

## Effects of nutritional treatments on quantitative and qualitative yield of *Echinacea purpurea* L.

Jhinous Hashempour<sup>1</sup>, Samaneh Asadi-Sanam<sup>2\*</sup>, Mahdi Mirza<sup>3</sup> and Marzieh Ghanbari Jahromi<sup>4</sup>

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

Received: December 2021

Revised: April 2022

Accepted: April 2022

### Abstract

**Background and objectives:** Purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) is one of the most wellknown medicinal plant species with high economic value worldwide. In Iran, this species' roots and shoots are used in herbal medicines. Many types of phytomedicine are commercially produced from *Echinacea* aerial portions for boosting the nonspecific immune system and treating the common cold. Environmental and health costs of chemical fertilizers have led researchers to meet plant nutritional needs using chemical, organic and biological fertilizers. The present study aimed to investigate the effects of organic and biological fertilizers on morphological traits, shoot and root dry matter, and essential oil percentage and yield in the leaves and stems of coneflower plants.

**Methodology:** This experiment was conducted on a randomized complete block design with three replications at the Research Institute of Forests and Rangelands, Iran, in 2018-2019. Treatments included control, NPK (N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub>; N<sub>75</sub>P<sub>35</sub>K<sub>35</sub> and N<sub>100</sub>P<sub>75</sub>K<sub>75</sub> Kg.ha<sup>-1</sup>), manure (30, 60 and 90 ton.ha<sup>-1</sup>), vermicompost (5, 10, and 15 ton.ha<sup>-1</sup>), N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub> fertilizer + 30 ton.ha<sup>-1</sup> manure, N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub> + 5 ton.ha<sup>-1</sup> vermicompost, biological fertilizers including *Glomus intraradices* + *G. mosseae*, *Azospirillum* + *Pseudomonas*, *Thiobacillus* + 5 ton.ha<sup>-1</sup> vermicompost and *Thiobacillus* + 250 Kg.ha<sup>-1</sup> of sulfur (S). Before applying fertilizer treatments, a soil analysis was done. After applying fertilizer treatments, the physical and chemical properties of the soil were also determined. The treatments were selected based on the fertilizer requirements of the plant as well as soil test results. Parameters such as plant height, leaf, stem, and flower numbers, root penetration depth, root volume, leaf, stem, root, and flower dry matter, leaf, stem, and flower essential oil, and essential oil yield of leaves, stems, and flowers were evaluated. At the full flowering stage, samples were taken from aerial segments of plants in all treatment groups. After shade-drying, the samples through a Clevenger-type apparatus were hydro-distilled to obtain the essential oil. The oil percentage, as well as yield, was calculated based on the dry weight.

**Results:** The results showed that the highest leaf and stem dry matter was observed in the 15-ton.ha<sup>-1</sup> vermicompost treatment. A 5-ton.ha<sup>-1</sup> vermicompost treated with NPK fertilizers displayed the highest flower dry matter. On the other hand, the highest root dry matter was obtained in the treatment with 30 tons.ha<sup>-1</sup> manure + NPK fertilizers. The highest flower essential oils yield was obtained in ton.ha<sup>-1</sup> manure + NPK fertilizers. The highest leaf + stem oil yields were found at the flowering stage in 15 tons.ha<sup>-1</sup> vermicompost. Also, NPK treatment + 30 tons.ha<sup>-1</sup> of manure resulted in the highest yield of flower essential oil. 15-ton.ha<sup>-1</sup> vermicompost treatment yielded the highest stem and leaf essential oil yield. Only the organic fertilizer group



(CM vs. V5) and the biofertilizer group (GM and GI vs. T) showed an increase in flower essential oil yield compared to the other nutritional treatments. In the leaf+stem essential oil yield results, all comparisons between treatment groups showed a significant effect, except for the organic fertilizer group (CM vs. V5). Compared to the NPK group, the biofertilizer and organic fertilizer group yielded the highest leaf+stem essential oil yield.

**Conclusion:** It was concluded that biological fertilizers treatment combined with organic fertilizers could be a suitable alternative to chemicals in the sustainable production of this valuable medicinal plant. These findings suggested that biofertilizers and organic fertilizers can benefit *Echinacea purpurea* cultivation because, when combined, they enhance the essential oil percentage and yield.

**Keywords:** Biofertilizers, *Echinaceae purpurea* L., essential oil, vermicompost.

## اثر تیمارهای تغذیه‌ای بر عملکرد کتّی و کیفی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinaceae purpurea* L.)

ژینوس هاشم‌پور<sup>۱</sup>، سمانه اسدی صنم<sup>۲\*</sup>، مهدی میرزا<sup>۳</sup> و مرضیه قنبری جهرمی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترا، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
پست الکترونیک: asadisanam@rifr-ac.ir

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

۴- استادیار، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۰

تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۲

### چکیده

سابقه و هدف: سرخارگل (*Echinaceae purpurea* L.)، یکی از معروف‌ترین گونه‌های دارویی با ارزش اقتصادی زیاد در سراسر جهان است که در ایران از ریشه و اندام هوایی آن در تولید داروهای گیاهی استفاده می‌شود. بسیاری از داروهای گیاهی که به‌طور تجاری از اندام‌های هوایی سرخارگل تولید می‌شود برای افزایش سیستم ایمنی غیر اختصاصی و درمان سرماخوردگی استفاده می‌شوند. هزینه‌های زیست محیطی و بهداشتی کودهای شیمیایی منجر شده تا پژوهشگران به نیازهای غذایی گیاهان با استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک پاسخ دهند. از این رو، این مطالعه با هدف بررسی اثر کودهای شیمیایی، آلی و بیولوژیک بر ویژگی‌های مورفولوژیک، ماده خشک شاخساره، ریشه، درصد و عملکرد اسانس گل و مجموع برگ و ساقه سرخارگل انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (مجمع تحقیقاتی البرز) در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. تیمارها شامل شاهد (Control)، NPK (N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub>، N<sub>75</sub>P<sub>35</sub>K<sub>35</sub>) و N<sub>100</sub>P<sub>75</sub>K<sub>75</sub> کیلوگرم در هکتار، کود دامی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار)، ترکیب‌های کودی N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub> + ۳۰ تن کود دامی در هکتار، N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub> + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، کودهای زیستی *Thiobacillus Azospirillum* + *Pseudomonas G. intraradicaes* + *Glomus mosseae* + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و *Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (S) بودند. پیش از اعمال تیمارهای کودی، آنالیز خاک انجام شد و پس از اعمال تیمارهای کودی نیز ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تعیین گردید. تیمارها براساس نیازهای کودی گیاه و نیز نتایج آزمون خاک انتخاب شدند. صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ، ساقه فرعی و گل در گیاه، عمق نفوذ و حجم ریشه، ماده خشک برگ، ساقه، گل و ریشه به‌طور جداگانه، ماده خشک شاخساره (برگ+ساقه+گل) و بازده و عملکرد اسانس گل و مجموع برگ و ساقه ارزیابی شدند. در مرحله گلدهی کامل، نمونه‌ها از اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان در همه گروه‌های تیماری برداشت شد. پس از هواخشک شدن نمونه‌ها در محیط سایه، نمونه‌ها با دستگاه کلونجر و به‌روش تقطیر با آب اسانس‌گیری شدند و درصد و عملکرد اسانس بر اساس وزن خشک محاسبه شد.

نتایج: نتایج نشان داد که بیشترین ماده خشک برگ و ساقه در تیمار ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد. همچنین بیشترین ماده خشک گل و ریشه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + NPK و ۳۰ تن در هکتار کود دامی + NPK بود. بیشترین بازده اسانس گل در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی + NPK و بیشترین بازده اسانس مجموع برگ و ساقه در مرحله گلدهی در تیمار ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد. همچنین، تیمار NPK + ۳۰ تن در هکتار کود دامی منجر به بیشترین عملکرد

اسانس گل و تیمار ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست موجب بیشترین عملکرد اسانس مجموع برگ و ساقه شد. در مقایسه گروهی بین تیمارهای کودی مصرفی، تنها مقایسه بین کودهای آلی (دامی در مقابل ورمی‌کمپوست) و کودهای زیستی (قارچ در مقابل باکتری) موجب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس گل شد. در نتایج مربوط به عملکرد اسانس مجموع برگ و ساقه، همه مقایسه‌های انجام شده بین گروه‌های تیماری تأثیر معنی‌داری را نشان دادند و تنها کود آلی (برهم‌کنش بین کود دامی در مقابل ورمی‌کمپوست) معنی‌دار نبود. باین‌حال، بیشترین عملکرد اسانس مجموع برگ و ساقه، مربوط به کود زیستی در مقابل با کود شیمیایی و آلی بود. نتیجه‌گیری: به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در بین تیمارهای استفاده شده، تیمار کودهای آلی در کنار کودهای شیمیایی می‌تواند در تولید پایدار این گیاه دارویی باارزش باشد. این یافته‌ها پیشنهاد می‌کند که استفاده باهم (ترکیب) کودهای بیولوژیک و آلی، می‌تواند در کشت سرخارگل به علت افزایش درصد و عملکرد اسانس مزیت باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، سرخارگل (*Echinaceae purpurea* L.)، کود زیستی، ورمی‌کمپوست.

## مقدمه

سرخارگل (*Echinaceae purpurea* L.) گیاهی علفی و چندساله از خانواده Asteraceae و بومی آمریکای شمالی است (Stanisavljević *et al.*, 2009). کشت این گیاه در سال‌های اخیر به دلیل بیشتر شدن کاربرد این گیاه در صنایع دارویی و دامنه بالای سازگاری این گیاه به شرایط مختلف آب و هوایی و خاکی در دنیا و به‌ویژه ایران زیاد شده است. پژوهش‌های زیادی روی اثرهای فارماکولوژیک این گیاه انجام شده و نتایج این پژوهش‌ها حکایت از این دارد که سرخارگل دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد التهابی بوده و مصرف آن به‌عنوان درمان کمکی برای عفونت‌های مجاری تنفسی و ادراری، زخم‌ها و در درمان آنفلوآنزا می‌تواند بسیار مؤثر باشد (Luo *et al.*, 2011). پلی‌ساکاریدها و پلی‌استیلین‌ها در عصاره این گیاه، با اثرهای تقویت‌کننده سیستم ایمنی و ضد التهابی در درمان سرفه، برونشیت و عفونت‌های ریوی مؤثر هستند (Karsch-*et al.*, 2014).

