



Evaluating the effect of organic fertilizer in different crop densities on agromorphological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak in rainfed conditions

Hoshang Rahmati^{1*} , Hooshmand Safari² 

1. Assistant Professor, Department of Agriculture, Technical and Engineering Faculty, Payam Noor University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.

Citation: Rahmati, H., Safari, H. (2024) Evaluating the effect of organic fertilizer in different crop densities on agromorphological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak in rainfed conditions. *Plant Productions*, 47(3), 323-336.

Abstract

Introduction

Thyme, a plant with valuable metabolites, has been using in the food, pharmaceutical and health industries due to its medicinal properties. Identifying the agricultural factors affecting the quantitative and qualitative changes of medicinal plants is crucial for increment quality and more production. The use of chemical fertilizers has been caused many environmental problems; therefore, it is important to use organic fertilizers in different density patterns of cultivation in order to reduce the consumption of chemical fertilizers to achieve sustainable agriculture.

Materials and methods

This research was carried out as a split-plot design in the form of a randomized complete block design with two factors and three replications in rainfed conditions in the Mahidasht research station of Kermanshah province during the two crop years 2020-2021 and 2021-2022. The main factor included three levels (20 tons per hectare Caw manure, enriched straw at the rate of 10 tons per hectare and no fertilizer application) along with agricultural soil without applying fertilizer, and the sub factor was three densities (4, 6 and 8 plants per square meter). The three plants were randomly selected from each plot, plant height (cm), number of branches per plant, and canopy diameter (cm) were measured. In the flowering stage, plants of one square meter were harvested from each plot and the wet and dry weights were measured in grams per square meter. Also, the dry weight of leaves and stems was measured in grams per plant for each plot, which, leaf to stem ratio was calculated for each plot by dividing leaf to stem weight. The essential oil of 20 grams of dried leaves were extracted using a Clevenger apparatus, and the percentage of essential oil was determined for each plot, and finally, according to the dry leaf yield per square meter, the amount of essential oil yield of aerial parts of the plant per square meter was calculated.

* **Corresponding Author:** Hoshang Rahmati
E-mail: Hoshang.Rahmatipnu@pnu.ac.ir



Results and Discussion

Analysis of variance showed that different fertilizers and different levels of density had a significant effect on all traits, but the interaction of fertilizer \times density had a significant effect only on the traits of percentage and yield of essential oil. According to the mean comparison by Duncan's method, fertilizer increased the growth of thyme. All the vegetative characteristics of the plant were affected by the use of fertilizer. However, animal manure was the best among the two types of fertilizers used. On the other hand, with the increase in density, the plant height increased, but the number of branches in the plant and the canopy diameter showed a decreasing trend. In contrast to these two characteristics, the wet and dry yield of the plant was lower in low and high density than in medium density. A different trend was observed for the essential oil percentage and yield. The essential oil percentage increased by 17.53% by reducing the density from 8 plants to 4 plants. Interestingly, the yield of essential oil showed a decrease of 5.42%. The results of principal components analysis of the traits in different agricultural conditions showed that 94.3% of the variance was expressed based on the first two components, and the bi-plot of the two components confirmed the results of mean comparison.

Conclusion

According to the final goal of this research, which was to determine the best density, in terms of using manure and enriched straw to achieve the desired result in the cultivation of rainfed thyme, therefore, based on the grouping of the two-factor interaction and principal components analysis, it was observed that the use of manure at the rate of 20 tons per hectare with density cultivation of 6 plants per square meter is the most suitable treatment for the cultivation of thyme in the rainfed conditions of Kermanshah province. Therefore, it can be recommended for the cultivation of this species in the rainy conditions of Kermanshah province.

Key words: cultivation distance, essential oil, medicinal plant, plant nutrition.



ارزیابی تأثیر کود آلی در تراکم‌های متفاوت کشت بر خصوصیات آگرومورفولوژیکی و عملکرد اسانس آویشن دنايي (*Thymus daenensis* Celak) در شرایط دیم

هوشنگ رحمتی*^۱، هوشمند صفری^۲

۱- استادیار، گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- استادیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

چکیده

آویشن گیاهی با متابولیت‌های با ارزش است که به دلیل خاصیت دارویی، از اهمیت بالایی در صنایع غذایی و دارویی برخوردار است. استفاده از کودهای شیمیایی مشکلات زیست محیطی زیادی را به همراه داشته است، بنابراین استفاده از کودهای آلی در الگوهای تراکم مختلف کشت به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی برای دستیابی به کشاورزی پایدار حائز اهمیت است. بر همین اساس این تحقیق به صورت طرح اسپلیت پلات با دو فاکتور و سه تکرار در شرایط دیم در استان کرمانشاه طی دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در ایستگاه تحقیقاتی ماهیدشت اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح (۲۰ تن در هکتار کود گاوی، ۱۰ تن در هکتار کاه غنی شده و بدون اعمال کود) و فاکتور فرعی سه تراکم (۴، ۶ و ۸ بوته در مترمربع) بود. صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، قطر تاج پوشش، وزن تر و خشک، وزن خشک برگ و ساقه، نسبت برگ به ساقه، درصد و عملکرد اسانس کل اندام هوایی برای هر کرت محاسبه شد. تجزیه واریانس نشان داد که کودهای مختلف و سطوح مختلف تراکم بر تمامی صفات اثر معنی داری داشتند، اما اثر متقابل کود \times تراکم تنها بر صفات درصد و عملکرد اسانس تأثیر معنی داری داشت. با توجه به مقایسه میانگین به روش دانکن، کود باعث افزایش رشد آویشن شد و تمام خصوصیات رویشی گیاه تحت تأثیر مصرف کود قرار گرفت و از بین دو نوع کود مصرفی، تأثیر کود حیوانی بهتر بود. از طرفی با افزایش تراکم، ارتفاع بوته افزایش یافت، اما تعداد شاخه در بوته و قطر تاج پوشش روند کاهشی نشان داد و برخلاف این دو صفت عملکرد تر و خشک گیاه در تراکم کم و زیاد نسبت به تراکم متوسط کمتر بود. روند متفاوتی برای درصد و عملکرد اسانس مشاهده شد و به این ترتیب، درصد اسانس با کاهش تراکم از ۸ بوته به ۴ بوته به میزان ۱۷/۵۳ درصد افزایش داشت، اما در مقابل عملکرد اسانس ۵/۴۲ درصد کاهش نشان داد. نتایج تجزیه مؤلفه های اصلی صفات در شرایط مختلف زراعی نشان داد که ۹۴/۳ درصد واریانس بر اساس دو مؤلفه اول بیان شد و بای پلات دو مؤلفه نتایج مقایسه میانگین را تأیید کرد. با توجه به هدف نهایی این تحقیق که تعیین بهترین تراکم در شرایط استفاده از کود دامی و کاه غنی شده برای دستیابی به نتیجه مطلوب در کشت

* نویسنده مسئول: هوشنگ رحمتی

آویشن در شرایط دیم بود، بنابراین بر اساس گروه بندی اثر متقابل دو عاملی و تحلیل مؤلفه های اصلی، مشاهده شد که استفاده از کود دامی به میزان ۲۰ تن در هکتار با تراکم ۶ بوته در مترمربع مناسب ترین تیمار برای کشت آویشن در شرایط دیم استان کرمانشاه است که می توان آن را برای کشت این گونه در شرایط آب و هوایی استان کرمانشاه توصیه کرد.

