بررسی اثر تراکم و کاه غنی شده بر پاسخ‌های فیتوشیمیایی اسانس گیاه *Satureja bachtiarica* Bunge. در شرایط دیم

احمد میرجلیلی[۱]، محمد حسین لباسچی[۲*]، محمدرضا اردکانی[۳]، حسین حیدری شریف‌آباد[۱]، مهدی میرزا[۲]

[۱]دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۲]دانشیار، بخش گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

[۳]استاد، گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

[۴]استاد، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۵]استاد، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۹/٤/۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۲

چکیده

این تحقیق به‌منظور ارزیابی عملکرد و خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه دارویی مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge.) تحت تاثیر کاه گندم غنی شده و تراکم‌های مختلف بوته انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال‌های زراعی ۱۳۹٦ و ۱۳۹۷ در شرایط دیم و در ایستگاه تحقیقات مراتع همند دماوند اجرا گردید. عامل اصلی شامل دو تیمار، کاه گندم ۱۰ تن در هکتار (فرآوری شده با سولفات آمونیوم) و شاهد و عامل فرعی شامل سه تیمار، تراکم ۲٦٦٦٦ و ٤۰۰۰۰ و ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل عملکرد وزن تر و خشک، درصد و عملکرد اسانس و شناسایی ترکیبات اسانس بود که از اندام هوایی گیاه و در مرحله گلدهی کامل انجام شد. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و از روش‌های تجزیه و تحلیل GC و GC/ MS برای تعیین درصد و نوع ترکیبات اسانس استفاده گردید. نتایج نشان داد به‌ترتیب: بیشترین عملکرد اسانس (۳/۷ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین میزان کارواکرول (٦۱/۸۵ درصد) در تیمار کاه غنی شده، تراکم زیاد و در سال دوم بدست آمد. ولی بالاترین درصد تیمول (۱۲/۵۱ درصد) مربوط به تیمار کاه غنی شده با تراکم متوسط و در سال دوم بدست آمد. نتایج نشان داد، با کاربرد تیمار کاه غنی شده و تراکم‌های زیاد و متوسط از سال دوم، ضمن افزایش مقاومت و عملکرد گیاه، موجبات افزایش ترکیبات عمده اسانس مثل کارواکرول ،تیمول، گاما-ترپینن و لینالول را فراهم نمود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تیمول، تراکم ، تیمار کاه، دیم، کارواکرول، مرزه بختیاری

*نویسنده مسئول: lebaschy@rifr-ac.ir

مقدمه

گیاه مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge.) متعلق به تیره Lamiaceae و جنس *Satureja* می‌باشد و به عنوان گیاه دارویی با ارزش محسوب می‌شود. مرزه بختیاری انحصاری ایران بوده و پراکنش نسبتا گسترده ای در ایران داشته و در مناطق غربی، جنوب غربی و مرکزی ایران به خوبی رشد می‌نماید (Jamzad, 2012). کشت دیم به شیوه ای از کشاورزی اطلاق می‌شود که صرفا متکی بر بارندگی است. امکان کشت دیم برای مناطقی که با محدودیت آبهای سطحی و زیر زمینی مواجه می‌باشند مزیت فوق العاده‌ای محسوب می‌شود. بخش گسترده‌ای از اراضی زراعی در کشورمان به کشت دیم اختصاص دارد که به علت عدم رعایت اصول دیمکاری و مدیریت صحیح، عملکرد اقتصادی مناسبی ندارند، سطوح وسیع دیمزارهای کم بازده لزوم انتخاب و کشت گیاهان مناسب و سازگار را آشکار می‌سازد. کشت و استقرار گیاهان دارویی چند ساله در دیمزارهای کم بازده و مراتع تخریب شده ضمن ایجاد پوشش گیاهی مناسب می‌تواند از فرسایش ناشی از شخم‌های مکرر سالانه جلوگیری کرده و تحولی در حفظ و اصلاح اکوسیستم‌های زراعی دیم کشور ایجاد کند (Lebaschi and Sharifi Ashoorabadi, 2016). مدیریت دیم کاری از جمله کاربرد کود به صورت محدود، تقویت شرایط بیولوژیک خاک و استفاده از ارقام مقاوم به خشکی در کاهش اثرات تنش کم آبی موثر است. استفاده از منابع مختلف کودی همانند کودهای مختلف و بقایای گیاهی در شرایط بروز تنش خشکی می‌تواند منجر به ایجاد تغییراتی در عملکرد گیاهان درمواجه با خشکی شود. از طرفی کشاورزی پرتیمار با مصرف گسترده کودهای مختلف عملکرد بالا را تضمین می‌کند، ولی باعث افرایش هزینه‌ها و آلودگی محیط زیست می‌شوند. یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار و کم تیمار استفاده از کودهای آلی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی می‌باشد (Fallah and Nazari, 2013). مواد آلی بعلت داشتن خصوصیاتی مانند قدرت جذب و نگهداری بالای مواد آلی و عناصر معدنی و آزاد سازی تدریجی آنها(خصوصا نیتروژن) و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب، استفاده از آن در کشاورزی پایدار برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول می‌باشد (Jami et al., 2018). از طرفی دیگر مدیریت زراعی موفق در شناخت تراکم مطلوب بوته به منظور استفاده بهینه از منابع و نیز مقدار و نحوی مصرف آب به‌عنوان یک نهاده پر ارزش از اهمیت بالایی بر خوردار می‌باشد. در پژوهشی دیگر نیز در تراکم‌های بالا به دلیل کاهش درصد حضور علف‌های هرز و حفظ رطوبت خاک، منجر به افزایش عملکرد ماده خشک گیاه مرزه موتیکا در شرایط دیم شد (Saki et al., 2019) در شرایط دیم تراکم نامناسب گیاهی می‌تواند رطوبت خاک را تخلیه و موجب برخورد گیاه با تنش خشکی شود (lebacchi et al., 2017). انتخاب فاصله کاشت مناسب با توجه به میزان و پراکنش بارندگی در مناطق مختلف بسیار اهمیت داشته و می‌تواند در استقرار و عملکرد گیاه دارویی موثر باشد، به‌طوری‌که رسیدن به تراکم مطلوب بوته در شرایط دیم و در مناطق مختلف (با توجه به اقلیم و بارندگی) نقش اساسی در حصول عملکرد مطلوب و تولید متابولیت‌های ثانویه دارد، از این رو رسیدن به تراکم مناسب گیاهان دارویی در مناطق مختلف دیم بسیار با اهمیت می‌باشد (lebacchi et al., 2017). گونه‌های مختلف جنس مرزه از نظر میزان اسانس و نوع ترکیب‌های تشکیل دهنده تنوع زیادی دارند (Ghamari et al., 2015). بیشترین درصد ترکیبات عمده اسانس *S. bachtiarica* جمع آوری شده از استان چهار محال بختیاری، کارواکرول ٤٤/٨ درصد و گاما ترپینن ۱۸/۷ درصد و