از اجزای فعال اندام‌های هوایی گیاه سرخارگل می‌توان به مشتقات اسید کافئیک، پلی‌ساکاریدها، آلکامیدها، گلیکوپروتئین‌ها و اسانس اشاره کرد (Khorasaninejad *et al.*, 2020). مشتقات اسید کافئیک جزو گروه اصلی ترکیبات فنلی سرخارگل بوده و تصور می‌شود مسئول ویژگی‌های محرک سیستم ایمنی باشد (Barnes *et al.*, 2005). فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه سرخارگل بیشتر به ترکیبات فنلی موجود در آن نسبت داده شده که در پژوهش‌های مختلف

گزارش شده است (Stoley *et al.*, 2001).

یکی از راهکارهای مدیریتی کشاورزی پایدار، انتخاب شیوه و زمان مناسب کشت گیاهان برای دستیابی به بیشینه عملکرد و کشت آسان و اقتصادی آن است (Mishra *et al.*, 2018). با توجه به اثرهای مخرب زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی، استفاده از کودهای آلی و زیستی در زیست‌بوم‌های زراعی با هدف کاهش یا حذف مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند موجب افزایش رشد، عملکرد و کیفیت محصول به‌ویژه در تولید گیاهان دارویی در سامانه‌های کشاورزی پایدار و سلامت محیط زیست شوند (Win *et al.*, 2018).

از کودهای آلی می‌توان به ورمی‌کمپوست به‌عنوان منبع غنی از عناصر پرمصرف، کم‌مصرف، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد گیاه اشاره کرد که دارای ویژگی‌هایی از جمله تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی، تهویه و زهکش مناسب، ظرفیت زیاد نگهداری آب و بدون بوی نامطبوع است و امروزه استفاده از آن در کشاورزی پایدار و زیستی علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت ریزموجودات مفید خاک، سبب رشد زیاد و سریع گیاهان از جمله گیاهان دارویی می‌شود (Guzmán-Alboreo *et al.*, 2020). این حاصلخیزکننده مفید خاک، قابلیت دسترسی به نیتروژن و فسفر را با افزایش تثبیت نیتروژن و محلول کردن فسفر افزایش می‌دهد (Zucco *et al.*, 2015). کود دامی یکی دیگر از منابع کود آلی است که استفاده از آن

حاصلخیزکننده‌ها را برای این گیاه تعیین نماید، در دسترس نیست. از این رو هدف از این پژوهش، تعیین بهترین تیمار کودی و حاصلخیزکننده خاک برای افزایش کمیت و کیفیت عملکرد گیاه سرخارگل است.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (مجتمع تحقیقاتی البرز) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار تغذیه‌ای در سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ روی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinaceae purpurea* L.)، طراحی و اجرا شد. کشت گیاهان به صورت غیرمستقیم و از طریق نشاء انجام شد. برای تهیه نشاء، بذرها سرخارگل (تهیه شده از پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی) در خزانه گلخانه پژوهشی مجتمع تحقیقاتی البرز- کرج، در نیمه بهمن‌ماه کشت و در اوایل اردیبهشت‌ماه به زمین اصلی انتقال داده شدند. پس از آماده‌سازی زمین در پاییز و بهار، کرت‌بندی براساس سه تکرار انجام شد که تعداد واحدهای آزمایش، برابر ۴۸ کرت بود. هر کرت با ابعاد ۲×۱/۵ متر مربع شامل پنج ردیف کاشت به فاصله ۴۰ سانتی‌متر طراحی شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کشت، ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها، نیم متر در نظر گرفته شد. پیش از اعمال تیمارهای کودی، نمونه‌برداری از خاک در سه تکرار انجام شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک نیز پس از اعمال تیمارهای کودی تعیین گردید (جدول ۱- آزمایشگاه خاک و آب- دانشگاه تهران).

در سیستم‌های مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد. اثرهای مثبت کودهای دامی روی حاصلخیزی خاک، افزایش ماده معدنی و غنی‌سازی خاک و در نهایت بهبود رشد و نمو گیاهان توسط پژوهشگران زیادی تأیید شده است (Khan *et al.*, 2020؛ Silva *et al.*, 2014؛ Yagi *et al.*, 2003).

کودهای زیستی از باکتری‌ها و قارچ‌های مفیدی تشکیل شده‌اند که هر یک به منظور خاصی تولید می‌شوند. این کودها به‌طور معمول در اطراف ریشه قرار داده شده و در جذب عناصر مختلف به گیاه کمک می‌کنند و هیچ‌گونه آلودگی زیست محیطی نداشته و موجب احیاء و حفظ محیط‌زیست هم می‌شوند (Gouws *et al.*, 2012). قارچ‌های میکوریزا هم با ریشه گیاهان به صورت همزیست زندگی کرده و به درون سلول‌های پوسته راه یافته و هم با گسترش ریشه خود به درون خاک، جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر را که از تحرک اندکی برخوردار است، بیشتر می‌کنند (Moustakas *et al.*, 2020). در گیاهان همزیست با میکوریزا، غلظت پتاسیم بیشتری نسبت به گیاهان غیرهمزیست گزارش شده و بدین ترتیب با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم، این همزیستی گیاه را در برابر اثرهای منفی سدیم محافظت کرده، تعرق برگ‌ها را زیاد و سبب سهولت انتقال آب در گیاه می‌شود (Cardoso & Kuyper, 2006).

با توجه به افزایش روزافزون تولیدات دارویی گیاه سرخارگل و اهمیت کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی، استفاده رو به رشد آن در صنایع دارویی و بهداشتی و افزایش چشمگیر سطح زیر کشت و تولید تجاری این گیاه، پژوهش جامع و مدونی که بتواند نیاز به انواع کودها و

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه پژوهشی در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷

Table 1. Physicochemical properties of research farm soil in 2018-19

Year	Depth (cm)	Pattern	Electrical conductivity (dS.m <sup>-1</sup> )	Saturated soil reaction (pH)	Organic carbon (%)	Total nitrogen (%)	Absorbable phosphorus (ppm)	Absorbable potassium (ppm)	Absorbable sulfur (ppm)
2018	0-30	Silty	1.2	7.7	7.9	0.06	30.2	114.7	24.2
2019		Clay	1.3	7.5	7.6	0.05	27.9	97.8	22.8

تیمارها انجام شد (Attarzadeh *et al.*, 2019).

در زمان گلدهی کامل، صفات مورفولوژیک گیاه مانند ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد ساقه فرعی و گل با رعایت اثرهای حاشیه، در چهار بوته اندازه‌گیری شد. سپس برای تعیین ماده خشک شاخساره گیاه (برگ، ساقه و گل به‌طور جداگانه)، برداشت از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر از سطح زمین انجام شد. پس از جداسازی اندام‌ها در هر بوته و انتقال آنها به محیط سایه و خشک، وزن خشک گیاه در واحد گرم در بوته اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری ماده خشک ریشه در پایان گلدهی و با شروع از بین رفتن اندام‌های هوایی در نیمه پاییز در چهار بوته انجام شد. برای تعیین عمق نفوذ ریشه، طول بلندترین ریشه از محل طوقه گیاه اندازه‌گیری و حجم ریشه از راه اختلاف حجم ایجاد شده پس از قراردادن ریشه در حجم مشخصی از آب، محاسبه گردید. سپس ریشه‌ها به محیط سایه و خشک به مدت شش روز منتقل و بعد از آن، در آون تهویه‌دار در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد تا زمان رسیدن به رطوبت ۱۰٪ نگهداری و در نهایت برای تعیین ماده خشک، با ترازوی حساس در واحد گرم در بوته توزین شدند (Chen *et al.*, 2008).

برای استخراج اسانس از گل و مجموع برگ و ساقه، ۱۰۰ گرم از نمونه‌های خشک آسیاب شده، توسط دستگاه کلونجر با روش تقطیر با آب به مدت دو ساعت اسانس‌گیری شدند (Miquel *et al.*, 1976). پس از تعیین بازده اسانس، عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب بازده اسانس در عملکرد ماده خشک محاسبه شد.

برای تجزیه آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SAS v. 9.2 استفاده شد. نتایج دو سال به صورت تجزیه مرکب آنالیز شد. مقایسه میانگین تیمارها، با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.

## نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تیمار کودهای آلی و زیستی اثر معنی‌داری روی ارتفاع بوته گیاه سرخارگل داشت ( $p < 0.01$ ). اثر معنی‌دار این کودها بر صفات تعداد برگ،

از ویژگی‌های آب و هوایی منطقه می‌توان به متوسط دمای سالانه ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد، بیشینه و کمینه دمای سالانه به ترتیب ۴۵/۲ و منفی ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالانه ۳۱۵ میلی‌متری اشاره کرد. همچنین براساس طبقه‌بندی آب و هوایی Koppen، آب و هوای منطقه مورد مطالعه به‌عنوان آب و هوای نیمه‌خشک سرد طبقه‌بندی شد (اداره تحقیقات هواشناسی دانشکده کشاورزی کرچ، ۹۸-۱۳۹۷).

آبیاری گیاهان به‌صورت قطره‌ای، بلافاصله پس از انتقال نشاءها به زمین اصلی با فاصله یک روز در میان آغاز شد و با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، تا زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها به یک نوبت در هفته رسید. برای کنترل علف‌های هرز، وجین دستی در سه مرحله استقرار بوته‌ها، ابتدای گلدهی و ۵۰٪ گلدهی انجام شد. تیمارهای این پژوهش که شامل کودها و حاصلخیزکننده‌های زیستی و غیرزیستی خاک بود شامل شاهد (Control)، NPK (N<sub>100</sub> P<sub>75</sub> K<sub>75</sub> و N<sub>75</sub> P<sub>35</sub> K<sub>35</sub>، N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub>) کود دامی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار)، ترکیب‌های کودی (N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub> + ۳۰ تن کود دامی در هکتار، N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>25</sub> + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، کودهای زیستی *Glomus intraradices* + *Azospirillum G. mosseae* + *Thiobacillus* و *Thiobacillus* + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و *Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (S) بودند. مایع تلقیح قارچ میکوریزا آربوسکولار *Glomus* به‌صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azospirillum*)، تثبیت‌کننده فسفر (*Pseudomonas*) و اکسیدکننده گوگرد (*Thiobacillus*) براساس روش بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب (تهران) تهیه شد. پیش از کاشت نشاءها در مزرعه، در هر چاله کاشت ۱۰ گرم از قارچ *Glomus* که حاوی ۴۰۰ تا ۵۰۰ اندام فعال قارچی بود، ریخته شد. برای تلقیح نشاءها با باکتری‌های مورد نظر، ابتدا نشاءها به مدت ۲۰ دقیقه در مایه تلقیح (۱۰<sup>۹</sup> باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) قرار گرفته، سپس به چاله‌های کشت منتقل و بلافاصله آبیاری برای این

بر همه صفات مورفولوژیک مورد مطالعه در سرخارگل معنی‌دار شد ( $p < 0.01$ ) (جدول ۲).