کلید واژه ها: اسانس، تغذیه گیاهی، فاصله کشت، گیاه دارویی

مقدمه

جنس آویشن در ایران شامل ۱۴ گونه است که در مناطق مختلف آب و هوایی توزیع شده است (Shabkhiz *et al.*, 2021) و همواره به عنوان گیاهان دارویی مهم شناخته شده اند (Abdi *et al.*, 2022). آویشن دنیایی با نام علمی (*Thymus daenensis* Celak) یکی از گونه های جنس آویشن است که از نظر اقتصادی مهم می باشد (Shabkhiz *et al.*, 2021)، زیرا اغلب نعنایان از جمله گونه های جنس آویشن تولید کننده ترپن ها و انواع ترکیبات دیگر هستند که این ترکیبات را (به طور عمده) در غدد اپیدرمی برگ ها، ساقه ها و اندام های زایشی ذخیره می کنند (Shokri *et al.*, 2019) و بر همین اساس، اسانس آویشن دنیایی که توسط غده های خارجی گیاه تولید می شود (Abdi *et al.*, 2022) نیز دارای خواص دارویی مختلف از جمله ضد باکتریایی، ضد قارچی، ضد ویروس و آنتی اکسیدانی می باشد. این گونه دارای فنول ها و مونوترپن های معطر مانند تیمول، کارواکرول، پاراسیمن و گاماترپین می باشد که این اجزاء نه تنها مسئول عطر و طعم آن هستند، بلکه به اثرهای بیولوژیکی آن نیز کمک قابل توجهی می کنند (Emami Bistgani *et al.*, 2018).

از طرفی کیفیت فرآورده های گیاه آویشن ممکن است توسط شرایط محیطی مختلف مانند کیفیت و کمیت نور، تغذیه کودی، تراکم گیاهی، رطوبت خاک و دما که توانایی تغییر محتوای ماده مؤثره دارویی گیاه را دارند، تحت تأثیر قرار گیرند (Abdi *et al.*, 2022)، بنابراین بکارگیری صحیح مواد غذایی مورد نیاز برای رشد گیاهان دارویی سبب افزایش عملکرد، کمیت و کیفیت مواد مؤثره

موجود در کل پیکره رویشی و یا اندام های مورد استفاده گیاه می شود و از طرف دیگر استفاده از کودهای طبیعی تجدیدپذیر با منشأ زیستی اهمیت زیادی در حفظ ساختمان، فعالیت بیولوژیکی، ظرفیت تبادل و نگهداری آب و در نهایت اصلاح ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Safaei *et al.*, 2014). به عبارتی استفاده طولانی مدت کودهای شیمیایی سبب آلودگی محیط زیست و تخریب ساختار خاک می شود اما کودهای آلی که حاوی موادی با منشأ گیاهی یا حیوانی هستند، خاک را اصلاح و خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن را بهبود می بخشند. همچنین به نگهداری مواد غذایی در خاک کمک می کنند تا دسترسی گیاهان به مواد مغذی افزایش یابد و ضمن حفاظت از محیط زیست در نهایت کارایی کمی و کیفی گیاه را افزایش می دهند (Yousefi *et al.*, 2023a). هرچند گزارش شده که کودهای آلی گاهی اوقات نمی تواند پاسخگوی تمام نیازهای غذایی گیاهان باشند و ترکیب کودهای شیمیایی با انواع کودهای آلی برای دستیابی به تولید بهینه و پایدار در کشاورزی اهمیت دارد (Roussos *et al.*, 2017)، با این حال کودهای آلی حاوی مقادیر زیادی ماده آلی به عنوان منابع مهم مواد مغذی NPK هستند و علاوه بر آن حاوی عناصر کمیابی مانند آهن است که رشد گیاه را بهبود می بخشد و همچنین دسترسی گیاه به ریزمغذی ها (روی، مس، آهن، منگنز، بور و مولیبدن)، به شدت با تجمع مواد آلی مرتبط است و بر این اساس ترکیب یا جایگزینی کودهای شیمیایی با انواع کودهای آلی برای دستیابی به تولید پایدار در کشاورزی مهم است (Yousefi *et al.*, 2023b).

تراکم گیاه در واحد سطح یکی از عوامل مهم ایجاد رقابت در میان گیاهان زراعی و یکی از شاخص‌های مهم برای تعیین توانایی گیاه زراعی در به‌کارگیری منابع است (Lebaschi *et al.*, 2018). تغییر در تراکم کشت سبب تغییر ساختار تاج و سیستم ریشه شده که بر جذب تشعشع، آب و مواد مغذی در گیاهان تأثیر می‌گذارد (Guo *et al.*, 2021)، در واقع عامل مهمی در تعیین ریز محیط اطراف بوته‌ها در مزرعه است. داشتن تراکم کاشت بالاتر، رقابت بین گیاهان برای نور، آب و مواد مغذی را افزایش می‌دهد و بهینه‌سازی فاصله بوته می‌تواند با تأثیر مطلوب بر جذب عناصر غذایی و قرار گرفتن گیاه در معرض نور منجر به عملکرد بیشتر محصول شود (Yousefi *et al.*, 2023c). به عبارتی فاصله کاشت علاوه بر عملکرد کمی، بر عملکرد کیفی، عملکرد اسانس و ماده خشک در واحد سطح آویشن تأثیر گذار است (Taheri *et al.*, 2013). بر همین اساس برای حصول عملکرد بالا، تعیین مناسب‌ترین و بهترین تراکم اهمیت زیادی در برنامه ریزی زراعی دارد. عملکرد تحت تأثیر رقابت بین بوته‌ای برای عوامل محیطی رشد قرار می‌گیرد. حداکثر عملکرد در واحد سطح هنگامی حاصل می‌شود که این رقابت به حداقل برسد تا گیاه بتواند از عوامل رشد موجود، حداکثر استفاده را بکند (Yousefi

