای مختلف عمق اختلاط کاه گندم با خاک بر روی ویژگی‌های خاک نشان دادند که هرچه میزان تراکم کلش گندم در سطح خاک بیشتر باشد مقدار رطوبت خاک نیز در سطح بیشتر خواهد شد. از سوی دیگر، Liu و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی تیمارهای مختلف عمق اختلاط کاه با خاک بر روی دو گیاه گندم و ذرت نشان دادند که با افزایش تراکم کلش در خاک میزان مقاومت در برابر نفوذ ریشه کاهش یافته و ریشه گسترش بهتری در عمق اختلاط خواهد داشت. این دو مطالعه می‌توانند فرضیه ذکر شده را در این مطالعه در مورد گسترش سطحی‌تر ریشه‌های مرزه در خاک بدلیل اختلاط سطحی کود حیوانی و کاه با خاک تأیید کنند، اگرچه برای اثبات آن نیاز به مطالعات تکمیلی است. Hasanvandi و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی سه گونه مرزه موتیکا، خوزستانی و رشینگری مشاهده کردند که بیشترین مقادیر عملکرد ماده خشک در گونه موتیکا بود، به طوری که

که دارای بازده اسانس بیشتر ولی وزن خشک برگ کمتری بود
برابری کند.

در مورد تغییرات ترکیبات اسانس در بسترهای مختلف
کاشت می‌توان چنین بیان کرد که ترکیبات مورد بررسی کمتر
تحت تأثیر نوع بستر کاشت قرار گرفتند و اثر چشمگیرتر بود.
در رابطه با اثر سن گیاه مشاهده شد که بیشترین مقدار پارا-
سیمن در سال اول رویش و بیشترین مقدار گاما-تریپنین در
سال آخر رویش بدست آمد. در رابطه با تیمول و به‌ویژه
کارواکول به‌طور متوسط بیشترین مقادیر در سال دوم رویش
بدست آمد. آنچه که قابل ملاحظه بود روند معکوس تغییرات
تیمول با پارا-سیمن و کارواکول با گاما-تریپنین بود که این
موضوع به‌ویژه در آنالیز همبستگی نتایج مورد تأیید قرار
گرفت، به‌طوری که در مورد تیمول و پارا-سیمن ضریب
تغییرات ۰/۸۱- و در مورد کارواکول و گاما-تریپنین ۰/۸۹-
بود. در این رابطه گزارش شده که پاراسیمین به تیمول یا
کارواکول تبدیل می‌شود و شرایط محیطی روی سرعت هر
یک از این تبدیل‌ها مؤثر می‌باشد و میزان تبدیل می‌تواند با
توجه به شرایط محیطی به نفع تیمول و یا کارواکول تمام شود
(Letchamo & Gosselin, 1995; Osmond et al., 1997;
Aziz et al., 2008). Saki و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیق بر
روی اثرهای کود گاوی و کاه بر روی مرزه *S. mutica* طی دو
سال در شرایط دیم نشان دادند که بیشترین میزان کارواکول در
شرایط کود گاوی بدست آمد. Ghaderi و همکاران (۲۰۲۰)
در مطالعه خود نشان دادند که کود بیولوژیک تیوباسیلوس
همراه با کود شیمیایی باعث افزایش دو ترکیب کارواکول و
گاما-تریپنین در گیاه مرزه تابستانه شد. Rostaei و همکاران
(۲۰۱۸) نشان دادند که کاربرد کود دامی می‌تواند باعث افزایش
پارا-سیمن در گیاه شوید گردد.

ضرایب همبستگی به‌خوبی بیانگر نقش ارزشمند صفت وزن
خشک کل در راستای افزایش دو صفت اقتصادی وزن خشک
برگ و عملکرد اسانس بود، از این رو تلاش در جهت افزایش
وزن خشک کل از طریق به‌زراعی و به‌نژادی موجب افزایش
ارزش اقتصادی گیاه مرزه موتیکا خواهد شد.

