



## The Effect of Drought Stress, Super Absorbent and Fertilizer on the Growth of Peppermint (*Mentha piperita* L.)

Bohlul Abbas zadeh<sup>1</sup> | Masoumeh Layegh Haghighi<sup>2</sup> | Samaneh Asadi-Sanam<sup>3</sup> | Meysam Ansari<sup>4</sup>

1. Corresponding Author, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. Iran. E-mail: [babaszadeh@rifr-ac.ir](mailto:babaszadeh@rifr-ac.ir)
2. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. Iran. E-mail: [layeghhaghighi@rifr-ac.ir](mailto:layeghhaghighi@rifr-ac.ir)
3. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. Iran. E-mail: [asadisanam@rifr-ac.ir](mailto:asadisanam@rifr-ac.ir)
4. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. Iran. E-mail: [mansari@rifr-ac.ir](mailto:mansari@rifr-ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

### Article history:

Received 12 July 2023  
Received in revised form  
1 May 2024  
Accepted 8 July 2024  
Published online 30 September 2024

### Keywords:

Essential oil  
Peppermint  
Morphological characters  
Yield

### ABSTRACT

**Objective:** Water deficit stress, permanent or temporary, limits the growth and distribution of natural vegetation and the performance of cultivated plants more than any other environmental factors.

**Methods:** To investigate the effect of water absorption, drought stress and chemical fertilizers on Mint, this experiment was conducted in 2019 at the Research Institute of Forests and Rangelands, in Karaj, Iran. The experiment was conducted as a split factorial experiment in the form of a randomized complete block design with three replications. The main factor was water absorption in two levels (use and no use) and the sub-factors were drought stress in three levels (90%FC, 60%FC and 30%FC) and chemical fertilizers (nitrogen and phosphor) in four levels ( $N_0P_0$ ,  $N_0P_{150}$ ,  $N_{300}P_0$  and  $N_{300}P_{150}$  kg/ha).

**Results:** A mean comparison of the interactions of the super adsorbent treatments with stress and chemical fertilizers indicated that the highest leaf yield was achieved with the use of super adsorbent\*90%FC\* $N_{300}P_0$ . Application of super adsorbent\*90%FC\* $N_0P_{150}$  had the highest inflorescence yield. A mean comparison of the interaction between super adsorbent, drought stress and chemical fertilizers indicated that the highest leaf essential oil percentage (2.9 %) was achieved in the treatment without super adsorbent\*30%FC\* $N_{300}P_{150}$ . The use of super adsorbent\*90%FC\* $N_0P_{150}$  had the highest leaf essential oil yield. Mean comparison of the interaction between super adsorbent, drought stress and chemical fertilizers indicated that the highest inflorescence essential oil percentage and yield with the average of 10.2 % and 30.3 kg/ha, respectively, were achieved in the treatment without super adsorbent\*90%FC\* $N_{300}P_0$ .

**Conclusion:** Results indicated that mint is sensitive to water deficiency and sufficient moisture is necessary for its production.

**Cite this article:** Abbas zadeh, B., Layegh Haghighi, M., Asadi-Sanam, S., & Ansari, M. (2024). The Effect of Drought Stress, Super Absorbent and Fertilizer on the Growth of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Crops Improvement*, 26 (3), 645-667. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2024.362157.2832>



اثر تنش خشکی، سوپر جاذب و کود بر رشد نعنای فلفلی (*Mentha piperita L.*)بهلول عباسزاده<sup>۱</sup> | معصومه لایق حقیقی<sup>۲</sup> | سمانه اسدی صنم<sup>۳</sup> | میثم انصاری<sup>۴</sup>

۱. نویسنده مسئول، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: [babaszadeh@rifr-ac.ir](mailto:babaszadeh@rifr-ac.ir)
۲. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: [layeghhaghighi@rifr-ac.ir](mailto:layeghhaghighi@rifr-ac.ir)
۳. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: [asadisanam@rifr-ac.ir](mailto:asadisanam@rifr-ac.ir)
۴. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: [mansari@rifr-ac.ir](mailto:mansari@rifr-ac.ir)

## اطلاعات مقاله

## چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

**هدف:** تنش کمبود آب به‌طور دائم یا موقت، در رشد و پراکنش پوشش طبیعی گیاهان و در عملیات کشت، بیش‌تر از سایر عوامل محیطی محدودکننده است.