تراکم گیاه در واحد سطح یکی از عوامل مهم ایجاد رقابت در میان گیاهان زراعی و یکی از شاخص‌های مهم برای تعیین توانایی گیاه زراعی در به‌کارگیری منابع است (Lebaschi *et al.*, 2018). تغییر در تراکم کشت سبب تغییر ساختار تاج و سیستم ریشه شده که بر جذب تشعشع، آب و مواد مغذی در گیاهان تأثیر می‌گذارد (Guo *et al.*, 2021)، در واقع عامل مهمی در تعیین ریز محیط اطراف بوته‌ها در مزرعه است. داشتن تراکم کاشت بالاتر، رقابت بین گیاهان برای نور، آب و مواد مغذی را افزایش می‌دهد و بهینه‌سازی فاصله بوته می‌تواند با تأثیر مطلوب بر جذب عناصر غذایی و قرار گرفتن گیاه در معرض نور منجر به عملکرد بیشتر محصول شود (Yousefi *et al.*, 2023c). به عبارتی فاصله کاشت علاوه بر عملکرد کمی، بر عملکرد کیفی، عملکرد اسانس و ماده خشک در واحد سطح آویشن تأثیر گذار است (Taheri *et al.*, 2013). بر همین اساس برای حصول عملکرد بالا، تعیین مناسب‌ترین و بهترین تراکم اهمیت زیادی در برنامه ریزی زراعی دارد. عملکرد تحت تأثیر رقابت بین بوته‌ای برای عوامل محیطی رشد قرار می‌گیرد. حداکثر عملکرد در واحد سطح هنگامی حاصل می‌شود که این رقابت به حداقل برسد تا گیاه بتواند از عوامل رشد موجود، حداکثر استفاده را بکند (Yousefi

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی مرکز آموزش کشاورزی ماهیدشت متعلق به مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه با موقعیت جغرافیایی $49^{\circ} 46'$ طول شرقی، $16^{\circ} 34'$ عرض شمالی و ارتفاع از سطح دریا 1360 متر، در دو سال زراعی $1399-1400$ و $1400-1401$ انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول شماره ۱ ارائه شده است. در شکل شماره ۱ نمودار آمبروترمیک محل انجام آزمایش بررسی طی دو سال زراعی ارائه شده است.

Table 1. Physicochemical properties of experimental field soil

| K (ppm) | P (ppm) | Total N (%) | Organic carbon (%) | $Ec \times 10^3$ | pH | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) | Soil texture |
|---------|---------|-------------|--------------------|------------------|-----|----------|----------|----------|--------------|
| 462.0 | 23.6 | 0.22 | 1.2 | 0.92 | 7.8 | 7.4 | 45.6 | 47.1 | Clay-silty |

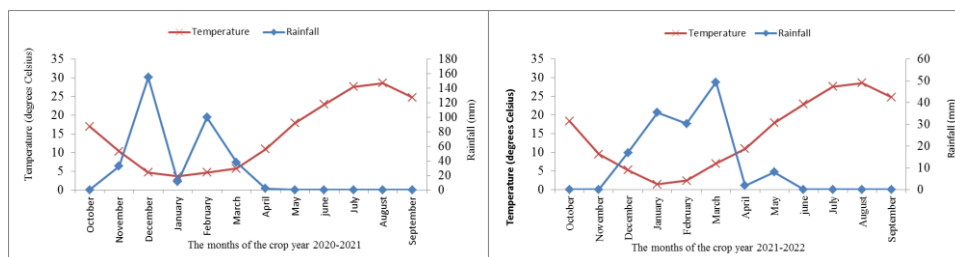


Figure 1. Monthly ambrothermic diagram of the crop years 2020-2021 and 2021-2022

از هر کرت ۳ بوته به صورت تصادفی انتخاب شد. صفات ارتفاع بوته برحسب سانتی‌متر، تعداد شاخه در بوته، قطر تاج پوشش برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین به دست آمده برای سه بوته در هر کرت به عنوان میانگین کرت ثبت شد. در مرحله‌ی گلدهی از هر کرت با رعایت اثر حاشیه مساحت یک مترمربع برداشت شد و وزن تر با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد، برحسب گرم در مترمربع ثبت شد. در نهایت نمونه‌های برداشت شده از هر کرت در سایه خشک و وزن خشک با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد و وزن خشک هر کرت برحسب گرم در مترمربع ثبت شد در مرحله‌ی بعد برگ‌ها و ساقه‌ها از همدیگر جدا شد و برای هر کرت جداگانه توزین شد و با تقسیم بر تراکم بوته‌ها در مترمربع وزن خشک برگ و ساقه برحسب گرم در بوته ثبت شد، که با تقسیم وزن برگ بر ساقه صفت نسبت برگ به ساقه برای هر کرت محاسبه شد.

به منظور اندازه‌گیری درصد و عملکرد اسانس ۱۰۰ گرم برگ و ساقه خشک شده در سایه از هر کرت توسط آسیاب پودر شد و با استفاده از روش تقطیر با آب و به وسیله‌ی دستگاه کلونجر اسانس آن‌ها استخراج شد (Yousefi *et al.*, 2023). مدت زمان استخراج برای تمام نمونه‌ها یکسان بود و مدت دو ساعت در نظر گرفته شد. بعد از رطوبت‌زدایی آب توسط سولفات سدیم، درصد اسانس برای هر کرت تعیین شد و در نهایت با توجه به عملکرد خشک بوته در مترمربع، میزان عملکرد اسانس در مترمربع برای هر کرت محاسبه شد.

با استفاده از نرم‌افزار SPSS 18، تجزیه واریانس در قالب آزمایش اسپلیت پلات با پایه‌ی بلوک کامل تصادفی و مقایسه میانگین با روش دانکن انجام شد، همچنین با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد.

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح (کود گاوی پوسیده به میزان ۲۰ تن در هکتار، کاه غنی‌شده به میزان ۱۰ تن در هکتار به همراه خاک زراعی بدون اعمال کود بود) و فاکتور فرعی سه تراکم (۴، ۶ و ۸ بوته در مترمربع) کشت بود (Taheri *et al.*, 2013).