ساقه فرعی و گل نیز مشاهده شد. تیمارهای کودی همچنین اثر معنی‌داری روی صفات عمق نفوذ و حجم ریشه داشتند ( $p < 0.01$ ). اثر سال و برهم‌کنش سال و تیمارهای تغذیه‌ای نیز

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر صفات مورفولوژیک سرخارگل در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷

Table 2. ANOVA of nutritional treatments effects on morphological traits of *Echinacea purpurea* in 2018-19

S.O.V.	d.f.	Mean of square					
		Plant height	Number of sub-stems	Number of leaves	Number of flowers	Root volume	Depth of root penetration
Year (Y)	1	18129.9**	5896.4**	65710**	1089.4**	372504**	14.2**
Error Year	4	95.9	15.9	1048.0	8.89	342.3	1.68
Nutritional treatments (N)	15	205.7**	163.4**	3928.7**	78.5**	16296.8**	25.0**
Y × N	15	118.1**	46.9**	3608.6**	25.3**	7411.7**	29.4**
Experimental error	60	49.9	10.8	514.1	4.8	334.4	1.8
C.V. (%)	-	10.2	14.0	17.7	13.4	13.7	5.4

\*\* : significant at 1% probability level

(شکل ۱). نتایج جدول مقایسه‌های گروهی در بیان اختلاف بین تیمارهای تغذیه‌ای نشان داد که صفت ارتفاع بوته تنها با استفاده از تیمار کودهای زیستی در مقابل کودهای آلی تفاوت معنی‌داری داشت و بیشترین مقدار عددی نیز مشاهده شد (جدول ۳).

#### تعداد ساقه فرعی

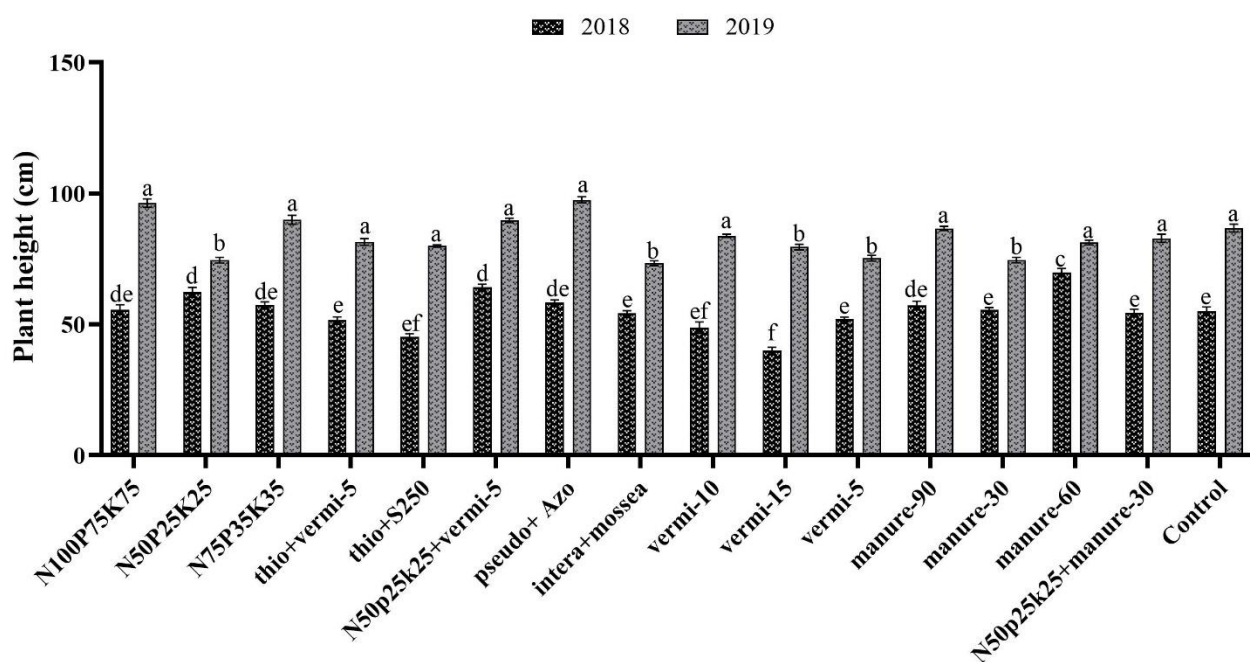
تیمار کودی ۹۰ تن در هکتار کود دامی موجب تولید بیشترین تعداد ساقه فرعی در هر دو سال و تیمار کودی ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست موجب تولید کمترین تعداد ساقه در سال اول شد. باوجوداین، زمانی که از تیمار کودی NPK + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست استفاده شد، تعداد ساقه فرعی به مقدار زیادی در سال دوم افزایش یافت که نشان‌دهنده تأثیر مثبت کودهای NPK در بیشتر شدن تعداد ساقه فرعی است. همچنین، تأثیر مثبت کودهای زیستی *Pseudomonas* + *G. mosseae* + *G. intraradicaes* و *Azospirillum* بر تعداد ساقه فرعی در هیچ‌یک از سال‌ها مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که تیمارهای ۹۰ تن در هکتار

#### ارتفاع بوته

تفاوت معنی‌داری برای ارتفاع بوته سرخارگل در پاسخ به تیمارهای مختلف کودی بین سال اول و دوم رشد گیاه مشاهده شد. در سال اول، بیشترین ارتفاع بوته (۷۰ سانتی‌متر) در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد. باین‌حال، تیمار ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و *Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد منجر به کمترین ارتفاع بوته به ترتیب به مقدار ۳۹/۶ و ۴۴/۱ سانتی‌متر در سال اول شد. در سال دوم، میانگین ارتفاع بوته سرخارگل نسبت به سال اول بیشتر بود و در تیمارهای *Thiobacillus* N<sub>75</sub>P<sub>35</sub>K<sub>35</sub>، N<sub>100</sub>P<sub>75</sub>K<sub>75</sub> + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، NPK + ۵ تن بر هکتار ورمی‌کمپوست، *Pseudomonas* + *Azospirillum*، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ۶۰ و ۹۰ تن در هکتار کود دامی، *Thiobacillus* + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و NPK + ۳۰ تن در هکتار کود دامی، بیشترین ارتفاع سرخارگل مشاهده شد و کمترین ارتفاع آن، در تیمار ورمی‌کمپوست ۱۵ تن در هکتار با ۳۹/۷ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد

کودهای آلی و زیستی در مقایسه با کودهای شیمیایی توانستند اثر معنی‌داری (سطح احتمال ۱٪) بر تعداد ساقه فرعی سرخارگل داشته باشند (جدول ۳).

کود دامی، *Thiobacillus* + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تیمار شیمیایی  $N_{100}P_{75}K_{75}$  منجر به بیشترین تعداد ساقه فرعی در سرخارگل می‌شوند (شکل ۲a). در مقایسه‌های گروهی که بین تیمارهای کودی انجام شد، گروه



شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر ارتفاع بوته سرخارگل در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷

**Figure 1. Means comparison of nutritional treatments effects on plant height of *Echinacea purpurea* in 2018-19**

N: nitrogen (kg. ha<sup>-1</sup>), P: phosphorus (kg. ha<sup>-1</sup>), K: potassium (kg. ha<sup>-1</sup>), thio: *Thiobacillus* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), vermi: vermicompost (ton. ha<sup>-1</sup>),

S: sulphur (kg. ha<sup>-1</sup>), pseudo: *Pseudomonas* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), Azo: *Azospirillum* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), intera: *Glomus intraradices* (g),

mossea: *Glomus mosseae* (g), manure: Cow manure (ton. ha<sup>-1</sup>).

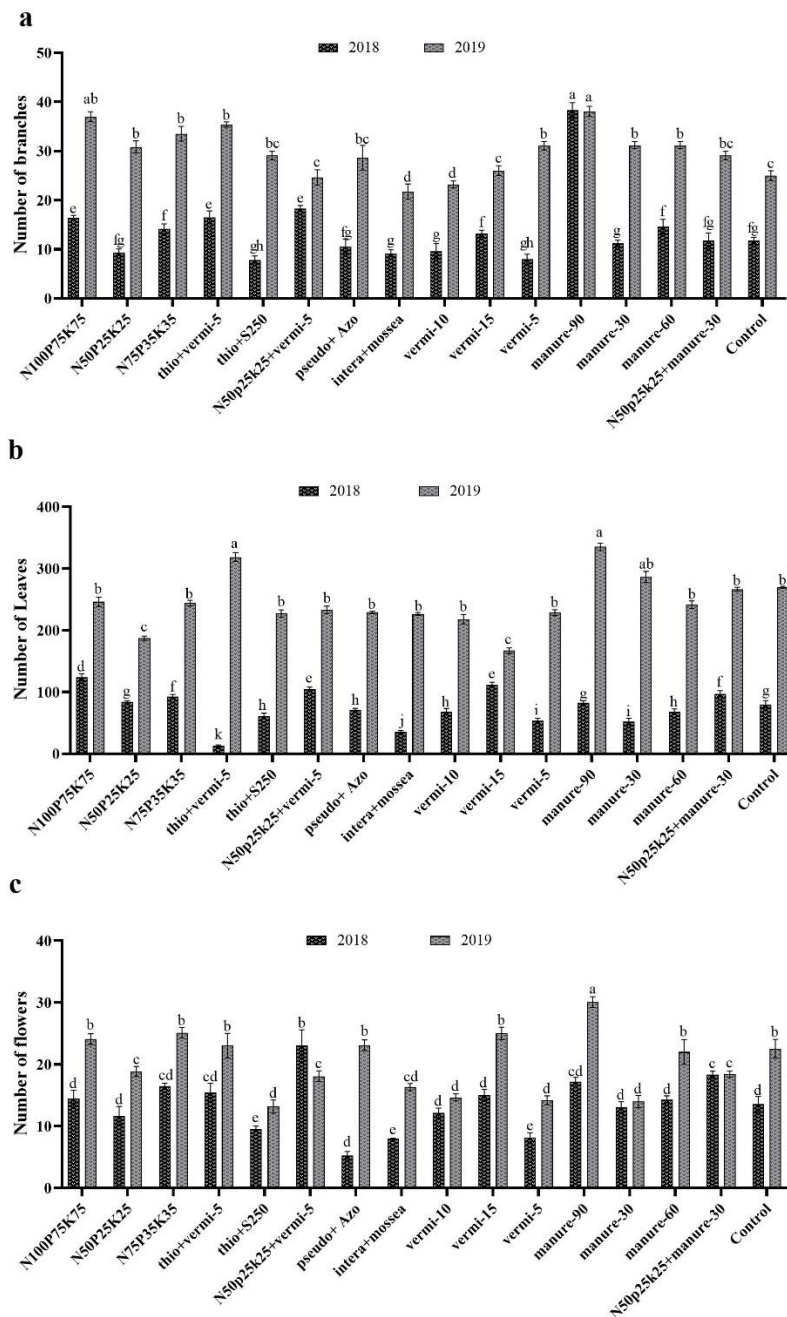
Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

#### تعداد برگ

۳۰ و ۹۰ تن در هکتار منجر به بیشترین مقدار تولید برگ در سال دوم شدند. در سال دوم، کمترین تعداد برگ در تیمار کودی ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست دیده شد (شکل ۲b). براساس هفت مقایسه گروهی انجام شده در میان تیمارهای تغذیه‌ای، تنها اختلاف کرت‌های دریافت‌کننده کود زیستی در مقابل کود آلی و برهم‌کنش بین کودهای زیستی (قارچ در مقابل باکتری) بر تعداد برگ معنی‌دار نبود و سایر مقایسه‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳).