تیمول ۱٤/۹۵ درصد به‌عنوان ترکیبات اصلی گزارش شده‌اند (Babadi et al., 2012). همچنین نتایج حاصل از مقایسه بیشترین درصد ترکیب‌های عمده اسانس مرزه بختیاری از استان یزد با نمونه جمع‌آوری شده از استان چهار محال و بختیاری، احتمال وجود کموتیپ را در این گونه نشان می‌دهد، زیرا بیشترین درصد ترکیبات عمده اسانس این گونه در نمونه‌های جمع آوری شده از استان یزد، کارواکرول ٦٥/۹۸ درصد و تیمول ۰/۵ درصد بوده است (Sefidkon et al., 2016). Smitha et al., (2019) با بررسی تاثیر مثبت استفاده از باقیمانده محصولات زراعی باعث افزایش مواد مغذی و بیولوژیکی خاک شد که می‌تواند به طور موثر تکمیل کننده کودهای شیمیایی بوده و ضمن کاهش اثر منفی بر محیط زیست به عنوان ترکیبی از منابع آلی و بیولوژیکی موجب افزایش عملکرد و کیفیت اسانس گردد. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر کاه غنی شده و تراکم‌های مختلف بر عملکرد و تغییرات کمی و کیفی ترکیبات اسانس مرزه بختیاری در شرایط دیم منطقه نیمه استپی سرد دماوند بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات مراتع همند دماوند در طی سال‌های زراعی ۱۳۹٦ و ۱۳۹۷ با موقعیت طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵ دقیقه و ۳۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤۰ دقیقه و ۹۰ ثانیه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۹٦۰ متر با توپوگرافی، دشت بدون عارضه و شیب ٤٪ انجام شد. براساس تحقیقات جامع خاکشناسی، خاک آبرفتی، قهوه ای با طبقات آهکی در لایه زیرین و لایه رویی با بافت لومی (سنگین) با pH قلیایی (۸/۳) است. آب و هوای منطق، نیمه استپی سرد بوده به‌طوری‌که بارندگی از اواسط آبان تا اول آذر شروع شده و تا اواسط خرداد ادامه دارد. پراکنش باران نسبتا مناسب بوده و متوسط بارندگی سالیانه حدود ۳٤۰ میلی‌متر و دوره یخبندان حدود ۵ ماه و دوره خشکی ٤ ماه می باشد. حداقل درجه حرارت در ماه‌های دی و بهمن ۱۵- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دما در ماه‌های تیر و مرداد ۳۵+ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه حدود ۱۲+ درجه سانتی‌گراد است. متوسط تبخیر سالیانه حدود ۱۲۲٦ میلی‌متر و میانگین ساعات آفتابی در سال روزانه ۸ ساعت می‌باشد. جدول (۱) نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از عمق ۰ تا ٤۰ سانتی‌متر را نشان می‌دهد.

جدول ۱: نتایج آزمایش نمونه خاک- ایستگاه تحقیقات همند

ردیف Row	مشخصات نمونه	PH در گل اشباع	EC عصارهٔ اشباع(dS/m)	N نیتروژن %	OC کربن آلی %	$Caco_3$ آهک %	P (mg/kg) فسفر	K (mg/kg) پتاسیم	Ca (mg/kg) کلسیم	Clay % رس	Silt % لای	Sand % ماسه
1	عمق خاک ۲۰-۰	8.3	0.8	0.97	1.1	6.5	34.0	834.0	3.1	33	46	21
2	عمق خاک ٤۰-۲۰	8.4	0.4	0.98	1.1	8.2	38.0	653.7	3.2	37	42	21

این آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. گونه مورد بررسی مرزه بختیاری *Satureja* و تیمارهای عامل اصلی در دو سطح که عبارت بودند از الف- کاه کندم (۱۰ تن در هکتار)، (فرآوری شده با محلول سولفات آمونیوم) ب- شاهد. به منظور اجرای تیمار کاه گندم غنی شده، مصرف ۱۲ کیلوگرم کاه گندم خرد شده را درون شیارهای ایجاد شده هر کرت فرعی به‌طور یکنواخت پخش کرده و با مصرف ۲۴۰ گرم سولفات آمونیوم (براساس ۲ کیلوگرم برای هر ۱۰۰ کیلو کاه در سیلو) را پس از حل کردن در ۲۰ لیتر آب بوسیلهٔ آبپاش به‌طور یکنواخت روی کاه‌های کف جوی پاشیده و سپس روی آن را با خاک پشته پوشانده شد. عامل فرعی شامل سه سطح، تراکم ۲۶۶۶۶، ۴۰۰۰۰، ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر برای همه تیمارها و روی ردیف با فواصل ۷۵-۵۰-۲۵ سانتی‌متر و تعداد واحدهای آزمایشی برابر ۱۸ کرت بود. نشاهای لازم به تعداد مورد نیاز با کاشت بذر در سینی‌های کشت در زمستان تهیه گردید و در اواخر سال ۱۳۹۶ و با توجه به پیش بینی‌های هواشناسی و قبل از وقوع بارندگی موثر به زمین اصلی منتقل و در کف جوی‌های ایجاد شده کشت گردید. تهیه بذر و نشا از اکسشن‌های سازگار گونه مرزه بختیاری از موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام پذیرفت. در هنگام رشد وجین اطراف بوته‌ها انجام گردید میزان بارندگی از مهر ۹۶ تا مهر ۹۷ برابر۳۴۸ میلی‌متر و میزان بارندگی بهار ۹۷ به‌عنوان بارندگی موثر در طول دورهٔ رشد مرزه بختیاری ۲۰۹ میلی‌متر و میزان بارندگی مهر ۹۷ تا مهر ۹۸ برابر ۴۸۷ میلی‌متر و میزان بارندگی بهار ۹۸ به عنوان بارندگی موثر در طول دوره رشد مرزه بختیاری ۱۶۵ میلی‌متر بود.

اندازه‌گیری عملکرد وزن تر و خشک: برای اندازه گیری وزن‌تر، از اندام هوایی گیاه و در مرحله گلدهی کامل از هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی نمونه برداری انجام شد و سپس با ترازوی دیجیتال توزین و نمونه‌ها به مدت زمان لازم در سایه خشک شد و پس از توزین وزن خشک عملکرد تیمارها در هکتار محاسبه گردید (Nooshkam et al., 2014).

استخراج اسانس، اندازه‌گیری درصد و عملکرد اسانس: استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و استفاده از دستگاه کلونجر انجام شد. برای این کار بخش‌های هوایی گیاه (سرشاخه گلدار) در مرحله گلدهی کامل برداشت و در سایه خشک شد. ۱۰۰گرم گیاه خشک شده را پس از آسیاب به مدت سه ساعت تقطیر نموده، و اسانس مربوط به هر تیمار استخراج و درصد اسانس هر یک از آنها محاسبه گردید، سپس از طریق ضرب کردن درصدهای بدست آمده در مقدار عملکرد خشک تولیدی هر تیمار، میزان عملکرد اسانس تولیدی هر تیمار بر حسب کیلوگرم در هکتار بدست آمد (Sustrikov and Salamon, 2004).

شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس: برای تعیین مقادیر و شناسایی ترکیب‌های اسانس از دستگاهای گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگراف متصل شده به طیف سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. پس از تزریق اسانس به دستگاههای فوق، با استفاده از زمان بازداری (RT)، اندیس بازداری (RI)، طیف جرمی و مقایسه این مولفه‌ها با ترکیب‌های استاندارد و یا با اطلاعات موجود در نرم‌افزار SATURN ترکیب و مقادیر تشکیل دهنده اسانس

تعیین گردید (Adams, 1995; Davies, 1990).

مشخصات دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC): دستگاه کروماتوگراف گازی الگوی Thermo-UFM (Ultera fast Model) ساخت کشور ایتالیا و داده پرداز Chrom-Card A/D ستون موئینه با نام تجاری ph-5 (غیر قطبی) ساخت شرکت Thermo به طول ۱۰ متر و قطر داخلی ۰/۱ میلی‌متر به ضخامت

۰/٤ میکرومتر بود، که سطح داخلی آن با فاز ساکن از جنس Dimethylsiloxane phenyl, 5% پوشیده شد. برنامه حرارتی ستون: دمای اولیه ٦۰ درجه سانتی‌گراد، شروع تا دمای نهایی ۲۸۵ درجه سانتی‌گراد، در هر دقیقه ۸۰ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده می‌شود و بعد توقف در این دما به مدت ۳ دقیقه، نوع آشکار ساز FID و درجه حرارت آن۲۹۰ درجه سانتی‌گراد، درجه حرارت محفظه تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد، نوع گاز حامل هلیوم و فشار ورودی آن به ستون برابر ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تنظیم شد.