هر واحد آزمایشی در کرت فرعی ۳ ردیف کشت و هر کرت اصلی متشکل از ۹ ردیف کشت با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. بین کرت‌های اصلی یک ردیف بدون کشت در نظر گرفته شد و بنابراین فاصله بین دو کرت اصلی یک متر بود. فاصله بین تکرارها نیز یک متر در نظر گرفته شد. به منظور اعمال تیمار کودی با توجه به مساحت هر واحد آزمایشی در کرت اصلی (۱۰ مترمربع) میزان ۲۰ کیلوگرم کود دامی برای فاکتور کود دامی و ۱۰ کیلوگرم کاه غنی‌شده با سولفات آمونیوم به نسبت ۱ درصد (به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد و با خاک مخلوط شد. لازم به توضیح است میزان کود شیمیایی بدون در نظر گرفتن آزمون خاک به منظور تعمیم نتایج به سایر مزارع انجام شد، زیرا در واقع کود شیمیایی استفاده شده بصورت مستقیم نبود و برای غنی کردن کاه استفاده شد.

بذور در اواخر شهریورماه ۱۳۹۹ در گلدان و شرایط گلخانه کشت شدند و پس از رشد کافی گیاهچه‌ها، در اواسط آبان‌ماه نشاءها به زمین اصلی منتقل شدند و در داخل جوی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و بر اساس فاصله‌های روی ردیف موردنظر ۲۵ (تراکم ۸ بوته در مترمربع)، ۳۵ (تراکم ۶ بوته در مترمربع) و ۵۰ (تراکم ۴ بوته در مترمربع) سانتی‌متر طبق نقشه طرح در کرت‌های فرعی نشاء شدند. عملیات و چین به صورت دستی انجام شد و یک مرحله آبیاری اولیه به منظور استقرار نشاءها صورت گرفت. در سال اول یادداشت‌برداری انجام نشد و در سال دوم (۱۴۰۱) صفات زراعی اندازه‌گیری شد.

نتایج

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که (جدول ۲) نوع تیمار کودی تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته‌های آویشن داشت و همچنین تراکم‌های متفاوت کشت نیز در سطح یک درصد دارای تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع بوته بود. اما اثر متقابل بین کود و تراکم معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین با روش دانکن برای ارتفاع بوته در بین تیمارهای متفاوت کود و تراکم نشان داد که (جدول ۳) در شرایط استفاده از کود دامی و تراکم ۸ بوته در مترمربع بوته‌های آویشن بیشترین ارتفاع را به میزان ۲۷/۵۲ سانتی‌متر داشتند که با دو تیمار ۸ بوته در مترمربع به همراه کاه غنی‌شده و همچنین بدون کود اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت. کمترین ارتفاع بوته در شرایط عدم استفاده از کود و تراکم ۴ بوته در مترمربع با میانگین ۱۲/۸۳ سانتی‌متر مشاهده شد که با تیمارهای تراکمی ۴ بوته در مترمربع به همراه مصرف کاه غنی‌شده یا کود دامی و همچنین تیمار تراکمی ۶ بوته در مترمربع بدون استفاده از کود اختلاف معنی‌دار نداشت.

تعداد شاخه در بوته

برای این صفت مشاهده شد که تیمار کودی تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر تعداد شاخه در بوته در آویشن داشت و همچنین تراکم‌های متفاوت کشت نیز در سطح ۱ درصد دارای تأثیر معنی‌دار بر تعداد شاخه در بوته بود. اما اثر متقابل بین کود و تراکم تأثیر معنی‌دار نداشت. مقایسه میانگین نشان داد که روند متفاوتی نسبت به ارتفاع بوته وجود داشت به این شرح که بیشترین تعداد شاخه در بوته در تیمار تراکمی ۴ بوته در مترمربع به همراه کود دامی با میانگین ۴۴/۶۱ بوته بود، که با تیمار تراکمی ۴ بوته در مترمربع به همراه کاه غنی‌شده اختلاف معنی‌دار نداشت. اما در مقابل کمترین تعداد ساقه در بوته در کشت متراکم (۸ بوته در مترمربع) بدون استفاده از کود با میانگین ۲۳/۱۲ شاخه در بوته مشاهده شد که تنها

با تیمار تراکمی ۶ بوته در مترمربع و بدون کود اختلاف معنی‌دار نداشت.

قطر تاج پوشش

برای صفت قطر تاج پوشش مشاهده شد که اثر اصلی کود در سطح یک درصد و تراکم در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند، اما برهمکنش بین کود و تراکم معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین با روش دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین تاج پوشش با میانگین ۴۲/۵۹ سانتی‌متر مربوط به تیمار ۴ بوته در مترمربع به همراه کود دامی بود که با تیمارهای ۶ بوته در مترمربع به همراه کود دامی یا کاه و همچنین تیمار ۶ بوته در مترمربع به همراه کاه غنی‌شده اختلاف معنی‌دار نداشت. از طرف دیگر کمترین قطر تاج پوشش در تراکم ۸ بوته بدون کود با میانگین ۲۲/۹۸ سانتی‌متر بود که با تراکم‌های ۴ و ۶ بوته بدون کود و تراکم ۸ بوته با کاه غنی‌شده اختلاف معنی‌دار نداشت.

عملکرد وزن تر و خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کود و تراکم به‌صورت جداگانه تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد وزن تر و خشک آویشن داشتند، اما برهمکنش این دو فاکتور اثر معنی‌دار بر عملکرد وزن تر و خشک آویشن، با توجه به تجزیه واریانس نداشت. از طرف دیگر، هرچند با توجه به مقایسه میانگین برهم‌کنش دو فاکتور موردبررسی براساس روش دانکن در سطح پنج درصد گروه‌بندی متفاوتی برای وزن تر و خشک آویشن برحسب گرم در مترمربع مشاهده شد و بر همین اساس برای وزن تر و خشک بیشترین میزان در تیمار تراکم ۶ بوته در مترمربع همراه با مصرف کود دامی به ترتیب به میزان ۲۷۸/۲ و ۹۷/۲۹ گرم در مترمربع بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد داشتند و در مقابل کمترین وزن تر و خشک به ترتیب با میانگین ۱۱۴/۶ و ۳۷/۵۶ گرم در مترمربع مربوط به تیمار ۴ بوته در مترمربع بدون مصرف کود بود.