**روش پژوهش:** به‌منظور بررسی اثر سوپر جاذب، تنش خشکی و کود شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد نعنای فلفلی، این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور-کرج اجرا گردید. این پژوهش با استفاده از طرح اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل استفاده از سوپر جاذب در دو سطح (مصرف و عدم مصرف) و عامل فرعی شامل آبیاری در سه سطح (۹۰، ۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و کودهای شیمیایی شامل فسفر و نیتروژن در چهار سطح ( $N_0P_0$ ،  $N_0P_{150}$ ،  $N_{300}P_0$  و  $N_{300}P_{150}$  کیلوگرم در هکتار) بودند.

**یافته‌ها:** مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش تیمارهای سوپر جاذب در تنش در کود نشان داد که بیش‌ترین عملکرد برگ مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_0$  بود. تیمار مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_0P_{150}$  بیش‌ترین عملکرد گل را داشت. مقایسه میانگین اثر سه‌گانه تیمارها نشان داد که بیش‌ترین درصد اسانس برگ در تیمار عدم مصرف سوپر جاذب در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_{150}$  با میانگین ۲/۹ درصد بود. بیش‌ترین درصد و عملکرد اسانس گل در تیمار عدم مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_0$  به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰/۲ درصد و ۳۰/۳ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری و محاسبه شد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد، نعنای گیاه حساس به کمبود آب بوده و برای تولید آن وجود رطوبت کافی ضروری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

## کلیدواژه‌ها:

اسانس

صفات مورفولوژیک

عملکرد

نعناع

**استناد:** عباسزاده، بهلول؛ لایق حقیقی، معصومه؛ اسدی صنم، سمانه و انصاری، میثم (۱۴۰۳). اثر تنش خشکی، سوپر جاذب و کود بر رشد نعنای فلفلی (*Mentha piperita L.*)، به‌زراعی کشاورزی، ۲۶ (۳)، ۶۴۵-۶۶۷. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2024.362157.2832>



## ۱. مقدمه

خشکی و کم آبی به عنوان مهم ترین مشکل توسعه کشاورزی در ایران، یکی از مهم ترین محدودیت های محیطی در تولید محصولات کشاورزی به شمار می رود که بر بسیاری از پاسخ های فیزیولوژیکی، مولکولی و سلولی گیاه تأثیر می گذارد (پارمون<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۹)، لذا انتخاب گونه های مناسب از نظر مقاومت به خشکی و کم آبی به دلیل سازگاری های فیزیولوژیکی، ریخت شناسی و بیوشیمیایی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دارای اهمیت می باشد (گوشاسبی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). کم آبیاری یک راه کار بهینه و یک روش آگاهانه برای تولید محصولات کشاورزی در شرایط کمبود آب است که در آن افزایش بهره وری آب، چه از راه کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت آبیاری و یا حذف آبیاری هایی است که بازدهی کمتری دارند، انجام می شود (مک کارتی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ چالمرز<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۸۱). با توجه به اثرات مستقیم و مثبتی که تنش کم آبی روی فرایندهای فیزیولوژیک (ربی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۲)، رشد و عملکرد (لاریبی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۹) و تغییرات کمی و کیفی (فرات<sup>۷</sup> و لوات<sup>۸</sup>، ۱۹۹۹). مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد، می توان از این پتانسیل در تولید این گیاهان استفاده کرد. در شرایط کم آبی، گونه های فعال اکسیژن تولید شده و منجر به خسارت اکسیداتیو و در نتیجه اختلال در اعمال فیزیولوژیک سلول ها (لاویسولو<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۰؛ لیسار<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۲) از جمله کاهش فتوسنتز (پینیرو<sup>۱۱</sup> و چاوز<sup>۱۲</sup>، ۲۰۱۰)، کاهش سطح برگ (ژو<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۰) و بسته شدن روزنه ها (گیل<sup>۱۴</sup> و توتجا<sup>۱۵</sup>، ۲۰۱۰) و تغییرات مورفولوژیک (لیسار<sup>۱۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۲) در گیاه می گردد که می تواند نوعی سازگاری به تنش های آبی و محیطی برای کاهش تعرق و مصرف کم تر آب باشد که در نهایت منجر به کاهش عملکرد کمی و کیفی گیاهان خواهد شد (گائو<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). از این رو، یافتن رهیافت هایی برای کاهش اثرهای منفی خشکی بر رشد گیاهان ضروریست.