مشخصات دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS): دستگاه کروماتوگراف گازی الگوی Varian 3400 متصل به طیف سنج جرمی Saturn II، با سیستم تله یونی و با انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت؛ با ستون DB-5 (به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵میکرون) است و فشار گاز سر ستون ۳۵ پوند بر اینچ مربع، درجه حرارت ٤۰ تا۲۵۰ درجه سانتی گراد با سرعت افزایش٤ درجه سانتی‌گراد در دقیقه، درجه حرارت محفظه تزریق ۲٦۰ درجه سانتی‌گراد و دمای ترانسفر لاین۲۷۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردیده است، انجام شد.

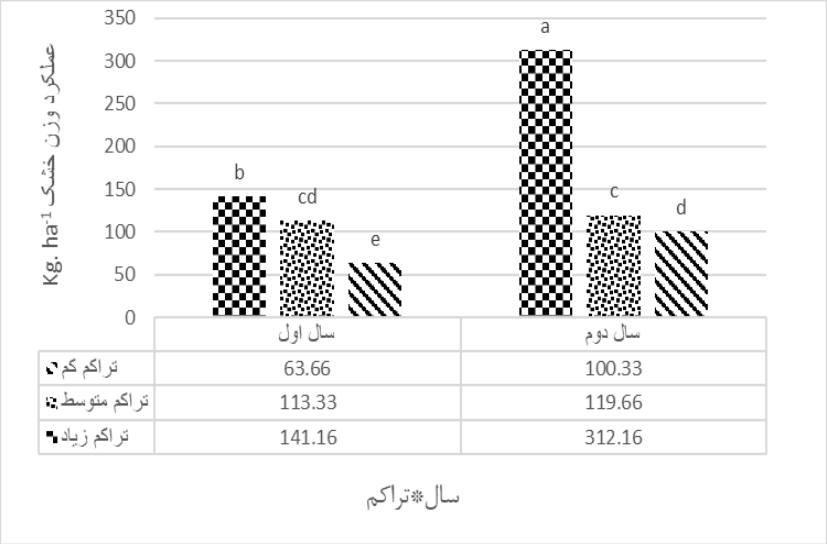
محاسبات آماری: تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Spss و ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

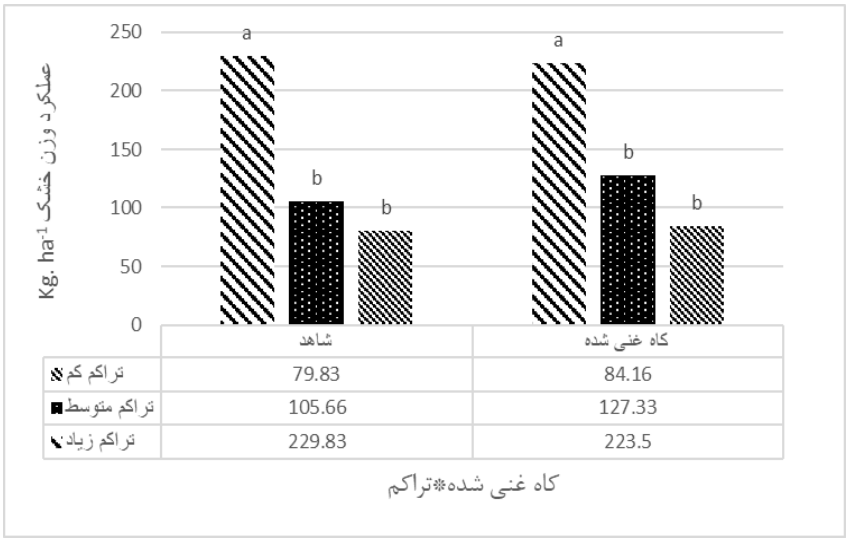
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر اصلی سال و تراکم بر صفات، عملکرد وزن تر، عملکرد وزن خشک، درصد و عملکرد اسانس در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر کاه غنی شده بر صفات عملکرد وزن خشک گیاه و عملکرد اسانس در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین صفات اندزه‌گیری شده مرزه بختیاری تحت اثر اصلی کاه غنی شده نشان داد در تیمار کاه غنی شده افزایش در عملکرد وزن خشک و عملکرد اسانس نسبت به شاهد مشاهده شد. اما با کاربرد کاه غنی شده اختلاف نسبت به شاهد در عملکرد وزن تر و درصد اسانس مشاهده نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده تحت اثر اصلی سطوح مختلف تراکم بوته نیز نشان داد که افزایش تراکم، عملکرد وزن‌تر و خشک و عملکرد اسانس را به‌طور معنی دار افزایش داد (جدول ۳). در بین تراکم‌های مختلف تراکم زیاد به‌طور معنی دار سبب بیشترین افزایش در عملکرد وزن تر و خشک و عملکرد اسانس در مقایسه با سایر تراکم‌ها گردید. پس از تراکم زیاد نیز تراکم متوسط مناسب ترین تراکم بود. همچنین بیشترین در صد اسانس در تراکم کم بدست آمد که با تراکم متوسط و زیاد اختلاف معنی دار داشت (جدول ۳).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر متقابل سال و تراکم بر عملکرد وزن خشک معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد با افزایش تراکم کاشت، عملکرد وزن خشک گیاه افزایش پیدا کرد که این مقدار در سال دوم زراعی بیشتر از سال اول بود. بیشترین میزان عملکرد وزن خشک با ۳۱۲/۱٦ کیلوگرم در هکتار در سال دوم و تراکم زیاد مشاهده شد (شکل۱). بر طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر متقابل کاه غنی شده و تراکم بر عملکرد وزن خشک گیاه مرزه معنی‌دار شد. براساس نتایج بدست آمده با افزایش تراکم کاشت در کاربرد کاه غنی شده و شاهد، عملکرد وزن خشک افزایش معنی‌دار پیدا کرد. عملکرد وزن خشک گیاه در تیمار کاه غنی شده و شاهد در تراکم زیاد بیشتر از سایر تیمارها بود. بیشترین میزان عملکرد وزن خشک گیاه با ۲۲۹/۸۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد و تراکم زیاد

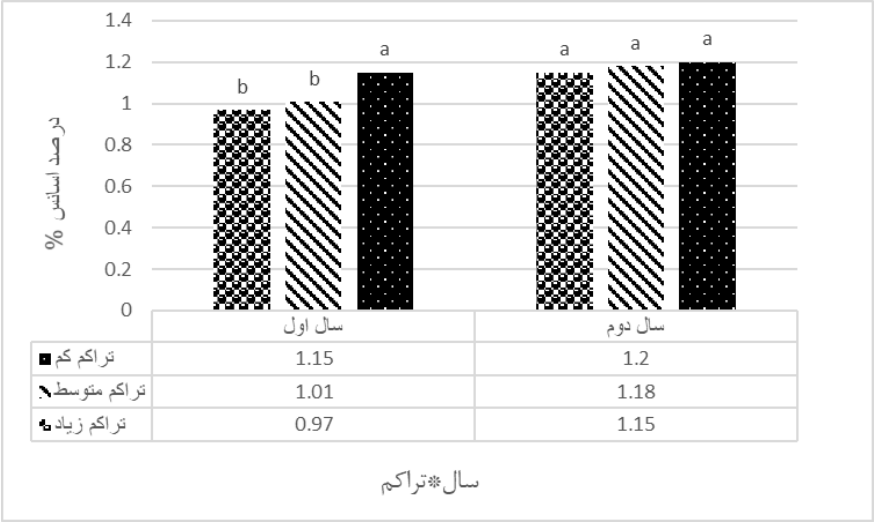
مشاهده شد که با تیمار کاه غنی شده و تراکم زیاد با ۲۲۳/۵ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی دار نداشت (شکل ۲). بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر متقابل سال و تراکم بر درصد اسانس در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. براساس این نتایج با کاهش تراکم کاشت در سال اول و دوم زراعی، درصد اسانس افزایش پیدا کرد اما در سال دوم این افزایش معنی‌دار نبود. بیشترین درصد اسانس با ۱/۲ درصد مربوط به تیمار تراکم کم و در سال دوم بود که با تیمارهای تراکم زیاد و متوسط در سال دوم و نیز تیمار تراکم کم در سال اول اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۳). براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر متقابل سال، کود و تراکم بر عملکرد اسانس معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان عملکرد اسانس با ۳/۷ کیلو گرم در هکتار در سال دوم و تیمار کاه غنی شده و تراکم زیاد مشاهده شد (شکل ٤).