آنها گونه موتیکا را به‌عنوان گونه‌ای پرتولید و اقتصادی در
شرایط کشت آبی معرفی کردند.

افزایش عملکرد گیاه تحت تأثیر افزایش سن گیاه را
می‌توان به افزایش میزان رشد ریشه در خاک و دستیابی به
منابع بیشتر آبی و عناصر غذایی نسبت داد. Saki و همکاران
(۲۰۱۹) در تحقیق بر روی مرزه موتیکا در آب‌سرد دماوند در
تراکم‌های مختلف کاشت طی دو سال در شرایط دیم نشان
دادند که بیشترین مقادیر عملکرد اندام هوایی در سال دوم
آزمایش بدست آمد.

در مورد تغییرات مشاهده شده در بازده اسانس در سال اول
رویش، نقش عناصر غذایی موجود در کود حیوانی را در تولید
اسانس بیشتر می‌توان به‌عنوان یکی از دلایل بیشتر بودن آن در
تیمار کود حیوانی بیان کرد. در ارتباط با بیشتر بودن بازده
اسانس در سال‌های دوم و سوم رویش احتمالاً بتوان دلیل آن
را دسترسی بیشتر ریشه‌های گیاه به بخش بیشتری از خاک و
تأمین عناصر غذایی بیشتر برای گیاه بیان کرد. Fallah و
همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که کاربرد کود گاوی باعث
افزایش بازده اسانس در گیاه بادرشبو می‌شود. Tasdighi و
همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه بر روی بابونه آلمانی نشان دادند
کود ورمی کمپوست می‌تواند باعث افزایش بازده اسانس در این
گیاه شود.

در ارتباط با تغییرات مشاهده شده در عملکرد اسانس آنچه
که اهمیت دارد حاصل‌ضرب وزن خشک برگ بدست آمده در
هر تیمار در بازده اسانس آن می‌باشد. رشد تصاعدی عملکرد
اسانس با افزایش سن آن را می‌توان مرهون نقش افزایشی
همزمان وزن خشک برگ و بازده اسانس دانست. در سال اول
رویش کود حیوانی باعث افزایش همزمان وزن خشک گیاه و
بازده اسانس شده بود. در ارتباط با بیشتر بودن عملکرد اسانس
در سال دوم و به‌ویژه در سال سوم رویش می‌توان مشاهده کرد
که تیمار شاهد در هر دو صفت بازده اسانس و وزن خشک
برگ بیشتر از بقیه بود، بنابراین عملکرد اسانس نیز در آن بیشتر
شد اما در مورد تیمار کود حیوانی اگرچه بازده اسانس کمتر بود
ولی به‌دلیل بیشتر بودن وزن خشک برگ توانست با تیمار کاه