Table 2. Variance analysis of investigated traits under different fertilizer and density conditions

| Sources of variation | Degrees of freedom | Plant height | Number of branches | Diameter of canopy | Wet weight | Dry weight |
|------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| Repetition | 2 | 0.276 ^{ns} | 0.362 ^{ns} | 1.37 ^{ns} | 648.9 ^{**} | 2.643 ^{ns} |
| Fertilizer | 2 | 58.38 ^{**} | 331.5 ^{**} | 263.7 ^{**} | 21708 ^{**} | 3143 ^{**} |
| Error | 4 | 1.435 | 2.42 | 5.754 | 21.46 | 2.595 |
| Density | 2 | 203.6 ^{**} | 261.4 ^{**} | 164.2 [*] | 5321 ^{**} | 677.2 ^{**} |
| Fertilizer × Density | 4 | 0.780 ^{ns} | 2.275 ^{ns} | 1.623 ^{ns} | 556.6 ^{ns} | 32.70 ^{ns} |
| Error | 12 | 12.11 | 13.16 | 25.25 | 517.1 | 25.21 |
| Coefficient of variation (%) | | 17.33 | 10.64 | 15.21 | 2.25 | 2.37 |
| Sources of variation | Degrees of freedom | Leaf weight | Stem weight | Leaf /Stem ratio | Percentage of essential oil | Yield of essential oil |
| Repetition | 2 | 0.292 ^{ns} | 0.255 ^{ns} | 0.001 ^{ns} | 0.099 ^{ns} | 0.069 ^{ns} |
| Fertilizer | 2 | 47.11 ^{**} | 16.87 ^{**} | 0.050 ^{**} | 3.316 [*] | 7.686 ^{**} |
| Error | 4 | 0.526 | 0.247 | 0.002 | 0.478 | 0.316 |
| Density | 2 | 38.70 ^{**} | 10.55 ^{**} | 0.120 [*] | 3.991 ^{**} | 1.692 ^{**} |
| Fertilizer × Density | 4 | 2.958 ^{ns} | 0.743 ^{ns} | 0.007 ^{ns} | 0.569 [*] | 0.655 ^{**} |
| Error | 12 | 1.544 | 0.690 | 0.018 | 0.136 | 0.078 |
| Coefficient of variation (%) | | 10.05 | 9.96 | 9.46 | 14.94 | 16.04 |

^{**} significant at 1% level, ^{*} significant at 5% level, ^{ns} not significant

Table 3. Mean comparison of investigated traits under the influence of fertilizer and density treatments by Duncan's method at 5% level

| Fertilizer | Density | Plant height (cm) | Number of branches | Diameter of canopy (cm) | Wet weight (g m ⁻²) | Dry weight (g m ⁻²) |
|----------------|-----------|-------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Non-used* | 4 Plant/m | 12.83e | 32.31de | 30.83bcd | 114.6g | 37.56f |
| | 6 Plant/m | 17.05cde | 26.54ef | 29.49cd | 185.6ef | 58.93de |
| | 8 Plant/m | 22.61abc | 23.12f | 22.98d | 163.2f | 51.98e |
| Manure | 4 Plant/m | 17.84cde | 44.61a | 42.59a | 236.5bc | 79.37bc |
| | 6 Plant/m | 22.41abc | 38.42bc | 39.18ab | 278.2a | 97.29a |
| | 8 Plant/m | 27.52a | 34.16cd | 33.98bc | 242.3b | 83.85b |
| Enriched straw | 4 Plant/m | 15.32de | 42.31ab | 35.66abc | 198.7def | 61.34d |
| | 6 Plant/m | 20.76bcd | 35.52cd | 34.94abc | 230.8bcd | 73.98c |
| | 8 Plant/m | 24.39ab | 29.76de | 27.70cd | 201.7cde | 65.26d |

Means with the same letters are not significantly different based on Duncan's test

* Check treatment

وزن خشک برگ و ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح متفاوت کود و تراکم به صورت جداگانه تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ و ساقه در سطح یک درصد داشتند، اما برهمکنش دو

فاکتور موردبررسی تأثیر معنی‌دار بر وزن خشک برگ و ساقه آویشن نداشت (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن خشک برگ با میانگین ۱۲/۱۳ گرم در بوته مربوط به تیمار تراکم ۴ بوته در مترمربع به همراه کود دامی

در تیمار ۸ بوته بدون کود با میانگین ۱/۲۲ وجود داشت که تنها با تیمارهای ۴ بوته با کود دامی، ۴ و ۶ بوته با کاه غنی شده اختلاف معنی دار داشت.

درصد و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی کود و تراکم و همچنین برهمکنش آن‌ها بر روی درصد و عملکرد اسانس آویشن تأثیر معنی دار داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد اسانس به دو تیمار ۴ و ۶ بوته در مترمربع با کود دامی به ترتیب با میانگین ۳/۵۵ و ۳/۸۳ درصد اختصاص داشت که با تیمار ۴ بوته با کاه غنی شده اختلاف معنی دار نداشت. کمترین درصد اسانس در تیمار ۸ بوته بدون کود با میانگین ۱/۶۸ درصد اختصاص داشت که با تیمارهای ۸ بوته با کود دامی و ۶ و ۸ بوته با کاه غنی شده اختلاف معنی دار نداشت. برای عملکرد اسانس با توجه به مقایسه میانگین با روش دانکن در سطح ۵ درصد مشاهده شد که تیمار ۶ بوته با کود دامی با میانگین ۳/۴۶ گرم در مترمربع بیشترین میانگین را داشت که با تیمار ۴ بوته با کود دامی اختلاف معنی دار نداشت و کمترین میزان عملکرد اسانس نیز در ۸ بوته بدون کود با میانگین ۰/۸۷۱ گرم در مترمربع اختصاص داشت که با تیمارهای ۶ و ۴ بوته بدون کود و ۸ بوته با کاه غنی شده اختلاف معنی دار نداشت.

بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی دار داشت و بیشترین وزن خشک ساقه با میانگین ۷/۴۹ نیز در همین تیمار مشاهده شد، که تنها با تیمار تراکمی ۶ بوته به همراه کود دامی اختلاف معنی دار نداشت. در مقابل کمترین وزن خشک برگ به تیمار تراکمی ۸ بوته بدون کود با میانگین ۳۴/۴ گرم در بوته اختصاص داشت که با دو تیمار ۴ بوته بدون کود و ۸ بوته با کاه غنی شده اختلاف معنی دار نداشت. برای وزن خشک ساقه نیز تیمار ۸ بوته بدون کود کمترین میزان را با میانگین ۲۸/۲ گرم در بوته داشت که با تیمارهای ۴ و ۶ بوته بدون کود و ۸ بوته با کاه غنی شده اختلاف معنی دار نداشت.