در سال اول در تیمار کود شیمیایی  $N_{100}P_{75}K_{75}$ ، بیشترین برگ (۱۲۵ عدد) و در تیمار *Thiobacillus* + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، کمترین تعداد برگ شمارش شد. با وجود اینکه در تیمار اخیر در سال اول، کمترین تعداد برگ مشاهده شد، در سال دوم هم در این تیمار، بیشترین تعداد برگ سرخارگل شمارش شد که می‌تواند به نیازهای متفاوت کودی سرخارگل در سال اول و دوم رشد نسبت داده شود. تیمارهای *Thiobacillus* + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کود دامی





۲- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر صفات تعداد ساقه فرعی (a) تعداد برگ (b) و تعداد گل (c) سرخارگل

در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷

**Figure 2. Means comparison of nutritional treatments effects on number of branches (a), leaves (b), and flowers (c) of *Echinacea purpurea* in 2018-19**

N: nitrogen (kg. ha<sup>-1</sup>), P: phosphorus (kg. ha<sup>-1</sup>), K: potassium (kg. ha<sup>-1</sup>), thio: *Thiobacillus* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), vermi: vermicompost (ton. ha<sup>-1</sup>), S: sulphur (kg. ha<sup>-1</sup>), pseudo: *Pseudomonas* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), Azo: *Azospirillum* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), intera: *Glomus intraradices* (g), mossea: *Glomus mosseae* (g), manure: Cow manure (ton. ha<sup>-1</sup>).

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

## تعداد گل

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار کودی  $NPK + 5$  تن در هکتار ورمی‌کمپوست در سال اول سبب تولید بیشترین تعداد گل (۲۰ عدد) در گیاه سرخارگل شد. کمترین تعداد گل (۵/۲ عدد) در تیمار کودی *Pseudomonas + Azospirillum* در سال اول تولید شد. در سال دوم، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مصرف کود دامی، بر تعداد گل در گیاه سرخارگل افزوده می‌شود، به طوری که در تیمار ۹۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با مقادیر ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار، تعداد گل بیشتری (۲۹/۳ عدد) تولید شد. کمترین تعداد گل در سال دوم در تیمارهای کودی *Thiobacillus +* ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۳۰ تن در هکتار کود دامی شمارش شد (شکل ۲c). با توجه به مقایسه‌های گروهی انجام شده، مشخص شد که بجز مقایسه کود زیستی در مقابل کود شیمیایی، سایر مقایسه‌های انجام شده در بین تیمارهای کودی، تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر تعداد گل بوته‌های سرخارگل داشت (جدول ۳).

## حجم ریشه

از نظر حجم ریشه، تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف کودی در سال اول و دوم مشاهده شد. بیشترین حجم ریشه در سال اول در تیمار  $NPK + 30$  تن در هکتار کود دامی و کمترین حجم، در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی اندازه‌گیری شد. باین‌حال، در سال اول در تیمار ۹۰ تن در هکتار کود دامی، حجم بیشتری از ریشه سرخارگل تولید شد. در سال دوم، تیمار ۹۰ تن در هکتار کود دامی منجر به بیشترین مقدار حجم ریشه شد، در تیمارهای ۳۰ تن در هکتار کود دامی، شاهد، ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، *G. mosseae* + *G. intraradaices* و تیمارهای کود شیمیایی، کمترین حجم ریشه دیده شد (شکل ۳a). با توجه به نتایج مقایسه‌های گروهی (جدول ۳)، همه تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر حجم ریشه‌های برداشت شده داشتند و تنها تیمار کود زیستی در مقابل کود شیمیایی، کمترین عدد حجم را نشان داد و تأثیر

## معنی‌داری نداشت.

## عمق نفوذ ریشه

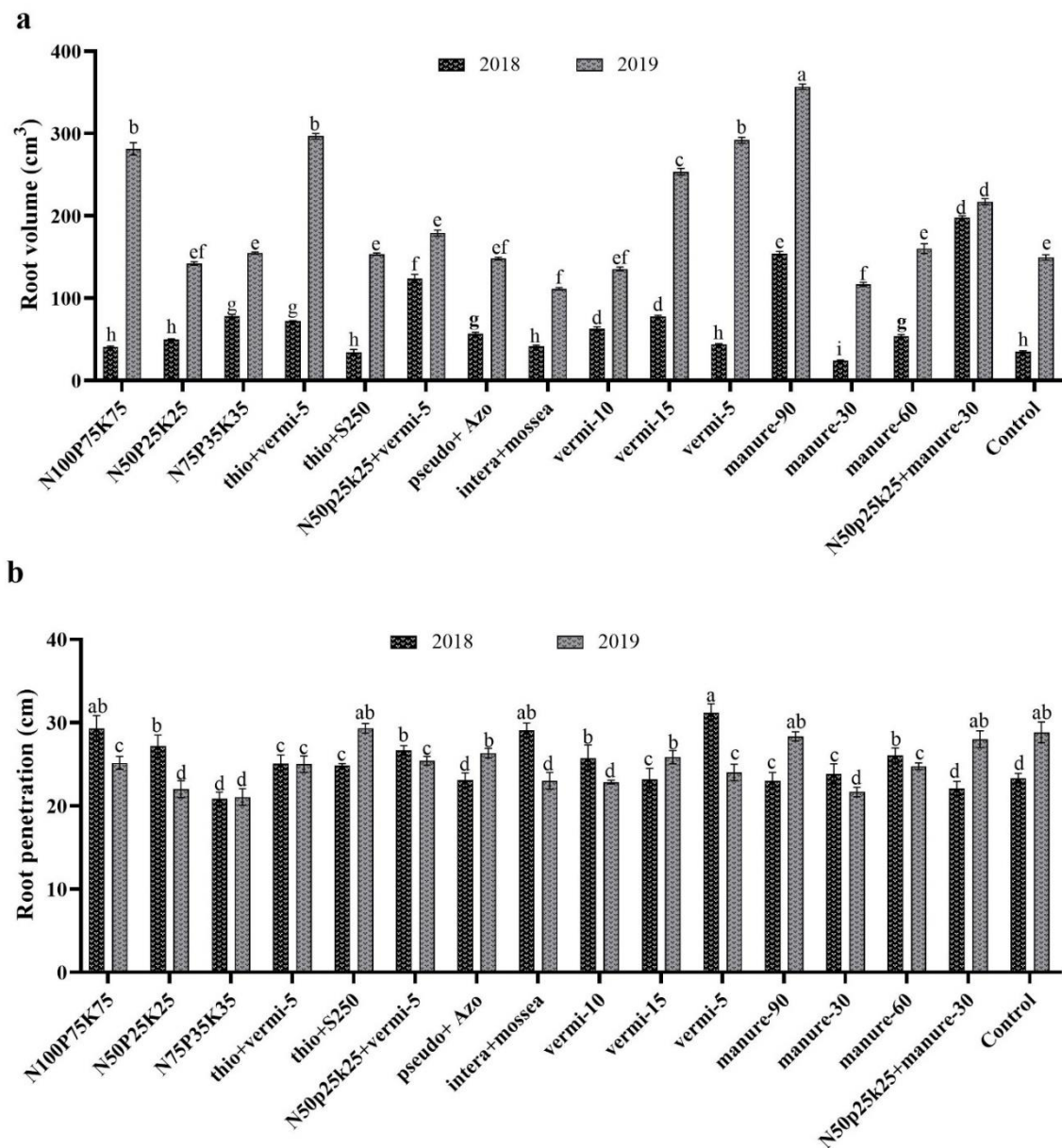
در سال ۱۳۹۷، بیشترین میانگین عمق نفوذ ریشه سرخارگل (۳۱/۶ سانتی‌متر) در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد. همچنین در این سال، در تیمارهای *G. mosseae + G. intraradaices* و کود شیمیایی  $N_{100}P_{75}K_{75}$  هم، عمق نفوذ ریشه گیاه بیشتر بود (۲۹ سانتی‌متر). کمترین عمق نفوذ ریشه در تیمارهای  $NPK + 30$  تن در هکتار کود دامی، شاهد و کود شیمیایی  $N_{75}P_{35}K_{35}$  اندازه‌گیری شد. در سال دوم کشت، عمق نفوذ ریشه‌ها در تیمارهای ۹۰ تن در هکتار کود دامی و *Thiobacillus +* ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد در بیشترین حالت بود (شکل ۳b). در تجزیه مقایسه‌های گروهی بین تیمارها، برهم‌کنش بین کودهای زیستی (قارچ در مقابل باکتری) نسبت به برهم‌کنش سایر تیمارهای تغذیه‌ای بر افزایش عمق نفوذ ریشه سرخارگل‌ها، برتری داشتند (جدول ۳).

## ماده خشک شاخساره (برگ + ساقه + گل) و ریشه

نتایج تجزیه واریانس این مطالعه (جدول ۴) نشان داد که تیمار کودهای آلی و زیستی اثر معنی‌داری روی ماده خشک برگ، ساقه، گل و ریشه سرخارگل دارد ( $p < 0.01$ ).

## ماده خشک برگ

در سال اول و دوم کشت سرخارگل، بیشترین مقدار ماده خشک برگ (۳۰/۴ گرم در بوته) در تیمار ۹۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد، کمترین مقدار آن، در تیمار *G. mosseae + G. intraradaices* در سال ۱۳۹۷ مشاهده شد. در سال دوم کشت، در تیمار  $NPK + 5$  تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ماده خشک برگ بیشتری بدست آمد، در حالی که کمترین ماده خشک به‌ازای هر بوته در تیمارهای کود دامی ۳۰ تن در هکتار و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مشاهده شد (شکل ۴a).



شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر صفات حجم ریشه (a) و عمق نفوذ ریشه (b) سرخارگل

در سال‌های ۱۳۹۷-۹۸

**Figure 3. Means comparison of nutritional treatments effects on volume (a) and root penetration depth (b) of *Echinacea purpurea* in 2018-19**

N: nitrogen (kg. ha<sup>-1</sup>), P: phosphorus (kg. ha<sup>-1</sup>), K: potassium (kg. ha<sup>-1</sup>), thio: *Thiobacillus* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), vermi: vermicompost (ton. ha<sup>-1</sup>), S: sulphur (kg. ha<sup>-1</sup>), pseudo: *Pseudomonas* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), Azo: *Azospirillum* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), intera: *Glomus intraradices* (g), mossea: *Glomus mosseae* (g), manure: Cow manure (ton. ha<sup>-1</sup>).

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

جدول ۳- تجزیه مقایسه گروهی (آزمون F) تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیک سرخارگل در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷  
**Table 3. Group comparisons analysis (F test) of nutritional treatments effects on morphological properties of *Echinacea purpurea* in 2018-19**

Treatment	Plant height	Number of branches	Number of leaves	Number of flowers	Root volume	Depth of root penetration
Control group vs different fertilizers group	351.2*	233.1**	6096.1**	90.7**	7317.8**	10.8*
Organic fertilizer group vs. chemical fertilizer (NPK) group	50.2 <sup>ns</sup>	119.199	5065.2**	74.6**	9823.3**	10.8*
Biofertilizer group vs. NPK group	130.7 <sup>ns</sup>	159.6**	6817.5**	4.08 <sup>ns</sup>	570.4 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>
Biofertilizer and organic fertilizer group vs. NPK group	0.12 <sup>ns</sup>	165.8**	7061.6**	48.1**	6373.4**	4.69 <sup>ns</sup>
Biofertilizer group vs. organic fertilizer group	411.4**	13.5 <sup>ns</sup>	584.2 <sup>ns</sup>	39.7**	5117.3**	14.2**
Organic fertilizer group (Cow manure vs. Vermicompost)	25.1 <sup>ns</sup>	29.9 <sup>ns</sup>	2271.8*	35.8**	6567.04**	13.5**
Biofertilizer group ( <i>Glomus mosseae</i> + <i>Glomus intraradices</i> vs. <i>Thiobacillus</i> + <i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i> )	158.4 <sup>ns</sup>	18.2 <sup>ns</sup>	260.4 <sup>ns</sup>	103.2**	13333.3**	27.0**

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

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر ماده خشک سرخارگل در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷

**Table 4. ANOVA of nutritional treatments effects on *Echinacea purpurea* dry matter in 2018-19**

S.O.V.	d.f.	M.S.				
		Leaf dry matter	Stem dry matter	Flower dry matter	Root dry matter	Shoot (leaf+stem+flower) dry matter
Year (Y)	1	1446.9**	4048.2**	4028.2**	167057**	27068.1**
Error Year	4	10.7	43.9	6.9	60.5	47.9
Nutritional treatments (N)	15	165.6**	609.88**	127.6**	6373.7**	1890.4**
Y × N	15	26.1**	254.6**	66.0**	4825.3**	422.3**
Experimental error	60	15.6	23.2	8.1	239.1	42.5
C.V. (%)	-	16.2	17.1	12.5	17.2	9.7

\*\* : significant at 1% probability level

## ماده خشک ساقه

در سال اول کشت سرخارگل، بیشترین ماده خشک ساقه در تیمار ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و کود دامی ۹۰ تن در هکتار به ترتیب به مقدار ۶۷/۳ و ۳۷/۳ گرم در بوته بدست آمد. با این حال، کمترین ماده خشک در تیمارهای *Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، *G. mosseae* + *G. intraradaices* و ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست مشاهده شد. این موضوع نشان دهنده تأثیر مثبت کودهای آلی در افزایش ماده خشک ساقه سرخارگل است. در سال دوم کشت، تیمار ۹۰ تن در هکتار کود دامی و کود شیمیایی  $N_{100}P_{75}K_{75}$  منجر به بیشترین مقدار ماده خشک ساقه در مقایسه با دیگر تیمارها شد، در این سال در تیمارهای *Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، ماده خشک ساقه کمتر بدست آمد (شکل ۴b).

## ماده خشک گل

در سال اول کشت، تیمارهای *NPK* + ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست،  $N_{100}P_{75}K_{75}$  و کود دامی به مقدار ۹۰ تن در هکتار موجب تولید بیشترین ماده خشک گل شد. با این حال، در این سال کمترین ماده خشک گل در تیمارهای  $N_{50}P_{25}K_{25}$ ، کود دامی ۳۰ تن در هکتار، ورمی کمپوست و ۵ تن در هکتار، *G. mosseae* + *G. intraradaices* و *Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بدست آمد. در سال دوم کشت سرخارگل، بیشترین ماده خشک گل (۴۵/۳ گرم) در تیمار  $N_{100}P_{75}K_{75}$  بدست آمد. همچنین، در تیمارهای  $N_{50}P_{25}K_{25}$ ،  $N_{75}P_{35}K_{35}$  و ۳۰ تن در هکتار کود دامی، ماده خشک بیشتری مشاهده شد. در این سال، کمترین مقدار ماده خشک گل در تیمارهای شاهد، ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست، *G. mosseae* + *G. intraradaices*

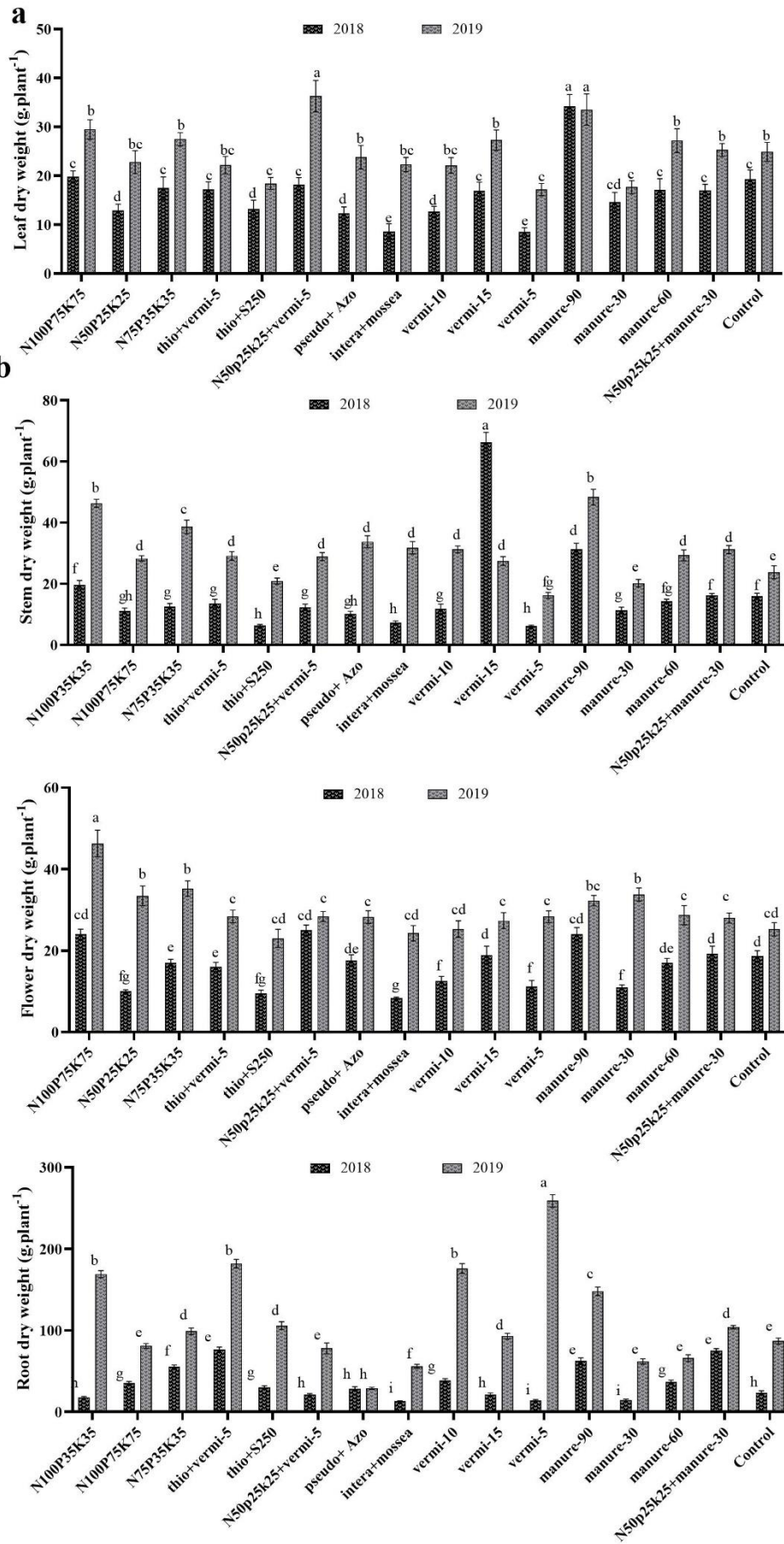
*Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بدست آمد (شکل ۴c).