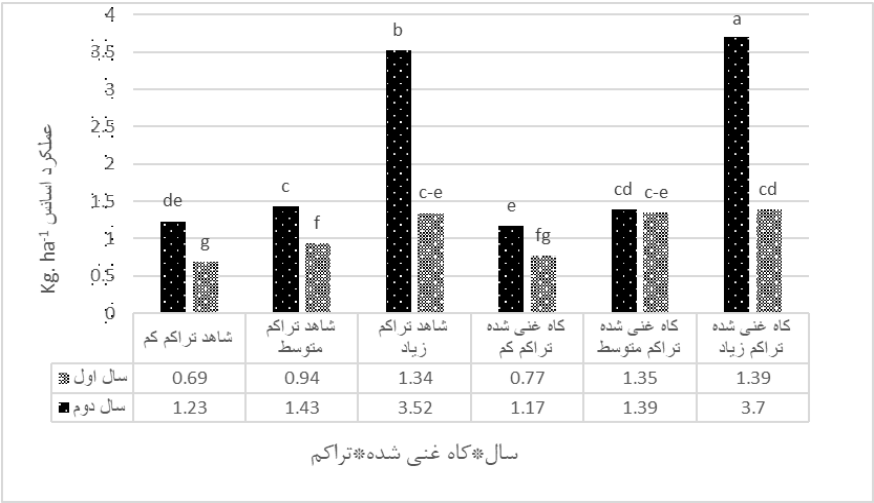
شکل ۱: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال و تراکم بر عملکرد وزن خشک گیاه دارویی مرزه بختیاری



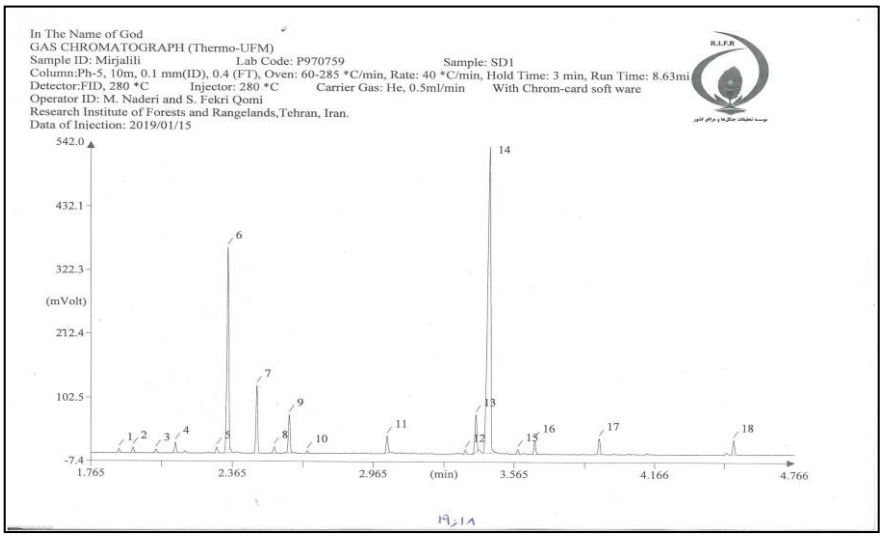
شکل ۲: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کاه غنی شده و تراکم بر عملکرد وزن خشک گیاه دارویی مرزه بختیاری



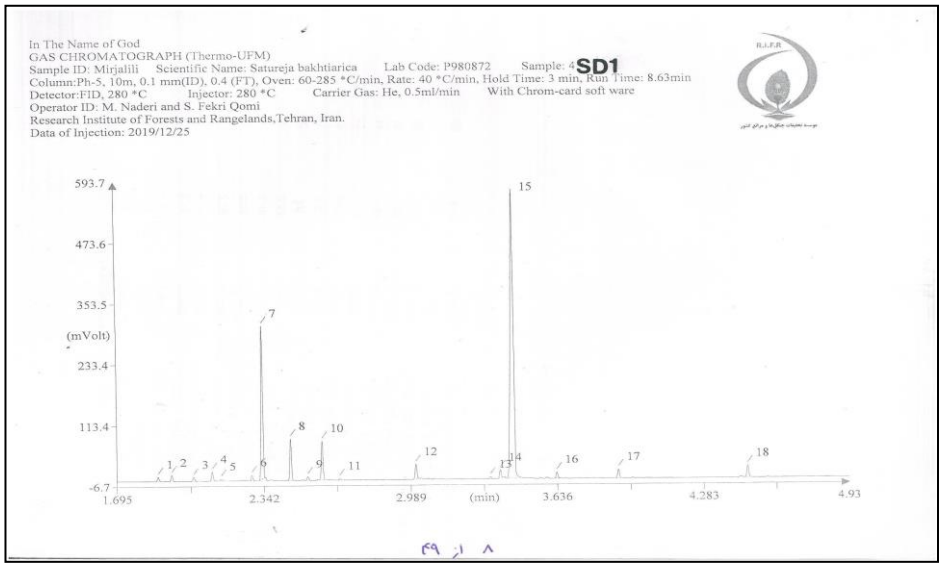
شکل ۳: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال و تراکم بر درصد اسانس گیاه مرزه بختیاری



شکل ٤: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال، کاه غنی شده و تراکم بر عملکرد اسانس گیاه مرزه بختیاری



شکل ۵: کروماتوگرام اسانس مرزه بختیاری در تیمار کاه غنی شده و تراکم زیاد در سال اول از دستگاه GC/MS



شکل ٦: کروماتوگرام اسانس مرزه بختیاری در تیمار کاه غنی شده و تراکم زیاد در سال دوم از دستگاه GC/MS

همچنین در خصوص نوع و درصد ترکیبات اسانس، پس از بدست آوردن کروماتوگرام‌ها و طیف‌های جرمی، با محاسبه شاخص‌های بازداری (به وسیله تزریق سری آلکانهای نرمال ۹ تا ۲۲ کربنه در شرایط برنامه ریزی حرارتی منطبق با شرایط تزریق نمونه‌ها) و درصد کمی ترکیبات و نیز با مطالعه طیف‌های جرمی اقدام به شناسایی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس گردید. نوع و درصد اجزای ترکیبات اسانس مرزه بختیاری در سالهای اول و دوم کشت، در جدول (٤ و٥) نشان داده شد. شکل (٥ و ٦) کروماتوگرام اسانس مرزه بختیاری مستخرج از دستگاه GC/MS در تیمار کاه غنی‌شده و تراکم زیاد در سالهای اول و دوم تحقیق را نشان می‌دهد. عمده ترین ترکیبات اسانس مرزه بختیاری در سالهای اول و دوم این تحقیق شامل: کارواکرول، تیمول، لینالول، گاماترپینن، پی‌سیمن بود. بیشترین میزان ترکیبات عمده تشکیل دهنده اسانس مرزه بختیاری شامل کارواکرول با ٦١/٨٥ درصد در تیمار کاه غنی شده با تراکم زیاد، در سال دوم و بالاترین میزان تیمول با ١٢/٥١ درصد در تیمار کاه غنی شده با تراکم متوسط و سال دوم و بالاترین میزان لینالول با ٤/٤٤ درصد در تیمار کاه غنی شده با تراکم زیاد و سال دوم و بیشترین میزان گاماترپینن با ١٠/٥٠ درصد در تیمار کاه غنی شده با تراکم متوسط و سال دوم و بالاترین میزان پی‌سیمن با ٤٣/٠٤ درصد در تیمار شاهد و تراکم متوسط و سال دوم بدست آمد. سایر ترکیبات موجود در اسانس مرزه بختیاری به تفکیک در تیمارهای مختلف، و در دو سال تحقیق همراه با درصد کمی و شاخص بازداری در جدول (٤ و ٥) ارایه شد.