- Aziz, E., Hendawy, S., El-Din, A.A.E. and Omer, E., 2008. Effect of soil type and irrigation intervals on plant growth, essential oil yield and constituents of *Thymus vulgaris* plant. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 4: 443-450.
- Bakhtiari, M., Mozafari, H., Karimzadeh Asl, Kh., Sani, B. and Mirza, M., 2020. Plant growth, physiological, and biochemical responses of medic savory [*Satureja macrantha* (Makino) Kudô] to bio-organic and inorganic fertilizers. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 1: 9-17.
- Bastami, A., Amirnia, R., Sayyed, R.Z. and El Enshasy, H.A., 2021. The effect of mycorrhizal fungi and organic fertilizers on quantitative and qualitative traits of two important *Satureja* species. *Agronomy*, 11(1285): 1-13.
- Basua, Sh. and Banik, B.K., 2020. Natural spices in medicinal chemistry: Properties and benefits. 739-758, In: Banik, B.K., (Ed.). *Green Approaches in Medicinal Chemistry for Sustainable Drug Design*. Elsevier, 1021p.
- Dorđević, T., Sarić-Krsmanović, M. and Gajić Umiljendić, J., 2018. Phenolic Compounds and Allelopathic Potential of Fermented and Unfermented Wheat and Corn Straw Extracts. *Chemistry & Biodiversity*, 16(2): 1-13.
- Fallah, S., Rostaei, M., Lorigooini, Z. and Abbasi Surki, A., 2018. Chemical compositions of essential oil and antioxidant activity of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in sole crop and dragonheadsoybean (*Glycine max*) intercropping system under organic manure and chemical fertilizers. *Industrial crops & products*, 115: 158-165.
- Ghaderi, A., Noee, A., Ahmadi, Kh. and Saborifard, H., 2020. Evaluation the effects of *Thiobacillus* biological and chemical fertilizers on morphological and phytochemical characteristics of *Satureja hortensis* L. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal plants*, 8(2): 13-29.
- Guo, Y., Baschieri, A., Amorati, R. and Valgimigli, L., 2021. Synergic antioxidant activity of γ -terpinene with phenols and polyphenols enabled by hydroperoxyl radicals. *Food Chemistry*, 345: 246-263.
- Hasanvandi, F., Jafari, A.A. and Ahmadi, Sh., 2018. Study of dry matter yield and essential oil percent in three species of *Satureja* (*S. rechingeri*, *S. khuzistanica* and *S. mutica*) in khorramabad climatic conditions. *Yafteh*, 19(5): 1-8.

با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان چنین بیان کرد که کود حیوانی به‌ویژه در سال اول توانست باعث افزایش عملکرد بارزی در مرزه موتیکا گردد که این موضوع می‌تواند حکایت از نقش افزایش‌دهنده کود دامی در ظرفیت نگهداری آب در خاک از یک سو و نقش احتمالی آن در تأمین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک باشد. استفاده از کاه اگرچه ممکن است در سال اول باعث کاهش عملکرد مرزه شود اما در سال دوم می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود. از این رو توصیه می‌شود که در صورت استفاده از کاه، کشت مرزه در زمانی انجام شود که کاه کاملاً پوسیده شده باشد. در مجموع، برای تولید مرزه موتیکا در شرایط دیم و مشابه با این پژوهش اگرچه بکارگیری کودهای دامی و کاه بر تولید عملکرد محصول و اسانس آن طی سال‌های اول و دوم تأثیرگذار بودند اما در سال سوم این اثرگذاری کاهش یافت و تیمار شاهد نسبت به تیمارهای کاه و کود برتری داشت.

References

- Akrami nejad, O., Saffari, M. and Abdolshahi, R., 2016. Effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil of two ecotypes of savory (*Satureja hortensis* L.) under normal and drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4): 675-686.
- Alagawany, M., Farag, M.R., Abdelnour, S.A. and Elnesr, S.S., 2021. A review on the beneficial effect of thymol on health and production of fish. *Reviews in Aquaculture*, 13: 632-641.
- Alimardan, E., Salehi Shanjani, P., Jafari, A.A. and Tabaei Aghdaei, S.R., 2015. Evaluation of yield and morphological traits in Iranian populations of Yarrow (*Achillea millefolium* L. and *A. bieberestini* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(4): 661-675.
- Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O.R., 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(1): 33-40.