## ماده خشک ریشه

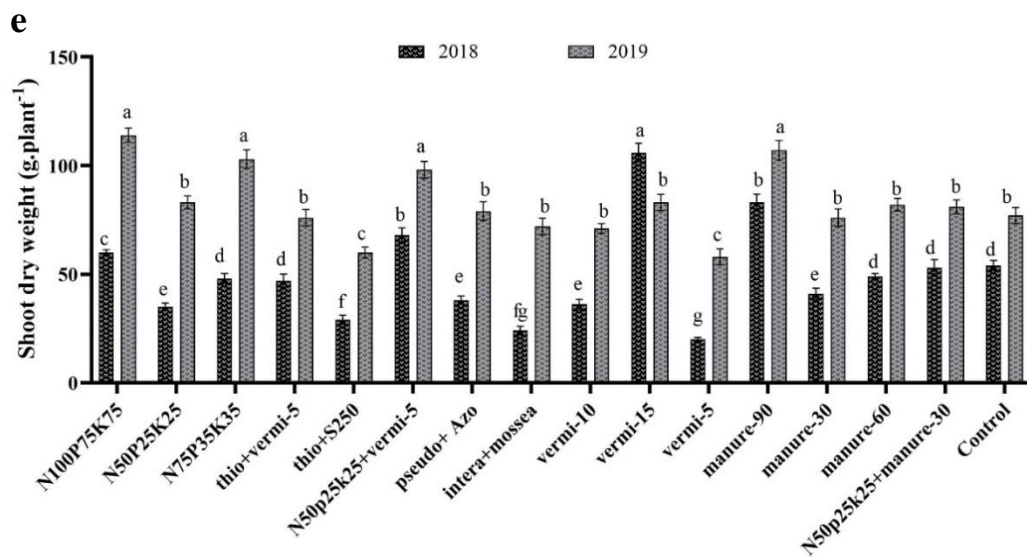
در سال اول کشت، بیشترین ماده خشک ریشه در تیمارهای ۹۰ تن در هکتار کود دامی، *NPK* + ۳۰ تن در هکتار کود دامی و کود شیمیایی  $N_{50}P_{25}K_{25}$  مشاهده شد. در این سال، کمترین مقدار ماده خشک ریشه در تیمارهای *G. mosseae* + *G. intraradaices* و ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و ۳۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد. در سال دوم کشت، بیشترین مقدار ماده خشک ریشه در هر بوته در تیمارهای ورمی کمپوست و ۵ تن در هکتار و *Thiobacillus* + ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست به ترتیب ۲۶۰ و ۱۹۲/۷ گرم در بوته بدست آمد. همچنین، در تیمار شیمیایی  $N_{100}P_{75}K_{75}$ ، *Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست، ماده خشک ریشه بیشتری بدست آمد. در این سال، کمترین مقدار عددی ماده خشک ریشه در تیمارهای ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی و شاهد تولید شد (شکل ۴d). نتایج جدول مقایسه‌های گروهی در بیان اختلاف بین تیمارهای تغذیه‌ای نشان داد که استفاده از کودهای آلی در مقابل کودهای شیمیایی، بیشترین مقدار ماده خشک را نشان داده است (جدول ۷).

## ماده خشک شاخساره (برگ+ساقه+گل)

در سال اول کشت، بیشترین ماده خشک شاخساره در واحد گرم در بوته در تیمار ورمی کمپوست ۱۵ تن در هکتار و کمترین آن، در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست بدست آمد. در سال دوم کشت، در تیمارهای ۹۰ تن در هکتار کود دامی، تیمارهای شیمیایی  $N_{100}P_{75}K_{75}$ ،  $N_{75}P_{35}K_{35}$  و *NPK* + ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، بیشترین ماده خشک شاخساره مشاهده شد (شکل ۴e).







شکل ۴- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر ماده خشک سرخارگل در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷

**Figure 4. Means comparison of nutritional treatments effects on *Echinacea purpurea* dry matter in 2018-19**

N: nitrogen (kg. ha<sup>-1</sup>), P: phosphorus (kg. ha<sup>-1</sup>), K: potassium (kg. ha<sup>-1</sup>), thio: *Thiobacillus* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), vermi: vermicompost (ton. ha<sup>-1</sup>), S: sulphur (kg. ha<sup>-1</sup>), pseudo: *Pseudomonas* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), Azo: *Azospirillum* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), intera: *Glomus intraradices* (g), mossea: *Glomus mosseae* (g), manure: Cow manure (ton. ha<sup>-1</sup>).

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

مقایسه‌ای کود زیستی (قارچ در مقابل باکتری)، ماده خشک بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت (جدول ۷).

بازده و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مختلف کودی تأثیر معنی‌داری روی صفات بازده اسانس گل و مجموع برگ و ساقه و نیز عملکرد اسانس گل و مجموع برگ و ساقه دارد (جدول ۵).

در این سال، کمترین مقدار ماده خشک در تیمارهای *Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد (شکل ۴e). با توجه به مقایسه‌های گروهی، مشخص شد که تیمارهای دریافت‌کننده کودهای زیستی در مقابل کودهای شیمیایی، کودهای زیستی در مقابل کودهای آلی و تقابل بین کودهای آلی (دامی با ورمی‌کمپوست) و کودهای زیستی (قارچ با باکتری) منجر به افزایش معنی‌دار ماده خشک شاخساره شدند. از سویی، تیمار

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر بازده و عملکرد اسانس سرخارگل در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷

**Table 5. ANOVA of nutritional treatments effects on percentage and essential oil yield of *Echinacea purpurea* in 2018-19**

S.O.V.	d.f.	M.S.			
		Flowers essential oil percentage	Leaves and stems essential oil percentage	Flowers essential oil yield	Leaves and stems essential oil yield
Year (Y)	1	0.426**	0.006**	0.045 <sup>ns</sup>	4.04 <sup>ns</sup>
Error Year	4	0.0005	0.002	0.94	7.3
Nutritional treatments (N)	15	0.095**	0.022**	24.5**	78.3**
Y × N	15	0.033**	0.025**	6.07**	42.8**
Experimental error	60	0.0002	0.0006	0.67	2.2
C.V. (%)	-	6.2	20.5	23.8	37.7

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

## بازده اسانس گل و مجموع برگ و ساقه

در سال اول کشت، بیشترین مقدار بازده اسانس گل در تیمار NPK + ۳۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد و کمترین آن، در تیمار *Thiobacillus* + ۵ تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد. باین حال، بازده اسانس در سال دوم کشت در مقایسه با سال اول کاهش محسوسی را نشان داد. در سال دوم، بیشترین بازده اسانس در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی و کمترین آن در شاهد بدست آمد (جدول ۶). مقایسات گروهی انجام شده، نشانگر این است که تنها تیمار کودهای زیستی (تقابل قارچ با باکتری) در بین مقایسه کودها، با کاهش بازده اسانس گل مواجه شد (جدول ۷).

در سال اول کشت، بیشترین بازده اسانس مجموع برگ و ساقه در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۹۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد. با وجود این، کمترین بازده اسانس مجموع برگ و ساقه در این سال، در تیمار NPK + ۳۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد. در سال دوم نیز بازده اسانس در مقایسه با سال اول کاهش قابل توجهی را در مقایسه با سال اول نشان داد. در این سال، بیشترین بازده اسانس مجموع برگ و ساقه در تیمار *G. mosseae* + *G. intraradices* و کمترین بازده در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد (جدول ۶). با توجه به نتایج هفت مقایسه گروهی انجام شده (جدول ۷)، کودهای زیستی در مقابل کودهای شیمیایی و آلی نسبت به برهم‌کنش سایر تیمارهای تغذیه‌ای در افزایش مقدار بازده اسانس مجموع برگ و ساقه برتری داشتند.

## عملکرد اسانس گل و مجموع برگ و ساقه

در سال اول کشت، بیشترین عملکرد اسانس گل سرخارگل در تیمار NPK + ۳۰ تن در هکتار کود دامی و کمترین عملکرد اسانس در تیمار *Thiobacillus* + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد حاصل شد. باین حال، در سال دوم کشت عملکرد اسانس کاهش محسوسی داشت. بیشترین عملکرد اسانس گل در تیمارهای ۳۰ تن در هکتار کود دامی و NPK + ۳۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد (جدول ۶). در مقایسه گروهی که بین تیمارهای کودی مصرفی انجام شد، تنها مقایسه بین کودهای آلی (دامی در مقابل ورمی‌کمپوست) و کودهای زیستی (قارچ در مقابل باکتری) موجب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس گل به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ شد (جدول ۷).

در سال اول و دوم کشت، بیشترین عملکرد اسانس مجموع برگ و ساقه در تیمار ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد، در حالی که کمترین مقدار عملکرد اسانس، در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی اندازه‌گیری شد (جدول ۶). در نتایج مقایسه گروهی مربوط به عملکرد اسانس مجموع برگ و ساقه، همه مقایسه‌های انجام شده بین گروه‌های تیماری تأثیر معنی‌داری را نشان دادند و تنها کود آلی (برهم‌کنش بین کود دامی در مقابل ورمی‌کمپوست) معنی‌دار نبود. باین حال، بیشترین عملکرد اسانس مجموع برگ و ساقه، مربوط به کود زیستی در مقابل کود شیمیایی و آلی بود (جدول ۷).



جدول ۶- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر بازده و عملکرد اسانس سرخارگل در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷

**Table 6. Means comparison of nutritional treatments effects on percentage and essential oil yield of *Echinacea purpurea* in 2018-19**