جدول ۲: تجزیه و تحلیل جدول واریانس میانگین مربعات عملکرد مرزه بختیاری تحت تیمارهای مختلف

منابع تغییرات S.O.V	درجه‌آزادی df	عملکرد وزن تر کیلو گرم در هکتار	عملکرد وزن خشک کیلو گرم در هکتار	درصد اسانس ٪	عملکرد اسانس کیلو گرم در هکتار
سال	1	383780.25**	45796.00**	0.163**	8.874**
خطا (سال)	4	221.806ns	109.972ns	0.002ns	0.018ns
کاه غنی شده	1	2.250ns	386.778*	0ns	0.094*
سال× کاه	1	0.694ns	676*	0.003ns	0.051*
خطا (سال× کاه)	4	131.306ns	47.306ns	0.001ns	0.006ns
تراکم	2	424893.861**	68510.778**	0.041**	7.737**
سال× تراکم	2	105420.583**	23040.333**	0.018*	3.556**
کاه × تراکم	2	391.583ns	599.111*	0.011ns	0.25ns
سال× کاه× تراکم	2	24.194ns	224.333ns	0.007ns	0.062*
خطا	16	325.056	62.639	0.003	0.011
ضریب تغییرات	-	5.42	5.58	4.91	6.63

*, ** به ترتیب بیانگر معنی داربودن در سطح ۵٪، ۱٪ و ns بیانگر معنی دار نبودن می‌باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین عملکرد مرزه بختیاری در تیمارهای کاه غنی شده و تراکم‌های مختلف

صفت / تیمارها	عملکرد وزن تر کیلو گرم در هکتار	عملکرد وزن خشک کیلو گرم در هکتار	درصد اسانس (%)	عملکرد اسانس کیلو گرم در هکتار
غذیه				
کاه غنی شده	332.72a	144.99a	1.11a	1.63a
شاهد	332.22a	138.44b	1.11a	1.53b
تراکم				
تراکم کم	191.58c	82.00c	1.17a	0.97c
تراکم متوسط	259.66b	116.500b	1.09b	1.28b
تراکم زیاد	546.16a	226.66a	1.06b	2.49a

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ٤: ترکیبات مرزه بختیاری تحت تاثیر کاه غنی شده و تراکم‌های مختلف در سال رزاعی ۱۳۹٦

NO	Compound	RI	Control			Enriched straw		
			HD	MD	LD	HD	MD	LD
1	α-thujene	937.52	0.44	0.49	0.41	0.42	0.44	0.50
2	α-pinene	949.23	0.54	0.21	0.47	0.60	0.55	0.55
3	camphene	966.13	0.26	0.45	0.21	0.39	0.27	0.31
4	β-pinene	980.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	myrcene	1007.95	1.10	1.08	0.89	1.02	1.13	1.06
6	α-terpinene	1043.63	0.64	0.22	0.57	0.59	0.76	0.8
7	**p-cymene**	1053.42	**19.90**	**23.64**	**19.91**	**21.98**	**22.28**	**21.70**
8	**γ-terpinene**	1084.13	**5.70**	**6.79**	**6.18**	**6.35**	**9.16**	**8.95**
9	cis-sabinene hydrate	1100.00	0.67	0.61	0.66	0.70	0.43	0.47
10	**linalool**	1115.44	**3.75**	**4.37**	**3.98**	**3.76**	**2.63**	**2.46**

11	borneol	1225.44	1.31	1.14	1.53	1.83	1.38	1.36
12	terpinen-4-ol	1231.00	0.37	0.00	0.32	0.41	0.00	0.00
13	**thymol**	1322.62	**1.50**	**1.71**	**2.30**	**4.15**	**8.97**	**10.04**
14	**carvacrol**	1339.80	**59.39**	**54.44**	**58.65**	**52.50**	**46.11**	**45.87**
15	(4a-aloha,7-alpha,7a-alpha)-nepetalactone	1373.14	0.00	0.00	0.00	0.00	1.58	1.54
16	carvacrol acetate	1382.43	0.95	0.98	1.01	0.40	1.30	1.34
17	(E)-caryophyllene	1476.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	spathulenol	1647.51	1.38	1.37	1.15	1.61	1.32	1.41
19	caryophyllene oxide	1657.49	0.20	1.08	1.47	1.51	1.60	1.55
	Total (%)		98.09	98.60	99.72	98.21	98.39	98.44
	monoterpene (%)		95.56	95.17	96.09	93.85	94.38	94.79
	sesquiterpene (%)		2.53	3.43	3.63	4.36	4.01	3.65

(RI: Retention indices, HD: High plant density, MD: Medium plant density, LD: Low plant density)

جدول ۵: ترکیبات مرزه بختیاری تحت تاثیر کاه غنی شده و تراکم‌های مختلف در سال زراعی ۱۳۹۷

NO	Compound	RI	Control			Enriched straw		
			HD	MD	LD	HD	MD	LD
1	α-thujene	937.52	0.88	0.78	0.56	0.50	0.42	0.58
2	α-pinene	949.23	1.09	1.33	0.77	0.72	0.61	1.03
3	camphene	966.13	0.66	0.90	0.46	0.46	0.28	0.55
4	β-pinene	980.54	1.59	1.45	1.00	1.03	0.88	1.03
5	myrcene	1007.95	0.30	0.32	0.23	0.02	0.39	0.46
6	α-terpinene	1043.63	1.15	0.72	0.81	0.65	0.81	0.64
7	**p-cymene**	1053.42	**24.00**	**43.04**	**22.07**	**18.40**	**33.16**	**35.04**
8	**γ-terpinene**	1084.13	**8.72**	**5.00**	**5.93**	**4.64**	**10.50**	**4.97**
9	cis-sabinene hydrate	1100.00	0.43	0.31	0.30	0.41	0.38	0.26
10	**linalool**	1115.44	**3.71**	**3.74**	**3.42**	**4.44**	**1.67**	**2.04**
11	borneol	1225.44	1.28	1.57	1.72	1.84	1.88	1.80
12	terpinen-4-ol	1231.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.28
13	**thymol**	1322.62	**1.12**	**0.64**	**1.28**	**0.93**	**12.51**	**6.88**
14	**carvacrol**	1339.80	**51.21**	**37.55**	**57.96**	**61.85**	**31.16**	**41.03**
15	thymol acetate	1373.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.12
16	carvacrol acetate	1382.43	0.78	0.72	0.39	0.76	0.32	0.21
17	(E)-caryophyllene	1476.54	1.57	0.66	1.26	1.11	0.83	0.76
18	spathulenol	1647.51	0.00	0.00	0.00	0.00	032	0.30
19	caryophyllene oxide	1657.49	0.98	0.89	1.47	1.50	1.38	1.20
	Total (%)		99.47	99.62	99.63	99.52	98.99	99.26
	monoterpene (%)		96.14	97.35	96.51	96.64	94.55	94.71
	sesquiterpene (%)		3.33	2.27	3.12	2.88	4.44	4.55

(RI: Retention indices, HD: High plant density, MD: Medium plant density, LD: Low plant density)

بحث

عملکرد وزن خشک: نتایج اثر متقابل سال و تراکم بر میزان عملکرد وزن خشک نشان داد که بیشترین عملکرد وزن خشک با ۳۱۲/۱۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار تراکم زیاد و سال دوم بود (شکل ۱).