انتظار می رود که عرضه عناصر غذایی به گیاهان، به ویژه عناصری که گیاه در شرایط تنش با کمبود آن مواجه است در کنار سوپر جاذب های رطوبتی به عنوان یک ابزار مناسب مدیریتی برای مصرف آب (کاسگو<sup>۱۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۸) بتواند مقاومت گیاه را به تنش ها، افزایش و ضمن بهره وری بهینه از منابع آب و خاک، رشد گیاه را بهبود ببخشد (مارشور<sup>۱۹</sup>، ۱۹۹۵). سوپر جاذب های رطوبتی با افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش دور آبیاری می توانند با ایجاد قدرت رشد مطلوب، قدرت رقابتی محصول را افزایش داده و با فراهم نمودن رطوبت سطح خاک و بالا بردن نفوذپذیری خاک موجب کاهش فرسایش و رواناب می شوند و علاوه بر افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، موجب بهبود وضعیت تغذیه ای خاک

1. Parmoon
2. Goshasbi
3. McCarthy
4. Chalmers
5. Rebey
6. Laribi
7. Ferrat
8. Lovatt
9. Lovisololo
10. Lisar
11. Pinheiro
12. Chaves
13. Zhou
14. Gill
15. Tuteja
16. Lisar
17. Gao
18. Kasgo
19. Marschner

هم می‌شوند (شهید<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). کاربرد سوپر جاذب‌ها با ضریب جذب آب بسیار بالا و تخلیه تدریجی آب، عاملی در جهت مصرف بهینه کودهای شیمیایی هم است (مونی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵). تغییرات قابل‌ملاحظه در قابلیت دسترسی به عناصر غذایی مختلف در خاک، یکی از اثرات تنش کم‌آبی است که اگر گیاه خوب تغذیه شده باشد، مقاومت بهتری به تنش کم‌آبی خواهد داشت (شتیوای<sup>۳</sup> و تافیک<sup>۴</sup>، ۲۰۰۷). فراهمی نیتروژن و فسفر با تأثیری که بر رشد شاخساره و ریشه، تولیدمثل، تولید پروتئین، واکنش‌های آنزیمی، ذخیره و انتقال انرژی شیمیایی (به‌صورت‌های ADP<sup>۵</sup> و ATP<sup>۶</sup>) دارند، می‌توانند موجب افزایش بیوستنز ترکیبات ترپنوئیدی و تجمع اسانس در گیاهان دارویی و از جمله نعنای فلفلی شوند (بارکر<sup>۷</sup> و پیلیم<sup>۸</sup>، ۲۰۰۷).