Treatment	Year	Flowers essential oil (%)	Leaves and stems essential oil (%)	Flowers essential oil yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	Leaves and stems essential oil yield (kg.ha <sup>-1</sup> )
N <sub>100</sub> P <sub>75</sub> K <sub>75</sub>	2018	0.0±31.08 <sup>d</sup>	0.0±19.03 <sup>c</sup>	5.0±13.13 <sup>c</sup>	5.0±30.49 <sup>d</sup>
	2019	0.0±1605 <sup>f</sup>	0.0±8.0 <sup>f</sup>	5.0±33.23 <sup>c</sup>	4.0±20.34 <sup>e</sup>
N <sub>50</sub> P <sub>25</sub> K <sub>25</sub>	2018	0.0±46.11 <sup>b</sup>	0.0±10.01 <sup>e</sup>	3.0±40.14 <sup>d</sup>	0.0±36.02 <sup>j</sup>
	2019	0.0±14.03 <sup>fg</sup>	0.0±2.00 <sup>g</sup>	3.0±36.16 <sup>d</sup>	0.0±66.06 <sup>ij</sup>
N <sub>75</sub> P <sub>35</sub> K <sub>35</sub>	2018	0.0±9.00 <sup>g</sup>	0.0±8.00 <sup>g</sup>	4.0±56.26 <sup>cd</sup>	4.0±30.36 <sup>e</sup>
	2019	0.0±18.04 <sup>f</sup>	0.0±11.02 <sup>e</sup>	2.0±53.19 <sup>e</sup>	3.0±26.26 <sup>f</sup>
Thio +vermi-5	2018	0.0±6.00 <sup>h</sup>	0.0±3.00 <sup>g</sup>	1.0±0.08 <sup>g</sup>	1.0±73.11 <sup>gh</sup>
	2019	0.0±10.01 <sup>fg</sup>	0.0±17.03 <sup>cd</sup>	3.0±40.33 <sup>d</sup>	3.0±86.15 <sup>f</sup>
Thio+S250	2018	0.0±16.04 <sup>f</sup>	0.0±2.00 <sup>g</sup>	0.0±33.00 <sup>h</sup>	0.0±43.06 <sup>ij</sup>
	2019	0.0±11.03 <sup>fg</sup>	0.0±11.01 <sup>e</sup>	1.0±66.11 <sup>h</sup>	4.0±45.29 <sup>e</sup>
N <sub>50</sub> P <sub>25</sub> K <sub>25</sub> +vermi-5	2018	0.0±37.07 <sup>c</sup>	0.0±12.02 <sup>e</sup>	2.0±80.13 <sup>de</sup>	0.53±0.07 <sup>i</sup>
	2019	0.0±14.02 <sup>fg</sup>	0.0±14.01 <sup>e</sup>	1.0±90.21 <sup>f</sup>	5.0±70.53 <sup>d</sup>
Pseudo+Azo	2018	0.0±26.06 <sup>de</sup>	0.0±10.0 <sup>de</sup>	4.0±63.42 <sup>cd</sup>	2.0±0.008 <sup>g</sup>
	2019	0.0±17.03 <sup>f</sup>	0.0±16.02 <sup>ef</sup>	4.0±76.13 <sup>e</sup>	3.0±63.13 <sup>f</sup>
intera+mossea	2018	0.0±27.00 <sup>ef</sup>	0.0±8.00 <sup>d</sup>	1.0±66.26 <sup>f</sup>	1.0±33.11 <sup>h</sup>
	2019	0.0±11.01 <sup>fg</sup>	0.0±37.06 <sup>a</sup>	2.0±80.36 <sup>de</sup>	5.0±43.46 <sup>d</sup>
vermi-10	2018	0.0±26.03 <sup>de</sup>	0.0±37.04 <sup>a</sup>	2.0±33.23 <sup>e</sup>	1.0±46.06 <sup>h</sup>
	2019	0.0±15.00 <sup>f</sup>	0.0±17.02 <sup>cd</sup>	1.0±90.22 <sup>ef</sup>	11.1±9.1 <sup>b</sup>
vermi-15	2018	0.0±32.04 <sup>d</sup>	0.0±6.00 <sup>f</sup>	3.0±43.25 <sup>d</sup>	22.1±16.89 <sup>a</sup>
	2019	0.0±15.00 <sup>f</sup>	0.0±14.01 <sup>de</sup>	3.0±13.43 <sup>d</sup>	8.0±16.36 <sup>c</sup>
vermin-5	2018	0.0±38.08 <sup>c</sup>	0.0±20.03 <sup>c</sup>	1.0±93.18 <sup>ef</sup>	0.0±83.06 <sup>i</sup>
	2019	0.0±10.00 <sup>g</sup>	0.0±7.00 <sup>f</sup>	3.0±3.23 <sup>d</sup>	3.0±2.37 <sup>f</sup>
manure-90	2018	0.0±23.01 <sup>e</sup>	0.0±24.04 <sup>b</sup>	3.0±90.33 <sup>d</sup>	11.0±6.83 <sup>b</sup>
	2019	0.0±24.02 <sup>e</sup>	0.0±14.01 <sup>de</sup>	5.0±66.26 <sup>c</sup>	5.0±73.29 <sup>d</sup>
manure-30	2018	0.0±38.06 <sup>c</sup>	0.0±18.03 <sup>cd</sup>	3.0±20.19 <sup>d</sup>	3.0±26.26 <sup>f</sup>
	2019	0.0±31.03 <sup>d</sup>	0.0±6.00 <sup>f</sup>	7.0±33.43 <sup>b</sup>	1.0±66.08 <sup>h</sup>
manure-60	2018	0.0±22.01 <sup>e</sup>	0.0±11.02 <sup>e</sup>	2.0±60.06 <sup>e</sup>	0.0±26.03 <sup>j</sup>
	2019	0.0±11.00 <sup>fg</sup>	0.0±1.00 <sup>g</sup>	2.0±13.13 <sup>e</sup>	0.0±55.04 <sup>i</sup>
N <sub>50</sub> P <sub>25</sub> K <sub>25</sub> +manure-30	2018	0.0±87.09 <sup>a</sup>	0.0±2.00 <sup>g</sup>	11.0±7.34 <sup>a</sup>	0.0±40.00 <sup>ij</sup>
	2019	0.0±38.03 <sup>c</sup>	0.0±7.00 <sup>f</sup>	7.0±16.26 <sup>b</sup>	2.0±96.36 <sup>g</sup>
Control	2018	0.0±19.00 <sup>ef</sup>	0.0±2.03 <sup>c</sup>	2.0±40.14 <sup>e</sup>	4.0±86.62 <sup>e</sup>
	2019	0.0±8.00 <sup>g</sup>	0.0±3.00 <sup>g</sup>	1.0±40.11 <sup>e</sup>	1.0±36.16 <sup>h</sup>

N: nitrogen (kg. ha<sup>-1</sup>), P: phosphorus (kg. ha<sup>-1</sup>), K: potassium (kg. ha<sup>-1</sup>), thio: *Thiobacillus* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), vermi: vermicompost (ton. ha<sup>-1</sup>), S: sulphur (kg. ha<sup>-1</sup>), pseudo: *Pseudomonas* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), Azo: *Azospirillum* (10<sup>9</sup>.g<sup>-1</sup>), intera: *Glomus intraradices* (g), mossea: *Glomus mosseae* (g), manure: Cow manure (ton. ha<sup>-1</sup>)

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

جدول ۷- تجزیه مقایسه گروهی (آزمون F) تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر ماده خشک و اسانس سرخارگل در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷

**Table 7. Group comparisons analysis (F test) of nutritional treatments effects on dry matter and essential oil of *Echinacea purpurea* in 2018-19**

Treatment	Shoot (leaf+stem+flower) dry matter	Root dry matter	Flowers essential oil percentage	Leaves and stems essential oil percentage	Flowers essential oil yield	Leaves and stems essential oil yield
Control group vs. different fertilizers group	4256.3**	2141.7**	0.014**	0.000004 <sup>ns</sup>	39.4**	0.086 <sup>ns</sup>
Organic fertilizer group vs. chemical fertilizer (NPK) group	20.1 <sup>ns</sup>	12261.2**	0.022**	0.007**	2.07 <sup>ns</sup>	13.4*
Biofertilizer group vs. NPK group	1204.2**	1096.1*	0.002**	0.178**	0.050 <sup>ns</sup>	515.2**
Biofertilizer and organic fertilizer group vs. NPK group	121.1 <sup>ns</sup>	8429.8**	0.015**	0.054**	1.23 <sup>ns</sup>	140.6**
Biofertilizer group vs. organic fertilizer group	1984.5**	5256.5**	0.009**	0.161**	1.39 <sup>ns</sup>	508.3**
Organic fertilizer group ( <i>Glomus mosseae</i> + <i>Glomus intraradices</i> )	450.7**	54.6 <sup>ns</sup>	0.121**	0.016**	11.2**	0.510**
Biofertilizer group ( <i>Glomus mosseae</i> + <i>Glomus intraradices</i> vs. <i>Thiobacillus</i> + <i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i> )	5292.1**	8226.8**	0.0005 <sup>ns</sup>	0.006**	4.08*	215.9**

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

شاهد شد (Anwar *et al.*, 2005).

## بحث

در مطالعه‌ای کود دامی و ورمی‌کمپوست برای تولید آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) استفاده شد؛ نتایج نشان داد که ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست در ترکیب با کود دامی، موجب بیشترین مقدار عملکرد و رشد گیاه شد (Ateia *et al.*, 2009). در این مطالعه، تیمار گیاهان با باکتری‌های ترغیب کننده رشد موجب کمترین مقدار عملکرد گل شد، در حالی که همین تیمار در مطالعه دیگر، موجب بیشتر شدن رشد و تجمع اسانس در گیاه ریحان شد. با این حال، بیشترین عملکرد ریشه در این مطالعه در تیمار قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار *G. mosseae* + *G. intraradices* بدست آمد. این مطلب نشان‌دهنده این است که قارچ‌های میکوریزا که با ریشه گیاه سرخارگل

در این پژوهش، تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی و آلی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه سرخارگل مشاهده شد. نتایج بدست آمده در این پژوهش در راستای سایر مطالعات انجام شده در این زمینه است. در مطالعه کنونی نشان داده شد که بیشترین بازده اسانس از برگ و ساقه گیاه سرخارگل در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد. در مطالعه‌ای نیز افزایش بازده اسانس ریحان (*Ocimum basilicum*) و بهبود کیفیت آن در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست نشان داده شده است (Azizi *et al.*, 2004). همچنین در مطالعه‌ای دیگر بر این گیاه، کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه با کود شیمیایی موجب دستیابی به بیشترین بازده اسانس در مقایسه با

که فسفر یکی از اجزای تشکیل دهنده اسانس می‌باشد، بنابراین این کود می‌تواند منجر به بهبود بیشتر عملکرد اسانس نیز شود (Khalero & Malekian, 2017).

در پژوهشی دیگر، تأثیر کودهای شیمیایی، زیستی و آلی (ورمی‌کمپوست) به صورت کاربرد جداگانه و تلفیقی بر مورفولوژی و عملکرد اسانس گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) مطالعه شد. در نتایج این پژوهش، تیمار ۷۵٪ غلظت کودهای شیمیایی + کودهای زیستی + ورمی‌کمپوست، تیمار برتر در دستیابی به بیشترین مقدار شاخص برداشت، بازده و عملکرد اسانس بود (Tashakorifard et al., 2019). در مطالعه کودهای آلی بر رشد و عملکرد *E. purpurea* توسط Ashnavar و همکاران (۲۰۱۲)، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد ساقه فرعی و قطر ساقه اصلی گیاه نسبت به سایر تیمارها داشت. تأثیر کاربرد خاکی کود پتاسیم و محلول‌پاشی براسینواستروئید بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و اسانس *E. purpurea* در پاسخ به فراهمی آب هم توسط Oveysi Omran و همکاران (۲۰۲۰) بررسی شد. یافته‌های پژوهش آنان نشان داد که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و غلظت یک میکرومولار براسینواستروئید می‌تواند سبب افزایش عملکرد اسانس، بهبود برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه و کاهش اثر تنش شود.