با افزایش تراکم بوته در واحد سطح علی‌رقم کاهش وزن تک بوته، اما به دلیل افزایش تعداد بوته در هکتار و همچنین رقابت درون گروهی بوته‌ها و استفاده بهینه از فضاهای موجود موجب بالا رفتن عملکرد وزن خشک مرزه بختیاری شد. پژوهشگران دریافتند در

بین عوامل زراعی، تراکم گیاه در یک دامنه بهینه برای استفاده موثر از منابع محیطی مانند تابش خورشیدی، آب و مواد مغذی مهم است و نقش مهمی در تنظیم رقابت درون گونه‌ای گیاهان دارد (Ghiasy-Oskoee et al., 2018). در پژوهشی دیگر در تراکم‌های بالا به دلیل کاهش درصد حضور علف‌های هرز، عملکرد ماده خشک بهبود یافته است (Martin and Deo, 2000). همچنین نیز گزارش شد با افزایش تراکم به دلیل استفاده بهتر از منابع و افزایش تعداد بوته در واحد سطح عملکرد وزن خشک آویشن کرک‌آلود تحت تأثیر بهبود ضریب سطح برگ و فتوسنتز، افزایش یافت (Lebaschi et al., 2019). نتایج اثر متقابل کاه غنی شده و تراکم بر میزان عملکرد وزن خشک نشان داد که بیشترین عملکرد وزن خشک مربوط به تیمار شاهد و کاه غنی شده با تراکم زیاد بود (شکل ۲). به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد وزن خشک در تیمار شاهد و کاه غنی شده در تراکم زیاد می‌تواند ناشی از تاثیر بیشتر تراکم زیاد در هم افزایی و افزایش عملکرد وزن خشک گیاه نسبت به سایر تراکم‌های کم و متوسط باشد. پوشش متراکم و یکنواخت گیاه در جذب بخشی از انرژی نور خورشید را که گیاه دریافت می‌کند را افزایش داده و مقدار تشعشع رسیده به خاک را کاهش می‌دهد و در نهایت جذب خالص توسط گیاه افزایش یافته و تبخیر وتعرق کاهش پیدا می‌کند که در این صورت ضریب سطح برگ و فتوسنتز بالا رفته و موجب افزایش عملکرد در گیاه شد. در پژوهشهای صورت گرفته افزایش عملکرد وزن خشک در تیمارهای کودهای آلی، به تأثیر مطلوب آنها بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیست (بیولوژیکی) خاک و نیز افزایش قابل ملاحظه ظرفیت نگهداری آب و پیامد آن بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش رشد و زیست توده مربوط می‌باشد (Arancon et al., 2003; Araya et al., 2006). میزان مواد مغذی در کودهای آلی بسیار متفاوت است و با کاربرد آن گیاهان به راحتی از منابع مغذی استفاده می‌کنند (Pandey and patra., 2015; Emami Bistgani et al., 2018). Koozehgar Kaleji and Ardakani (2017) افزایش وزن خشک بوته بادرنجبویه در اثر کاربرد کودهای آلی را گزارش کردند. همچنین گزارش شد در بررسی سه گونه آویشن افزایش عملکرد وزن خشک در تراکم بالا و در شرایط دیم نشان دهنده سازگاری گیاه و نیز همیاری محیط در امکان کشت بوته‌های نسبتا زیاد در واحد سطح در شرایط دیم است (Lebaschi et al., 2017). نتایج بدست آمده در این تحقیق که در شرایط دیم با حداقل درصد رطوبت نسبت به خاک خشک (حدود ٤ درصد در زمان برداشت) انجام شد، حاکی از تاثیر تراکم زیاد، کاه غنی شده و اثر سن گیاه بر افزایش عملکرد وزن خشک مرزه بختیاری بود (جدول ۲و۳). در اینخصوص پاسخ مثبت محیط به تراکم بالا و نیز استقرار مطلوب این گونه در شرایط دیم با تحمل تابستان گرم و خشک مورد توجه بود.

درصد اسانس: نتایج اثر متقابل سال و تراکم بر میزان درصد اسانس نشان داد که بیشترین درصد اسانس با ۱/۲ درصد مربوط به تیمار تراکم کم و سال دوم بود که با تیمارهای تراکم زیاد و متوسط در سال دوم و نیز تیمار تراکم کم در سال اول اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۳). بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان استنباط کرد در سال اول در تراکم کم به لحاظ کوچک بودن بوته‌ها و کاهش تعداد گیاه در واحد سطح، دریافت تنش محیطی بیشتر شده و موجب افزایش درصد اسانس نسبت به دیگر تراکم‌ها در سال اول شد. همچنین در سال دوم در تمامی تیمارها به لحاظ استقرار کامل گیاه و بزرگتر شدن تاج پوشش بوته‌ها، موجب افزایش تبخیر و تعرق گیاه و نیز کاهش۲۱٪ میزان بارندگی بهار ۹۸ به عنوان بارندگی

موثر نسبت به میزان بارندگی بهار ۹۷ ، تنش خشکی در گیاه بیشتر شد و در تمامی تراکم‌ها درصد اسانس ضمن افزایش اختلاف معنی‌دار نداشتند. Dadkhah et al. (2009) در پژوهش روی گیاه دارویی بابونه و Saglam et al. (2004) روی گیاه دارویی بادرنجبویه و Hasanzadeh Aval et al. (2010) روی گیاه مرزه نشان دادند که تراکم تاثیری بر درصد اسانس این گیاهان نداشت.

عملکرد اسانس: نتایج اثر متقابل سال و کاه غنی شده و تراکم بر میزان عملکرد اسانس نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس با ۳/۷ کیلو گرم در هکتار مربوط به تیمار کاه غنی شده و تراکم زیاد و سال دوم بود (شکل ٤). در این تیمار با افزایش اثر هم‌افزایی تیمار کاه غنی شده و تراکم باعث بهبود مواد آلی و افزایش خواص فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک گردید. همچنین با افزایش تعداد بوته در واحد سطح به همراه استقرار و سازگاری مطلوب گیاه در جذب مواد مغذی و افزایش رقابت درون گونه‌ای موجب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس در این تیمار شد. پژوهشگران در آزمایشی دریافتند تجمع مواد غذایی در گیاه و بهبود عملکرد اسانس آن در تیمارهای کودآلی احتمالا به دلیل افزایش در دسترس بودن عناصر غذایی مانند نیتروژن که منجر به افزایش ظرفیت عملکرد شد، می‌باشد (Emami Bistgani et al., 2018; Emami Bistgani et al., 2016; Anwar et al., 2005; Patra et al., 2000).