نعناع فلفلی گیاهی علفی و چندساله متعلق به جنس *Mentha* و یکی از پرمصرف‌ترین گیاهان خانواده نعناعیان<sup>۹</sup> است (سادات<sup>۱۰</sup> و لادن مقدم<sup>۱۱</sup>، ۲۰۱۹) که به‌دلیل اسانس ارزشمندی که داشته، اهمیت اقتصادی بالایی دارد و امروزه در سراسر جهان برای مصارف غذایی، دارویی، آرایشی، عطرسازی و پزشکی کشت می‌شوند (ویلدانگ<sup>۱۲</sup> و کروتیو<sup>۱۳</sup>، ۲۰۰۵). این گیاه از نظر دارویی، اسپاسمولیتیک، کمک‌کننده هضم غذا و ضدنفخ (امانی ماچینی<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۸)، خنک‌کننده (ویلدانگ<sup>۱۵</sup> و کراتیو<sup>۱۶</sup>، ۲۰۰۵) و سرشار از آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی مانند ترکیب‌های فنلی است که در ویژگی آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی، ضد التهابی و سیستم دفاعی گیاه (وو<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) نقش مهمی دارد.

هرچند که کنترل کامل عوامل محیطی مؤثر بر رشد و تولید متابولیت‌های ثانویه امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان با استفاده از روش‌هایی، اثرات محیطی را به شکلی مدیریت کرد که گیاه تحت هر شرایطی، حداکثر توانایی خود را بروز دهد (یانگ<sup>۱۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). پژوهش‌های متعددی در این زمینه روی گیاهان دارویی خانواده نعناعیان صورت گرفته و نتایج نشان داده که معمولاً گیاهان این خانواده، تحت تنش کم‌آبی میزان ماده خشک تولیدی را کاهش و برخی از تغییرات فیزیولوژیک، ریخت‌شناسی، بیوشیمیایی و فیتوشیمیایی در این گیاهان به‌منظور افزایش مقاومت به تنش به‌وجود می‌آید (گارسیا-کاپاروس<sup>۱۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). از این‌رو و در این راستا، استفاده از سوپر جاذب در کنار مصرف کود را در شرایط کم‌آبی و آبیاری برای این گیاه با ارزش اقتصادی بالا انتخاب و مورد آزمون قرار گرفت.

## ۲. پیشینه پژوهش

تنش کم‌آبی منجر به کاهش ارتفاع بوته و فاصله میانگره و نیز، وزن خشک گیاه و محتوای نسبی آب برگ در پژوهش

1. Shahid
2. Monni
3. Sheteawi
4. Tawfik
5. Adenosine Diphosphate
6. Adenosine triphosphate
7. Barker
8. Pilbeam
9. Lamiaceae
10. Sadat
11. Ladan Moghadam
12. Wildung
13. Croteau
14. Amani Machiani
15. Wildung
16. Croteau
17. Wu
18. Yang
19. García-Caparrós