براساس نتایج مقایسات گروهی انجام شده بین تیمارهای کودی مصرف شده، تیمارهای کود زیستی (مصرف قارچ‌های *Glomus intraradices* + *Glomus Mosseae* باکتری‌های *Azospirillum* + *Pseudomonas*)، بیشترین تعداد گل و مقدار حجم و عمق نفوذ ریشه را در گیاه سرخارگل ثبت کرد که با انتقال ماده خشک از ریشه به شاخساره گیاه و وزن بالای گل‌ها، بیشترین مقدار ماده خشک هم با مصرف این تیمارهای زیستی اندازه‌گیری شد. از سویی در مقایسه کود زیستی در مقابل کود شیمیایی و کود آلی، بیشترین مقدار عددی عملکرد اسانس گل و مجموع برگ و ساقه هم بدست آمد. در اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک هم، تیمار کود آلی + کود زیستی در برابر کود شیمیایی، بیشترین

همزیستی داشته‌اند، منجر به رشد و تولید ماده خشک بیشتر و در نهایت عملکرد ریشه بیشتر در مقایسه با سایر تیمارها شده‌اند. این موضوع می‌تواند به بیشتر شدن جذب عناصر به‌ویژه فسفر نسبت داده شود که در رشد و نمو ریشه بیشترین تأثیر را دارد و همزیستی قارچ‌های میکوریزا با ریشه گیاهان منجر به جذب بالای این عنصر می‌شود (Jaderlund et al., 2008). با این حال، بیشترین عملکرد گل در تیمارهای NPK + ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۹۰ تن در هکتار کود دامی اندازه‌گیری شد. عملکرد بالای گل در تیمارها، ناشی از تعداد گل بیشتر بود که در این تیمارها هم بدست آمد. به نظر می‌رسد که در گیاه سرخارگل استفاده از کودهای آلی ورمی‌کمپوست و دامی منجر به بیشتر شدن صفات عملکرد به‌ویژه عملکرد گل می‌شود که از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. بنابراین، این کودها می‌توانند جایگزین تیمار کود شیمیایی شوند و از این راه، از برتری کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست و دامی در تولید پایدار و دوستدار محیط‌زیست گیاه دارویی مهم سرخارگل استفاده کرد.

در پژوهشی، با بررسی تیمارهای تغذیه‌ای مشابه با این مطالعه (تیمارهای کود شیمیایی، آلی و زیستی) بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد اسانس مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad) در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، استفاده از کودهای زیستی (قارچ‌های *Glomus* و باکتری *Thiobacillus*) در افزایش بازده اسانس و استفاده از کود آلی (ورمی‌کمپوست) به همراه کودهای شیمیایی و زیستی در افزایش عملکرد اسانس مرزه خوزستانی مؤثر بود (Mohammadi et al., 2021). در این مطالعه هم، تیمار اسانس گل و تیمار ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست موجب بیشترین عملکرد اسانس مجموع برگ و ساقه شد. ورمی‌کمپوست منبع غنی از عناصر درشت مغذی، ریزمغذی، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد گیاه است که سبب رشد زیاد و سریع گیاهان می‌گردد (Marron, 2015). همچنین قابلیت دسترسی به نیتروژن و فسفر را با افزایش تثبیت نیتروژن و محلول کردن فسفر افزایش می‌دهد و از آنجا

- Sinai conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5: 555-565.
- Azizi, M., Lakzian, A. and Baghani, M., 2004. Study the effects of various amounts of vermicompost on growth characters and essence yield of *Ocimum basilicum* L. In "Proceeding of 2nd congress of medicinal plants. Shahed University, Tehran, Iran", 26 January, (in Persian with English abstract).
  - Barnes, J., Anderson, L.A., Gibbons, S. and Phillipson, J.D., 2005. *Echinacea* species (*Echinacea angustifolia* (DC.) Hell., *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt., *Echinacea purpurea* (L.) Moench): a review of their chemistry, pharmacology and clinical properties. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 57: 929-54.
  - Cardoso, I.M. and Kuyper, T.W., 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems & Environment 116: 72-84.
  - Chen, C.L., Zhang, S.C. and Sung, J.M., 2008. Biomass and caffeoyl phenols production of *Echinacea purpurea* grown in taiwan. Experimental Agriculture, 44: 497-507.
  - Gouws, L.M., Botes, E., Wiese, A.J., Trenkamp, S., Torres-Jerez, I., Tang, Y., Hills, P.N., Usadel, B., Lloyd, J.R., Fernie, A.R., Kossman, J. and van der Merwe, M.J., 2012. The plant growth promoting substance, lumichrome, mimics starch, and ethylene-associated symbiotic responses in lotus and tomato roots. Frontiers in plant science, 3: 120-120.
  - Guzmán-Albores, J., Montes-Molina, J., Castañón-González, J., Abud-Archila, M., Gutiérrez-Miceli, F. and Ruiz-Valdiviezo, V., 2020. Effect of different vermicompost doses and water stress conditions on plant growth and biochemical profile in medicinal plant, *Moringa oleifera* Lam. Journal of Environmental Biology, 41: 240-246.
  - Jaderlund, L., Hellman, M., Sundh, I., Bailey, M.J. and Jansson, J.K., 2008. Use of a novel nonantibiotic triple marker gene cassette to monitor high survival of *Pseudomonas fluorescens* SBW25 on winter wheat in the field. FEMS Microbiol Ecol, 63: 156-68.
  - Karsch-Völck, M., Barrett, B., Kiefer, D., Bauer, R., Ardjomand-Woelkart, K. and Linde, K., 2014. *Echinacea* for preventing and treating the common cold. The Cochrane database of systematic reviews, 2: CD000530-CD000530.
  - Khalesro, Sh. and Malekian, M., 2017. Effects of vermicompost and humic acid on morphological traits, yield, essential oil content and component in organic farming of Ajwan (*Trachyspermum ammi* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 32(6): 968-980.

تعداد برگ و ساقه فرعی مشاهده شد. بر این اساس در استفاده از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی در تولید ماده خشک و اسانس گیاه سرخارگل، تیمار کودهای زیستی نسبت به سایر تیمارهای کودی، برتری نشان دادند.

انجام این پژوهش تأثیر معنی‌دار کاربرد ورمی‌کمپوست و کود دامی، تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری‌های زیستی را در کنار کود شیمیایی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه سرخارگل نشان داد؛ به گونه‌ای که ماده خشک گیاه و عملکرد اسانس آن، به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر تیمارهای کود زیستی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار کودهای زیستی در کنار کودهای آلی می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید پایدار این گیاه دارویی با ارزش باشد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت و مساعدت مسئولان محترم مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور برای اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

## References

- Anwar, M., Patra, D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A. and Khanuja, S., 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in soil science and plant analysis, 36: 1737-1746.
- Ashnavar, M., Bahmanyar, M.A. and Akbarpour, V., 2012. Study the effect of chemical fertilizer, manure and mixture of them utilization on growth and yield of *Echinacea purpurea* L. National Conference of Natural Products and Medicinal Plants, Bojnord, 3-4 October, 250-255.
- Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Dehnavi, M.M. and Salehi, A., 2019. Growth and nutrient content of *Echinacea purpurea* as affected by the combination of phosphorus with arbuscular mycorrhizal fungus and *Pseudomonas fluorescens* bacterium under different irrigation regimes. Journal of Environmental Management, 231: 182-188.
- Ateia, E.M., Osman, Y.A.H. and Meawad, A.E.A.H., 2009. Effect of organic fertilization on yield and active constituents of *Thymus vulgaris* L. under North

- Silva, A.d.C., Blank, A.F., Dos Santos, W.M., Prata, P.S., Alves, P.B. and Arrigoni-Blank, M.d.F., 2014. Fertilization and colors of plastic mulch affect biomass and essential oil of sweet-scented geranium. *The Scientific World Journal*, vol. 2014, Article ID 828259, 7p.
- Sloley, B.D., Urichuk, L.J., Tywin, C., Coutts, R.T., Pang, P.K. and Shan, J.J., 2001. Comparison of chemical components and antioxidants capacity of different *Echinacea* species. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 53: 849-57.
- Stanislavljević, I., Stojičević, S., Veličković, D., Veljković, V. and Lazić, M., 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of *Echinacea* (*Echinacea purpurea* L.) extracts obtained by classical and ultrasound extraction. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 17: 478-483.
- Tashakorifard, E., Mohsenabadi, Gh.R., Ehteshami, S.M.R. and Asadi-Sanam, S., 2019. Effects of integrated soil fertility management on the quantitative and qualitative yield of fodder, seed and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) essential oil. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 35(5): 774-788.
- Win, T.T., Barone, G.D., Secundo, F. and Fu, P., 2018. Algal biofertilizers and plant growth stimulants for sustainable agriculture. *Industrial Biotechnology*, 14: 203-211.
- Yagi, R., Ferreira, M.E., Cruz, M.C.P.d. and Barbosa, J.C., 2003. Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. *Scientia Agricola*, 60: 549-557.
- Zucco, M.A., Walters, S.A., Chong, S.K., Klubek, B.P. and Masabni, J.G., 2015. Effect of soil type and vermicompost applications on tomato growth. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 4: 135-141.
- Khan, R.A.A., Ullah, N., Alam, S.S., Ali, A., Naz, I., Ahmad, B., Ahmad, M. and Ullah, I., 2020. Management of *Ralstonia solanacearum* (Smith) Wilt in Tomato using green manure of the medicinal plant *Adhatoda vasica* (L.) Nees. *Gesunde Pflanzen*, 72: 129-138.
- Khorasaninejad, S., zare, F. and Hemmati, K., 2020. Effects of silicon on some phytochemical traits of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) under salinity. *Scientia Horticulturae*, 264: 108954.
- Luo, H.J., Wang, J.Z., Chen, J.F. and Zou, K., 2011. Docking study on chlorogenic acid as a potential H5N1 influenza A virus neuraminidase inhibitor. *Medicinal Chemistry Research*, 20: 554-557.
- Marron, N., 2015. Agronomic and environmental effects of land application of residues in short-rotation tree plantations: a literature review. *Biomass Bioenergy*, 81: 378-400.
- Miquel, J., Richard, H. and Sandret, F., 1976. Volatile constituents of Moroccan thyme oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24: 833-835.
- Mishra, B., Gyawali, B.R., Paudel, K.P., Poudyal, N.C., Simon, M.F., Dasgupta, S. and Antonious, G., 2018. Adoption of sustainable agriculture practices among farmers in Kentucky, USA. *Environmental management*, 62: 1060-1072.
- Mohammadi, M., Sefidkon, F., Asadi-Sanam, S. and Kalatejari, S., 2021. Effects of nutritional treatments on morphological characteristics and essential oil yield of *Satureja khuzistanica* Jamzad. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(2): 193-213.
- Moustakas, M., Bayçu, G., Sperdoui, I., Eroğlu, H. and Eleftheriou, E.P., 2020. Arbuscular mycorrhizal symbiosis enhances photosynthesis in the medicinal herb *Salvia fruticosa* by improving photosystem II photochemistry. *Plants*, 9: 962.
- Oveysi Omran, M., Zavareh, M., Sefidkon, F., Abbaszadeh, B. and Asadi-Sanam, S., 2020. Effects of potassium and brassinosteroid on some morphophysiological characteristics and essential oil yield of *Echinacea purpurea* (L.) Moench under different regimens of water availability. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36(1): 40-58.