Lebaschi et al. (2019) و Saki et al. (2019) در بررسی اثر تراکم کاشت بر عملکرد اسانس گیاه*Thymus pubescens* Boiss و *Satureja mutica* مشاهده کردند افزایش تعداد بوته در واحد سطح عملکرد اسانس را به‌طور معنی‌دار افزایش داد. Saki (2019) در بررسی تأثیر تراکم و کودهای آلی بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه موتیکا (*Satureja mutica*) در شرایط دیم نشان داد مقادیر صفات اندازه‌گیری شده به دلیل سازگاری گیاه با شرایط محیطی در سال دوم زراعی نسبت به سال اول به طور معنی‌داری بالاتر بود، همچنین نیز تیمار کود آلی و تراکم زیاد در سال دوم بهترین تیمار جهت بهبود عملکرد اسانس شناخته شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. بر اساس نتایج بدست آمده در این آزمایش، تیمار کاه غنی شده و تراکم زیاد در افزایش عملکرد اسانس، نسبت به سایر تیمارها نقش موثرتری داشت در واقع در اینجا یک رابطه هم‌افزایی بین تراکم و کاه غنی شده بوجود آمد که نشان می‌دهد در این آزمایش آنها مکمل یکدیگرند و انجام همزمان آنها می‌تواند باعث افزایش عملکرد اسانس شود. Shirazadi et al. (2014) افزایش عملکرد کمی گیاه ریحان را تحت تاثیر کاربرد کودآلی گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

شناسایی ترکیبات اسانس مرزه بختیاری: نتایج شناسایی ترکیبات اسانس نشان داد عمده‌ترین ترکیبات اسانس مرزه بختیاری شامل کارواکرول، تیمول، لینالول، گاماترپینن، پی‌سیمن بود. در این آزمایش درصد ترکیبات اسانس مرزه بختیاری در تیمارهای مختلف تفاوت‌های زیادی داشتند. بیشترین درصد عمده این ترکیبات شامل کارواکرول، تیمول، گاماترپینن و لینالول (به استثناء بالاترین درصد پی‌سیمین که در تیمار شاهد، تراکم متوسط و سال دوم بود) در تیمار کاه غنی شده و تراکم‌های زیاد و متوسط و در سال دوم بدست آمد. این نتایج نشان داد تیمار کاه غنی شده و افزایش تراکم نقش مهمی در بالا بردن درصد ترکیبات عمده اسانس مرزه بختیاری شامل کارواکرول، تیمول، گاماترپینن و لینالول نسبت به شاهد داشت. اثر هم‌افزایی کاربرد توام کاه غنی شده و افزایش تراکم می‌تواند بر بالا بردن درصد ترکیبهای عمده اسانس موثر باشد. در تولید گیاهان دارویی علاوه برکمیت، کیفیت تولید نیز از اهمیت

ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. کشت دیم مرزه بختیاری به دلیل استقرار گیاه در شرایط تنش محیطی و تاثیر نوسانات اقلیمی و همچنین شرایطی مانند تراکم و تغذیه که توسط تیمارهای برنامه ریزی شده اعمال می‌شود، می‌تواند بر افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه گیاه و همچنین بهبود درصد ترکیبات عمده اسانس تاثیر موثری داشته باشد. در نتایج حاصل از این تحقیق از لحاظ نوع ترکیبات عمده اسانس موجود در گیاه مرزه بختیاری با تحقیقات (Saki et al., 2019) و (Noormand Moaied, 2019) مطابقت داشت، اما از لحاظ میزان درصد ترکیبات اسانس با نتایج این محققان مشابه نبود که دلایل احتمالی تفاوت در نتایج میزان درصد ترکیبات اسانس می‌تواند به لحاظ کاربرد تیمارهای متفاوت و نیز تغییر شرایط اکولوژی از قبیل نور، دما، بارندگی، ارتفاع از سطح دریا، خاک، کموتیپ و سن گیاه، روش و کفیت برداشت باشد. Saki et al. (2019) در بررسی شناخت ترکیبات اسانس مرزه موتیکا تحت تاثیر تراکم و کودهای آلی در شرایط دیم دریافتند عمده ترین ترکیبات اسانس مرزه موتیکا شامل تیمول ۳۸/۲ درصد، کارواکرول ۲۹/۹ درصد، گاماترپینن ۲٤/۵ درصد، پی‌سیمن ۱٤/٦ درصد در تیمار کود آلی و تراکم زیاد بدست آمد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در تحقیقی دیگر میانگین ترکیبات شناسایی شده در اسانس اندام هوایی گونه *S.bachtiarica* در شرایط مزرعه طی دو سال، کارواکرول ۵۲/۵۲ درصد، پی‌سیمن ۱۵/۱۲ درصد، گاماترپینن ۱۳/۷۲ درصد، تیمول ۳/۰۵ درصد بود (Noormand Moaied, 2019). در این نتایج نوع ترکیبات شناسایی شده مشابه یکدیگر بودند اما درصد ترکیبات اسانس متفاوت بود، این موضوع نشان می‌دهد که عوامل اقلیمی، محیطی و تغذیه‌ای می‌تواند در تغییر درصد ترکیبات تشکیل دهنده اسانس گیاهان دارویی نقش مهم و تعیین کننده داشته باشند.

نتیجه گیری نهایی

تاثیر عوامل اقلیمی و تغذیه‌ای بر عملکرد گیاهان دارویی مختلف، متفاوت است و همواره باید با تحقیقات مناسب نسبت به بررسی نقش این عوامل بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی پرداخته شود. این موضوع نشان داد که عوامل اقلیمی و تغذیه‌ای می‌تواند بر میزان عملکرد، نوع و درصد ترکیبات تشکیل دهنده اسانس گیاهان دارویی موثر باشد. تفاوت میزان درصد ترکیبات عمده اسانس مرزه بختیاری در تیمارهای مختلف، می‌تواند راهنمای مناسبی برای اجرای روشهای مختلف زراعی جهت دستیابی به درصد بالا و هدفمند ترکیبات عمده اسانس مورد توجه قرار گیرد. نتایج این آزمایش نشان داد که با شناسایی تیمارهای تغذیه‌ای موثر و نیز اجرای تراکم مطلوب می‌تواند ضمن افزایش میزان عملکرد اسانس، به افزایش میزان درصد یک ترکیب خاص از اسانس گیاه دارویی در شرایط دیم کمک کرد. در این تحقیق با کاربرد تیمار کاه غنی شده و تراکم‌های زیاد و متوسط و نیز با افزایش سن گیاه به ترتیب، بالاترین درصد ترکیبات عمده اسانس مرزه بختیاری شامل کارواکرول، تیمول، گاماترپینن و لینالول بدست آمد.

References

1.Adams, R.P. 1995. Identification of essential oil components by gas chromatography mass spectroscopy, Allured Publishing Copy., Carol Stream, USA, 456 p.

2.Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Kumar, A., Naqvi, A.A. and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 36: 1737-1746.

3.Arancon, N.Q., Lee, S., Edwards, C.A. and Atiyeh, R.M. 2003. Effects of humic acids and aqueous extracts derived from

cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. Pedobiologia, 47: 741-744.