(گرگینی شبانکاره<sup>۱</sup> و خراسانی نژاد، ۱۳۹۶)، کاهش معنی دار وزن خشک برگ نسبت به شاهد در پژوهش (تزیکه میاندار<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۲) و کاهش وزن خشک ساقه، ریشه، سطح برگ و ارتفاع ساقه در پژوهش (بصیری<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۰) در گیاه نعنای فلفلی<sup>۴</sup> شد. رحیمی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۸) با مطالعه بر این گیاه، بیان کردند که تنش کم آبی اثر معنی داری بر رشد، عملکرد و میزان مواد پرورده و رنگیزه های فتوسنتزی داشت. به طوری که با کاهش مقدار آب خاک، شاخص هایی مانند ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ ها، وزن تر و خشک برگ ها، ساقه و ریشه ها و عملکرد اسانس نعنای فلفلی کاهش یافت. این گونه نعنای با کمبود و کاهش دسترسی به آب در مرحله رشد رویشی (پیش از مرحله گلدهی) هم مطالعه شد که موجب ایجاد گیاهانی با ارتفاع کوتاه و هم چنین کوچک شدن سطح پهنک برگ (عبدی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) شده است. در گزارشی چهار دوره آبیاری (صفر، ۲، ۴ و ۶ روزه) و چهار سطح سوپر جاذب (صفر، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ گرم در مترمربع) بر خصوصیات کیفی چمن اسپورت<sup>۷</sup> مطالعه و نتایج آن نشان داد که با کاربرد ۳۰ گرم سوپر جاذب و دور آبیاری ۲ روزه، تیمارها خصوصیات مناسب خود را به نحو مناسبی حفظ کردند و در مقایسه با دور آبیاری یک روزه تا نزدیک به ۵۰ درصد در میزان آبیاری صرفه جویی نشان دادند (شیخ مرادی<sup>۸</sup> و همکاران، ۱۳۹۰). با مطالعه پیشینه پژوهش ها در مصرف کودها، می توان گفت که عملکرد اندام هوایی و اسانس گیاه نعنای فلفلی به مقدار زیادی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و مسایل به زراعی (مدیریت آب و مواد غذایی به ویژه نیتروژن) قرار دارد (کشاورز<sup>۹</sup> و همکاران، ۱۳۹۸) که دامنه تغییرات اسانس آن، بین ۰/۱ تا ۴ درصد است (فجر<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). اثر مثبت نوع و مقدار کودها (به ویژه نیتروژن) در میان عوامل مؤثر بر رشد این گیاه، اثرات قابل ملاحظه آن بر عملکرد کمی و کیفی اسانس نعنای فلفلی را نشان داد که توسط پژوهش گران مختلف گزارش شده است (کشاورز<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ سیف سهندی<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۱۳۹۸). از بین این پژوهش گران، سیف سهندی<sup>۱۳</sup> و همکاران (۱۳۹۸) مصرف ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار در زراعت نعنای فلفلی راه، به دلیل افزایش مقدار اسانس و کاهش میزان پولگون<sup>۱۴</sup>، توصیه کردند. علاوه بر این، افزایش ارتفاع گیاه و مقدار منتول<sup>۱۵</sup> در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و تیمار تلفیقی کود آلی و شیمیایی هم در نعنای<sup>۱۶</sup> دیده شده است (ایزهار<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). اسانس نعنای<sup>۱۸</sup> در رویشگاه و مزرعه با هم تفاوت دارد که در مطالعه بهارمست<sup>۱۹</sup> و همکاران (۲۰۲۰) در گیلان بررسی شد که بیشترین درصد اسانس در جمعیت کشت شده و بیشترین صفات ریخت شناسی (طول برگ، ارتفاع بوته و تعداد میانگره) در جمعیت های رویشگاه طبیعی بود.

1. Gorgini
2. Tazikehmiyandare
3. Basiri
4. *Mentha piperita*
5. Rahimi
6. Abdi
7. *Cyndon dactylon*
8. Sheikhmoradi
9. Keshavarz
10. Fejér
11. Keshavarz
12. Seif Sahahndi
13. Seif Sahahndi
14. Pulegone
15. Menthol
16. *Mentha arvensis*
17. Izhar
18. *Mentha pulegium*
19. Baharmast

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در مزرعه پژوهشی گیاهان دارویی مجتمع تحقیقاتی البرز وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور واقع در پنج کیلومتری جنوب‌شرقی کرج در سال ۱۳۹۶، اجرا شد. پژوهش به‌صورت طرح اسپلیت-فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طراحی شد. پیش از اعمال تیمارهای کودی، نمونه‌برداری از خاک در سه تکرار انجام شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات تجزیه خاک موردآزمایش مزرعه در سال ۱۳۹۶

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	بافت خاک	واکنش گل اشباع	هدایت الکتریکی	شن (درصد)	لای (درصد)	رس (درصد)	نیترژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام)	کربن آلی (درصد)	ماده آلی (درصد)
صفر-۳۰	Clay	۷/۵	۱/۰۲	۲۵/۵	۳۸/۸	۳۵/۷	۰/۰۹	۸/۲	۵۸۰	۱/۳	۲/۳