نسبت برگ به ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فاکتور کودی تأثیر معنی داری در سطح یک درصد و سطوح متفاوت تراکم کشت تأثیر معنی دار در سطح ۵ درصد بر روی این صفت داشت، اما اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی برای نسبت برگ به ساقه در آویشن با توجه به تجزیه واریانس معنی دار نشد. با توجه به مقایسه میانگین مشاهده شد که بیشترین نسبت برگ به ساقه با میانگین ۱/۶۲ برای تیمار ۴ بوته با کود دامی مشاهده شد و با تیمارهای ۴ بوته با کاه و ۴ بوته بدون کود و همچنین تیمارهای ۶ بوته با کود دامی و ۶ بوته با کاه اختلاف معنی دار نداشت. کمترین میزان نسبت برگ به ساقه

Continued table 3. Mean comparison of investigated traits under the influence of fertilizer and density treatments by Duncan's method at 5% level

| Fertilizer | Density | Leaf weight (g/plant) | Stem weight (g/plant) | Leaf /Stem ratio | Percentage of essential oil (%) | Yield of essential oil (g/m ²) |
|----------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------|---------------------------------|--|
| Non-used* | 4 Plant/m | 5.433ef | 3.853de | 1.41abc | 2.63bc | 0.970d |
| | 6 Plant/m | 5.741de | 4.19de | 1.37bc | 1.5d | 0.886d |
| | 8 Plant/m | 3.438f | 2.818e | 1.22c | 1.68d | 0.871d |
| Manure | 4 Plant/m | 12.13a | 7.487a | 1.62a | 3.83a | 3.054a |
| | 6 Plant/m | 9.919b | 6.937ab | 1.47abc | 3.55a | 3.456a |
| | 8 Plant/m | 6.281de | 4.653cd | 1.35bc | 2.01cd | 1.685bc |
| Enriched straw | 4 Plant/m | 9.244bc | 6.002bc | 1.54ab | 2.98ab | 1.836b |
| | 6 Plant/m | 7.704cd | 5.171cd | 1.51ab | 2.28bcd | 1.682bc |
| | 8 Plant/m | 5.015ef | 3.800de | 1.32bc | 1.75cd | 1.141cd |

Means with the same letters are not significantly different based on Duncan's test

* Check factor for Fertilizer

ارزیابی چند متغیره ارتباط صفات با تراکم و کود

بر اساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد بررسی در شرایط متفاوت زراعی تعداد دو مؤلفه که مقدار ویژه‌ی بالای یک داشتند، استخراج شد. مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۷۲/۹ و ۲۱/۹ درصد از واریانس را توجیه نمودند و در مجموع این دو مؤلفه ۹۴/۸ درصد از واریانس را بیان کردند. در مؤلفه اول تمامی صفات به‌استثناء ارتفاع بوته دارای سهم مثبت بودند و برای مؤلفه دوم صفات ارتفاع بوته، عملکرد وزن تر و خشک بیشترین سهم منفی و نسبت برگ به ساقه بیشترین سهم مثبت داشتند (جدول ۴).

بای پلات حاصل از دو مؤلفه اول نشان داد که در تراکم ۸ بوته در مترمربع برای تمام شرایط تغذیه‌ای تنها

ارتفاع بوته‌ها رشد بیشتری داشتند. در مقابل با کاهش تراکم به ۴ بوته در مترمربع و استفاده از کود (دامی یا کاه غنی‌شده) بوته‌ها کمترین ارتفاع را داشتند و در مقابل دارای بیشترین نسبت برگ به ساقه، درصد اسانس، تعداد شاخه در بوته، قطر تاج پوشش و وزن برگ و ساقه بودند. همچنین مشاهده شد که در تراکم ۶ بوته در مترمربع و در شرایط استفاده از کود (دامی یا کاه غنی‌شده) بیشترین عملکرد خشک و تر و همچنین عملکرد اسانس وجود داشت، که در بین این دو تیمار، استفاده از کود دامی و تراکم ۶ بوته در مترمربع مناسب تر بود. در نهایت برای شرایط بدون استفاده از کود در دو تراکم ۴ و ۶ بوته در مترمربع هیچکدام از صفات برتری نشان ندادند و ضعیف‌ترین تیمارهای آزمایش بودند (شکل ۱).

Table 4. Values of the first and second components, eigenvalues, percentage of variance and cumulative variance of principal components analysis of traits in different agricultural conditions

| Variables | PC1 | PC2 |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| Plant height | -0.027 | -0.655* |
| Number of branches | <u>0.344</u> | 0.152 |
| Diameter of canopy | <u>0.362</u> | 0.055 |
| Wet weight | <u>0.270</u> | -0.447 |
| Dry weight | <u>0.269</u> | -0.458 |
| Leaf weight | <u>0.363</u> | 0.098 |
| Stem weight | <u>0.368</u> | 0.035 |
| Leaf /Stem ratio | <u>0.325</u> | <u>0.269</u> |
| Percentage of essential oil | <u>0.332</u> | 0.188 |
| Yield of essential oil | <u>0.349</u> | -0.127 |
| Eigenvalue | 7.290 | 2.189 |
| Percentage of variance | 72.9 | 21.9 |
| Cumulative variance | 72.9 | 94.8 |

*The numbers underlined have the largest contribution in component

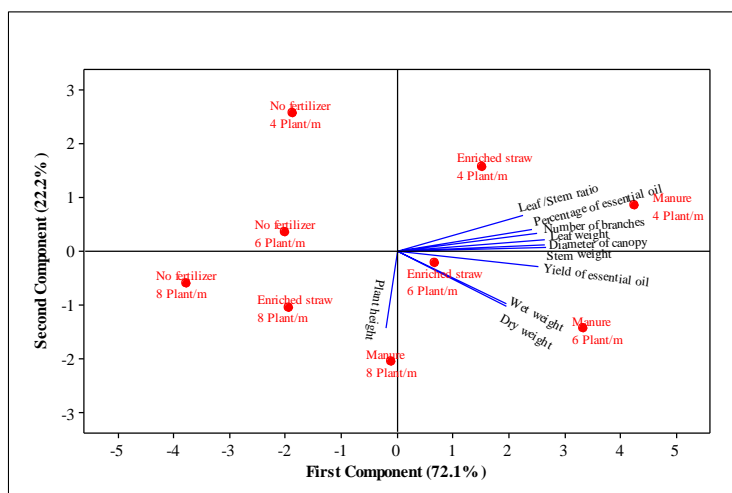


Figure 1. Biplot of two components resulting principal components analysis of traits in different agricultural conditions