4. Araya, H.T., Soundy, P., Steyn, J.M., Teubes, C., Learmonth, R.A. and Mojela, N. 2006. Response of herbage yield, essential oil yield and composition of South African rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) to conventional and organic nitrogen. Journal of Essential Oil Research, 18: 111-115.
5. Babadi, E.S., Ghasemi Pirbalouti, A., Nourafcan, H. and Hamedi, B. 2012. Bioactivity of essential oil of bakhtiari savory (Lamiaceae). Electr J Biol. 8(4): 73-8.
6. Dadkhah, A.R., Kafi, M. and Rasam, Gh.G. 2009.The effect of planting date and plant density on growth traits, yield quality and quantity of *Matricaria* (*Matricaria chamomilla*). Iranian journal of field crops research. DOI: https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1388i2.2592.
7. Davies, N.W. 1990. Gas chromatographic retention indices of monoterpens and sesquiterpenes on methyl silicon and carbowax 20M phases. Journal of Chromatography, 503: 1-24.
8. Emami Bistgani, Z., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Ghasemi Pirbalouti, A., and Hashemi, M. 2016. Influence of chitosan concentration on morpho-physiological traits, essential oil and phenolic content under different fertilizers application in *Thymus daenensis*. J. Herb. Drugs, 7: 117-125.
9. Emami Bistgani, Z.E., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A.G., Hashemi, M., Maggi, F. and Morshedloo, M.R. 2018. Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. Ind. Crops Prod, 121: 434–440.
10. Falah, S. and Nazari, M. 2013. The effect of biological fertilizers and zinc sulfate on growth and yield of medicinal Fenugreek under drought stress in Shahrekord region. Journal of Environmental Stress in Agricultural Sciences.
11. Ghiasy-Oskoee, M., Aghaalikhani, M., Sefidkon, F., Mokhtassi-Bidgoli, A. and Ayyari, M. 2018. Blessed thistle agronomic and phytochemical response to nitrogen and plant density. Ind. Crops Prod, 122: 566-57.
12. Hassanzadeh Aval, F., Koocheki, A.R., Khazaie, H.R. and Mahallati, N. 2010. Effect of plant density on growth indices of summer Savory (*Satureja hortensis* L.) and Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) Intercropping. Iranian journal of field crops research.
13. Jami, M.GH., Ghalavand, A., Modares Sanavy, A.M., and Mokhtas Bigdeli, A. 2018. Evaluation of agronomic charachteristics and seed quality of sunflower in response to different regimes of nitrogen, irrigation and zeolite. Journal of crops improvement.
14. Jamzad, Z. 2012. Flora of Iran, No.76: Lamiaceae. Research Institute of Forests and Rangelands.pp.1066.
15. Koozehgar kaleji, M., and Ardakani, M.R. 2017. Effects of different organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Melissa officinalis* L. under Glomus mosseae mycorrhiza symbiosis. Journal of Plant Physiology, 12 (47): 1.
16. Lebaschi, M.H., and Sharifi Ashoorabadi, M. 2016. Cultivation and production of some thyme species in different dryland farms of the country. Journal of Iran Nature. 1: 1.
17. Lebaschi, M.H., Sharifi Ashoorabadi, M., Makizadeh Tafti, S., Asadi-Sanam, S., and Karimzadeh Asl, KH. 2017. Effects of plant density on quantitative and qualitative yield of three *Thymus* species in dry farming conditions of three provinces of Iran. Iranian journal of Medicinal and Aromatic plants.
18. Lebaschi, M.H., Sharifi Ashourabadi, E., Makizadeh Tafti, M., Talebpour, A.H., Hasani, J., Karimzadeh Asl, Kh., and Asadi sanam, S. 2019. Effects of plant density on some quantitative and qualitative characteristics of Thymus pubescens Boiss. & Kotschy ex Celak under rainfed conditions in three provinces of Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 35: 3.

19.Martin, R.J., and Deo, B. 2000. Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 28: 37-44.
20.Noormand Moaied, M. 2019. Evaluation of morphological traits, chemotaxonomy and phylogentic in some species of sovory (*Satureja* spp.) of Iran. Ph.D Thesis
21. Nooshkam, A., Majnoun Hoseini, N., Hadian, J., Jahansooz, M.R., and Khavazi, K. 2014. The effects of irrigated and rainfed conditions on vegetative and essential oil yield of two medicinal species, *Satureja khuzistanica* Jamzad and S. rechingeri Jamzad in North of Khuzestan.
22.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. Ind. Crops Prod. 76:378-385.
23.Patra, D.D., Anwar, M., and Chand, S. 2000. Integrated nutrient management and waste water for restoring soil fertility and productivity of Japanese mint and mustard sequence in Uttar Pradesh, India. Agric. Ecosyst. Environ. 80: 267-275.
24.Saglam, C., Atakisi, I., Turhan, H., Kaba, S., Arslanoglu, F. and Onemli, f. 2004. Effect of propagation method, plant density, and age on lemon balm (*Melissa officinalis*) herb and oil yield. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 32: 419-423.
25.Saki, A. 2019. The effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative plant density and Drug Savory *satureja mutica* under dryland conditions of Damavand. Ph.D Thesis. Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University.210 pp.
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 with cattle manure and wheat straw in different plant densities. Journal of Communications in Soil Science and Plant Analysis,10-3624.
27.Sefidkon, F., Tabaei Aghdaei, S.R., Lebaschi, M.H., Zareazadeh, A., Noormand Moayed, F., Hooshidari, F., Ahmadi, S.H., Njafi,A., Mirjani, L., Akbarinia,A., Abbaszadeh, B. and Davazdahemami, S. 2016. Introduction of valuable *Satureja* species for cultivation in different ecologic regions of Iran for vast production (Step 1: adaptation). Ninth Congress of Horticultural Sciences.
28.Shirzadi, F., Ardakani, M.R. and Asadi Rahmani, H. 2014. Investigation of the effect of vermicompost and biological fertilizers on some quantitative characteristics of basil plant (*Ocimum basilicum* L.) Journal of Agroecology. 6 (3): 542-55.
29.Smitha, G.R., Basak, B.B., Thondaiman, V. and Saha, A. 2019. Nutrient management through organics, bio-fertilizers and crop residues improves growth, yield and quality of sacred basil (*Ocimum sanctum* Linn). Industrial Crops and Products. 128: 599-606.
30. Sustrikova, A. and Salamon, I. 2004. Essential oil of peppermint *(Mentha× piperita* L.) from fields in Eastern Slovakia. Horticutural Science, 31: 31-6.
31.Ghamari, H., Saidi, M., Ghaasemnejaad, A. and Ghanbari, A.R. 2015. Evaluation of phytochemical composition of Sahandian Savory (*Satureja sahendica* Bornm.) essential oils at different phenological stages. Journal of Agroecology, 8 (1): 16-1.

The effect of density and enriched straw on phytochemical responses and yield of Bakhtiari savory (*Satureja bachtiarica* Bunge.) in dry farming condition

Mirjalili, A.[1], Lebaschi, M.H.[2*], Ardakani, M.R.[3], Heydari Sharifabad, H.[1], Mirza, M.[2]

[1]PhD Student, Department of Horticulture and Agriculture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[2]Associate Professor, Department of Medicinal Plants and By-Products, Forests and Rangelands Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

[3]Professor, Department of Agriculture, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

[4]Professor, Department of Horticulture and Agriculture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[5]Professor, Forest and Rangeland Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.

Received: 21-6-2020 Accepted: 23-9-2020

Abstract

This study was conducted to evaluate the yield and phytochemical properties of Bakhtiari savory under the influence of enriched wheat straw and plant different densities. The experiment was conducted in the form of split plots based on randomized complete block design in 1396 and 1397 in dry farming condition and at Hamand Rangeland Research Station. The main factor included, 10 tons of wheat straw per hectare (enriched with ammonium sulfate) and the control and sub-factor included, density 26666 and 40,000 and 80,000 plants per hectare. The measured traits included fresh and dry weight yield, percentage and essential oil yield and identification of essential oil compounds, which was performed from the plant shoots at full flowering stage. The essential oil was extracted by water distillation. Also, GC and GC/MS analysis methods were used to determine the percentage and type of essential oil compounds. The highest yield of essential oil with 3.7 kg. ha^{-1} was obtained with enriched straw treatment and high plant density and in second year. The highest percentage of essential oil compounds, the carvacrol with 61.85% was obtained in treatment of enriched straw, high density and in second year. The highest percentage of thymol with 12.51% was obtained in treatment of enriched straw and medium density in second year. The results of this study showed that the Bakhtiari savory by using enriched straw and high and medium densities from second year could increase the major compounds percentage of essential oil, including carvacrol and thymol, γ-terpinene and linalool.

Keywords: Dry weight yield, Carvacrol, Thymol**,** Essential oil