- with Cattle Manure and Wheat Straw in Different Plant Densities. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(21): 2683-2693.
- Sefidkon, F. and Jamzad, Z., 2004. Chemical composition of the essential oil of three Iranian *Satureja* species (*S. mutica*, *S. macrantha* and *S. intermedia*). *Food Chemistry*, 91: 1-4.
 - Seif Sahandi, M., Naghdibadi, H.A., Mehrafarin, A., Khalighi Sigaroodi, F. and Sharifi, M., 2019. Changes in Essential Oil Content and Composition of Peppermint (*Mentha piperita* L.) in Responses to Nitrogen Application. *Journal of Medicinal Plants*, 18(72): 81-97.
 - Tabaei-Aghdaei, S.R., Mahdi Navesi, F., Lebaschi, M.H., Najafi-Ashtiani, A., Sefidkon, F. and Jafari, A.A., 2017. Evaluation of genetic variation of performance in *Satureja mutica* and *S. isophylla* under dry farming in Damavand. *Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 25(1): 72-81.
 - Tasdighi, H.R., Salehi, A., Movahhede 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(3): 61-78.
 - Tohidi, B., Rahimmalek, M., Arzani, A. and Sabzalian, M.R., 2020. Thymol, carvacrol, and antioxidant accumulation in *Thymus* species in response to different light spectra emitted by light-emitting diodes. *Food Chemistry*, 307: 121-136.
 - Yazdi Samadi, B., Rezaei, A.M. and Valyzadeh, M., 2013. *Statistical Designs in Agricultural Research*. Tehran University Publications, 764p.
 - Yousefi, B., Sefidkon, F., Mirza, M. and Lebaschi, M.H., 2022. Effects of different planting densities and feeding with organic fertilizers on percentage, yield, and essential oil chemical composition in *Satureja mutica* Fisch. & C. A. Mey. under rainfed conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 38(1): 102-113.
 - Zarezadeh, A., Tabaei aghdaei, S.R., Mirhosseini, A., Arabzadeh, M.R. and Mirjani, L., 2016. Variation in yield and yield components and adaptability of *Satureja* species in Yazd province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(6): 931-944.
 - Jamzad, Z., 2012. *Flora of Iran*. No. 76: Lamiaceae. Research Institute of Forest and Rangelands, 1068p.
 - Letchamo, W. and Gosselin, A., 1995. Effects of HPS supplemental lighting and soil water levels on growth, essential oil content and composition of two thyme (*Thymus vulgaris* L.) clonal selections. *Canadian Journal of Plant Science*, 75: 231-238.
 - Liu, N., Li, Y., Cong, P., Wang, J., Guo, W., Pang, H. and Zhang, L., 2021. Depth of straw incorporation significantly alters crop yield, soil organic carbon and total nitrogen in the North China Plain. *Soil & Tillage Research*, 205: 1-9.
 - Mirheidar, H., 1993. *Plant Knowledg. Islamic Culture Publishing Office*, 548p.
 - Mirjalili, A., Lebaschi, M.H., Ardakani, M.R., Heidari Sharifabad, H. and Mirza, M., 2020. Evaluation of morphological traits and yield of *Satureja bachtiarica* affected by density and organic fertilizers under dryland farming conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 18(3): 357-371.
 - Mu, X., Zhao, Y., Liu, K., Ji, B., Guo, G., Xue, Z. and Li, C., 2016. Responses of soil properties, root growth and crop yield to tillage and crop residue management in a wheat–maize cropping system on the North China Plain. *European Journal of Agronomy*, 78: 32-43.
 - Naiji, M. and Souri, M.K., 2016. Evaluation of growth and yield of savory (*Satureja hortensis*) under organic and biological fertilizers toward organic production. *The Plant Production*, 38(3): 93-103.
 - Osmond, B., Badger, M. and Maxwell, K., 1997. Too many photons: photorespiration, photoinhibition and photooxidation. *Trends in Plant Science*, 2: 119-121.
 - Rahimi, A.R. and Babakhanzadeh Sajirani, E., 2021. Effect of vermicompost and some of macro nutrients on plant growth, nutrient uptake and quantity and quality of savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil. *Journal of Plant Production*, 27(4): 133-149.
 - Rostaei, M., Fallah, S., Lorigooini, Z. and Abbasi Surki, 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.
 - Saki, A., Mozafari, H., Karimzadeh Asl, Kh., Sani, B. and Mirza, M., 2019. Plant Yield, Antioxidant Capacity and Essential Oil Quality of *Satureja mutica* Supplied