غنی شده تأثیر بهتری بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت که با نتایج این تحقیق منطبق بود (Yousefi *et al.*, 2023b). خصوصیات رویشی و عملکرد گیاه تحت تأثیر تراکم‌های متفاوت کشت نیز قرار گرفت، بر همین اساس مشاهده شد که تغییر در تراکم کشت و رقابت گیاه برای کسب نور و مواد غذایی موجب شد که صفات مختلف واکنش متفاوتی با افزایش تراکم کاشت نشان دهند به این شرح که با افزایش تراکم ارتفاع گیاه افزایش داشت اما تعداد شاخه در بوته و قطر تاج پوشش روند کاهشی نشان داد و در مقابل این دو صفت عملکرد تر و خشک گیاه در تراکم پایین و بالا نسبت به تراکم متوسط کمتر بود، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در آویشن دانایی با افزایش تراکم رقابت برای کسب نور سبب افزایش ارتفاع شده و از رویش جانبی و تولید شاخه‌های جانبی کاسته می‌شود و چون عملکرد گیاه برآیندی از افزایش ارتفاع و قطر تاج پوشش است رویش بهینه برای حصول عملکرد مطلوب در تراکم متوسط است که سبب می‌شود هم ارتفاع مناسب و هم تاج پوشش مناسب حاصل شود. بر همین اساس نتایج تحقیق بر روی چهار گونه آویشن نشان داد که بیشترین قطر کانوی در تراکم پایین به دست آمد که با این تحقیق مطابقت داشت، اما در مقابل بیشترین ارتفاع نیز در تراکم پایین بود که با این نتیجه‌گیری مطابقت نداشت (Taheri *et al.*,

بحث

استفاده از کود آلی و بهبود شرایط تغذیه گیاهی سبب افزایش رشد آویشن شد و تمام خصوصیات رویشی گیاه تحت تأثیر مصرف کود قرار گرفت. بر همین اساس گزارش شده است که مصرف کود از هر نوعی (شیمیایی، دامی و زیستی) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد آویشن در مقابل تیمار شاهد می‌شود (Safaei *et al.*, 2014; Shabkhiz *et al.*, 2021)، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در هر حال عناصر غذایی نقش تعیین کننده‌ای در مراحل مختلف نمو و فعالیت‌های متابولیکی در گیاهان دارد (Abbaszadeh *et al.*, 2005) و تحقیقات نشان داده است که تغذیه سبب افزایش وزن تر و خشک، عملکرد اقتصادی، درصد و عملکرد اسانس آویشن شده است (Rahimi *et al.*, 2019). همچنین بیان شده است که در گیاهان دارویی تغذیه بطور غیر مستقیم بر ساخت مواد مؤثره تأثیر دارد و میزان اسانس تا حد مشخصی با افزایش عناصر غذایی مختلف تغییر افزایشی یا کاهشی دارد (Neamati *et al.*, 2014). در بین دو نوع کود آلی نیز مشاهده شد که کود دامی عملکرد بهتری نسبت به کاه غنی شده داشت. مقایسه این دو نوع کود در مرزه خزنده (Satureja *spicigera*) نیز نشان داد که کود دامی نسبت به کاه

به‌دست‌آمد، مطابق با این نتیجه‌گیری در بررسی اثر کود ازته و تراکم کشت در گیاه شنبلیله نبود اثر متقابل معنی‌دار در تجزیه واریانس و گروه‌بندی متفاوت با استفاده از مقایسه میانگین گزارش شد و ترکیب مناسب کود و تراکم کشت برای شرایط آب و هوایی گیلان در کشت دوم تعیین شد (Zandi *et al.*, 2013). از طرف دیگر بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی درصد بالایی از واریانس با دو مؤلفه اول بیان شد و با توجه به بای پلات دو مؤلفه مشاهده شد که تراکم بالا (۸ بوته) فقط سبب افزایش بوته‌ها شد و در تراکم پایین (۴ بوته) با مصرف کود آلی بسیاری از خصوصیات رویشی گیاه بهبود یافتند اما در تراکم متوسط (۶ بوته) به همراه مصرف کود عملکرد گیاه اساساً بیشترین مقدار را داشت.

نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به هدف نهایی این تحقیق که تعیین بهترین تراکم کشت در شرایط استفاده از دو نوع کود آلی برای رسیدن به نتیجه مطلوب در کشت دیم آویشن بود، براساس مقایسه میانگین حاصل از برهمکنش دو عامل تراکم و تغذیه و بای پلات دو مؤلفه اول، مشاهده شد که استفاده از کود دامی به میزان ۲۰ تن در هکتار با تراکم کشت ۶ بوته در مترمربع مناسب‌ترین تیمار برای کشت آویشن دنیایی در شرایط دیم استان کرمانشاه می‌باشد که قابل توصیه برای کشت دیم این گونه در شرایط دیم استان کرمانشاه است.

سپاس‌گزاری

از پرسنل ایستگاه تحقیقاتی مرکز آموزش کشاورزی ماهیدشت متعلق به مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه که در اجرای طرح مساعدت داشتند تشکر و قدر دانی بعمل می‌آید. هزینه این تحقیق از گرنت‌های پژوهشی دانشگاه پیام نور استان کرمانشاه تهیه شده است و بدینوسیله از مسئولین دانشگاه پیام نور و همچنین مسئولین مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه تقدیر می‌گردد.

2013)، همچنین در گیاه مرزه مشاهده شد که بیشترین ارتفاع بوته در تراکم بالا و بیشترین قطر کانویی در تراکم پایین به‌دست‌آمد (Yousefi *et al.*, 2023a) و با نتایج این تحقیق مطابقت نشان داد. علاوه بر این مشاهده شد که وزن برگ و ساقه تک بوته‌ها و نسبت برگ به ساقه در تراکم ۴ بوته در مترمربع بهتر بود و با افزایش تراکم این خصوصیات روند کاهشی داشتند. دلیل این نتیجه‌گیری نیز کاهش میزان رقابت بین بوته‌ها با افزایش فاصله کشت و استفاده بهتر از منابع غذایی خاک و نور می‌باشد. علاوه بر این در شرایط دیم استفاده مناسب از رطوبت خاک نیز یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر رشد رویشی آویشن است و تراکم مناسب کاشت تأثیر بالایی بر مصرف بهینه رطوبت موجود در خاک و رشد گیاه دارد (Naghdi Badi *et al.*, 2003). برای درصد و عملکرد اساساً روند متفاوتی مشاهده شد و به این شرح که در تراکم کم درصد اساساً بیشتر بود، اما عملکرد اساساً در تراکم متوسط بیشترین مقدار را داشت و این نتیجه‌گیری به این دلیل است که با کاهش تراکم استفاده از مواد غذایی و شرایط مناسب رویشی سبب افزایش درصد اساساً شده، اما چون عملکرد اساساً برآیندی از عملکرد گیاه و درصد اساساً است بر همین اساس در تراکم متوسط عملکرد اساساً بیشتر شد. مشابه نتیجه این تحقیق در بررسی کمی و کیفی سه گونه آویشن در شرایط دیم گزارش شد (Lebaschi *et al.*, 2018). اما در مقابل برای گونه‌ی آویشن دنیایی برگ نیزه‌ای در شرایط استان لرستان گزارش شد که درصد و عملکرد اساساً در تراکم ۸ بوته در مترمربع بیشترین مقدار را دارد (Sepahvand *et al.*, 2017) که با نتایج این تحقیق مطابقت نداشت. در مجموع واکنش گیاه به تراکم کشت بستگی به نوع گونه و هدف برداشت دارد بر همین اساس در گیاه رازیانه مشاهده شد که در تراکم بالا عملکرد بذر و درصد اساساً بیشتر بود (Delfieh *et al.*, 2017). از طرف دیگر هرچند اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی براساس تجزیه واریانس برای اکثر صفات معنی‌دار نشد، اما در گروه‌بندی حاصل از آزمون دانکن برای برهمکنش دو فاکتور گروه‌های متفاوتی