در تیمارهای طراحی‌شده، عامل اصلی استفاده از سوپرچاذب در دو سطح (مصرف و عدم مصرف آن) و عامل‌های فرعی شامل آبیاری در سه سطح (۹۰، ۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و کودهای شیمیایی درشت‌مغذی فسفر و نیترژن در چهار سطح ( $N_0P_0$ ،  $N_{300}P_{150}$ ،  $N_{300}P_0$ ،  $N_0P_{150}$ ،  $N_0P_0$ ) به‌عنوان عدم مصرف کود یا شاهد در نظر گرفته شد. کودها در مرحله آماده‌سازی زمین و در عمق توسعه ریشه به کرت‌های مربوطه اضافه شد. کود فسفر از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود نیترژن از منبع اوره ۴۶ درصد بود. مقادیر هر یک از کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک محل آزمایش تعیین شد که به‌دلیل بالابودن پتاسیم قابل جذب خاک (۵۸۰ mg/kg)، عدم مصرف کود پتاسیم توسط آزمایشگاه توصیه شد.

ابعاد کرت‌ها دو در سه متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی از یکدیگر ۲/۵ متر و کرت‌های فرعی دو متر بود. آبیاری از طریق لوله‌کشی و به‌صورت غرقابی انجام شد. تعداد ۲۰ نشا در هر مترمربع کشت شد. از زمان انتقال نشاها تا استقرار کامل آن‌ها در زمین اصلی (به‌مدت دو هفته) اقدام به دو نوبت آبیاری کامل گردید، سپس اقدام به اعمال تیمارهای تنش به‌صورت وزنی شد. پیش از اعمال تنش، همه کرت‌ها به‌طور یکسان و یکنواخت آبیاری شدند. سپس اقدام به برداشت نمونه خاک از عمق توسعه ریشه (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) به فاصله ۲۴ ساعت از هم در طول دوره رشد گیاه گردید. نمونه‌های برداشت‌شده بلافاصله توزین و جهت تعیین درصد رطوبت به آون منتقل شد. به‌منظور کنترل رطوبت خاک، هر روز نمونه‌هایی از عمق توسعه ریشه از سطح خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متر برداشت گردید. پس از گذاشتن نمونه‌ها در آون و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، میزان رطوبت موجود در خاک مشخص و در صورت نیاز به آبیاری، اقدام به آبیاری تا رسیدن به ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی صورت گرفت. برای کنترل میزان آب مصرفی از کنتور استفاده شد. در طول مرحله رشد، وجین در چهار مرحله با دست انجام گرفت.

به‌منظور مطالعه صفات مورفولوژیک و عملکرد، در هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی برداشت و اندازه‌گیری‌ها انجام شد. برای ارزیابی عملکرد سرشاخه‌گذار، تمام بوته‌های هر کرت پس از حذف اثر حاشیه، کف‌بر و پس از هواخشک‌شدن در سایه با ترازوی حساس توزین و ثبت شد. استخراج اسانس از برگ و گل‌های هواخشک به مقدار ۱۰۰ گرم با روش تقطیر با آب و به‌وسیله دستگاه کلونجر انجام شد (میکوئل<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۷۶). زمان استخراج اسانس برای تمام

نمونه‌ها، دو ساعت بود. پس از اندازه‌گیری مقدار وزنی اسانس‌ها و تعیین بازده اسانس، عملکرد اسانس از حاصل ضرب بازده اسانس در عملکرد ماده خشک محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌ها براساس طرح اسپلیت فاکتوریل انجام گرفت. پیش از تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن داده‌ها بررسی شد و تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن<sup>۱</sup> در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