References

- Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Ardakani, M. R., Rezaee, M. B., & Paknejad, F. (2005). Effect of spraying of nitrogen fertilizer on *Melissa officinalis* L. yield in the greenhouse condition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 21(2): 123-129. [In Persian]
- Abdi, L., Asghari, H. R., Tolyat abolhasani, M., Amerian, M. R., & Naghdi badi, H. (2022). Effect of salicylic acid on growth and phytochemical characteristics of *Thymus daenensis* under drought irrigation. *Plant Process and Function*, 11 (48): 195-210. URL: <http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1610-fa.html>. [In Persian]
- Delfieh, M., Modarres-Sanavy, S.A.M., & Farhoudi, R. (2017). Investigating the effects of plant density, seed inoculation with bacteria and different nitrogen fertilizing methods on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)*, 40 (1): 111-121. [In Persian]
- Emami Bistgani, Z., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A. G., Hashemi, M., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2018). Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, 121: 434-440.
- Guo, X., Shukla, M. K., Wu, D., Chen, S., Li, D., & Du, T. (2021). Plant density, irrigation and nitrogen management: Three major practices in closing yield gaps for agricultural sustainability in north-west China. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 8 (4): 525-544. doi:10.15302/J-FASE-2020355.
- Lebaschi, M.H., Sharifi Ashoorabadi, E., Makizadeh Tafti, M., Asadi-Sanam, S., & Karimzadeh Asl, Kh. (2018). 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 Research*, 33 (6): 897-914. DOI: 10.22092/ijmapr.2018.109432.1959. [In Persian]
- Naghdi Badi, H., Yazdani, D., Nazari, F., & Mohammad Ali, S. (2003). Seasonal Variation in Oil Yield and Composition from *Thymus vulgaris* L. under different Dense Cultivation. *Journal of Medicinal Plants*, 2 (5): 51-56. URL: <http://jmp.ir/article-1-788-fa.html>. [In Persian]
- Neamati, H., Azizi, M., Mohammadi, S., & Karimpour, S. (2014). The study on the effect of spraying with different concentrations of vermicompost extract (Vermiwash) on the morphological traits, yield and percentage of essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science*, 27 (4): 411-417. [In Persian]
- Rahimi, A., Doulati, B., & Heydarzadeh, S. (2019). Investigation the effect of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Thymus daenensis* Celak. *Agricultural Engineering*, 42 (3): 79-95. <https://doi.org/10.22055/agen.2019.27350.1457>. [In Persian]
- Roussos, P. A., Gasparatos, D., Kechrologou, K., Katsenos, P., & Bouchagier, P. (2017). Impact of organic fertilization on soil properties, plant physiology and yield in two newly planted olive (*Olea europaea* L.) cultivars under Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 220: 11-19.
- Safaei, L. Sharifi Ashoorabadi, E., Afiuni, D., Davazdah Emami, S., & Shoaii, A. A. (2014). The effect of different nutrition systems on aerial parts and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 30 (5): 702-713. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2014.10708>. [In Persian]
- Sepahvand, A., Kademi, K., Astereki, H., & Mohammadian, A. (2017). Effects of density on yield and yield components of thyme (*Thymus lancifolius* Celak.) under dry farming conditions of Lorestan province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 32(6): 988-997. [In Persian]
- Shabkhiz, H., Javanmard, A., Ostadi, A., & Morshedloo, M. R. (2021). Improving quantity and quality of *Thymus daenensis* Celak. essential oil with application of Myco-Root biofertilizer under different irrigation levels. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37 (3): 434-456. [In Persian]
- Shokri, B., Nejadhabibvash, F., Farokhi, F., & Rezaee, M. B. (2019). Effect of feeding *Thymus daenensis* Celak. essential oil on the serum lipid profiles, urea and liver enzymes in hypercholesterolemic male Wistar rats. *Journal of Gorgan University Medical Sciences*, 21 (2):18-25. [In Persian]

- Taheri, R., Lebaschy, M. H., Zakerin, A., Bakhtiari Ramezani, M., Borjian, A., & Makkizadeh Tafti, M. (2013). Effects of plant densities on quantitative and qualitative characteristics of four *Thymus* species under dry farming condition of Damavand. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 29 (3): 709-719. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2013.4052>. [In Persian]
- Yousefi, B., Lebaschy, M. H., Sefidkon, F., & Safari, H. (2023a). Effects of different planting densities and organic fertilizers on yield characteristics of *Satureja spicigera* (c. Koch) Boiss. under rainfed conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 39 (1): 69-81. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.353696.2947>. [In Persian]
- Yousefi, B., Safari, H., & Khanhasani, M. (2023b). The effect of cow manure and enriched straw on the essential oil, yield and yield components of creeping savory under dry farming. *Crop Production Journal*, 16 (2): 169-186. DOI: 10.22069/ejcp.2023.6573.2553. [In persian]
- Yousefi, B., Sefidkon, F., & Safari, H. (2023c). Evaluation of essential oil in *Satureja spicigera* (c. Koch) boiss. in dry farming under the effect of different organic fertilizers and plant densities. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(3): 319-332. doi: 10.22059/ijhst.2022.344120.568.
- Zandi, P., Shirani Rad, A. H., Daneshian, J., & Bazrkar Khatibani, L. (2013). Evaluation of nitrogen fertilizer and plant density effects on yield and yield components of fenugreek in double cropping. *The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)*, 35(4): 81-91. [In Persian]