#### ۴. یافته‌های پژوهش

##### ۴.۱. مورفولوژی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، برهم‌کنش سه عامل سوپر جاذب، تنش و کود بر تعداد پاجوش، طول و عرض برگ، طول گل‌آذین، قطر و تعداد گل‌آذین اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. این برهم‌کنش سه‌گانه بر ارتفاع گیاه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و بر قطر ساقه، تأثیر معنی‌دار نشان نداد. اثر سوپر جاذب بر طول برگ و گل‌آذین و قطر و تعداد گل‌آذین معنی‌دار بود. عامل تنش بر تمام صفات مورفولوژی اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد معنی‌دار داشت. اثر کود به جز دو صفت عرض برگ و قطر ساقه بر سایر صفات اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد معنی‌دار بود. علاوه بر قطر ساقه، در هر سه برهم‌کنش دوگانه، طول برگ و گل‌آذین در برهم‌کنش سوپر جاذب در تنش و ارتفاع گیاه و طول برگ در برهم‌کنش سوپر جاذب در کود، اختلاف معنی‌دار نشان ندادند (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر سوپر جاذب، تنش خشکی و کود شیمیایی بر صفات مورفولوژی نعنای فلفلی

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات	
تعداد گل‌آذین	قطر گل‌آذین	قطر ساقه	طول گل‌آذین	عرض برگ	طول برگ	تعداد پاجوش			
۸۵۶/۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۱۵/۳ <sup>**</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۱/۰۶ <sup>*</sup>	۳/۲ <sup>ns</sup>	۵/۳ <sup>ns</sup>	۲	بلوک
۱۸۳۰/۱ <sup>**</sup>	۰/۴۳ <sup>*</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۲۲/۲ <sup>**</sup>	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۴/۲۵ <sup>**</sup>	۱۱/۷ <sup>ns</sup>	۱۳۶/۱ <sup>ns</sup>	۱	سوپر جاذب (S)
۱۵۰/۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۴	۱/۷	۲۱/۸	۲	خطای S
۱۱۸۱۲/۸ <sup>**</sup>	۰/۳۵ <sup>**</sup>	۰/۰۹ <sup>**</sup>	۳۵/۸ <sup>**</sup>	۰/۹۱ <sup>**</sup>	۴/۳ <sup>**</sup>	۳۹/۰۴ <sup>**</sup>	۱۰۶۹۰/۶ <sup>**</sup>	۲	تنش خشکی (D)
۱۰۱۰/۵ <sup>**</sup>	۰/۲۲ <sup>**</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۱/۰۴ <sup>**</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۳/۱۵ <sup>**</sup>	۷/۹ <sup>**</sup>	۱۵۸۳/۵ <sup>**</sup>	۳	کود NP (F)
۷۷۸/۸ <sup>**</sup>	۰/۰۷ <sup>**</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>**</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۳/۴ <sup>**</sup>	۷۶/۳ <sup>**</sup>	۲	S*D
۲۲۳/۳ <sup>**</sup>	۰/۰۴ <sup>**</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۱/۷۲ <sup>**</sup>	۰/۲۹ <sup>**</sup>	۰/۰۱۷ <sup>ns</sup>	۱/۱ <sup>*</sup>	۳۳/۱ <sup>ns</sup>	۳	S*F
۸۸۲/۸ <sup>**</sup>	۰/۱ <sup>**</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۳/۹۱ <sup>**</sup>	۰/۰۸ <sup>**</sup>	۰/۶۹ <sup>**</sup>	۲/۷ <sup>**</sup>	۱۳۳/۶ <sup>**</sup>	۶	D*F
۲۳۳/۹ <sup>**</sup>	۰/۱ <sup>**</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۲/۵۸ <sup>**</sup>	۰/۲۲ <sup>**</sup>	۰/۲۲ <sup>**</sup>	۱/۸ <sup>**</sup>	۴۰/۱ <sup>*</sup>	۶	S*D*F
۱۵/۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۰۰۸	۰/۰۳	۰/۳۹	۱۵/۵	۴۴	خطا
۱۴/۹	۱۰/۱	۲۱/۷	۱۵/۹	۶/۱	۱۴/۹	۱۱/۵	۱۴/۹	-	ضریب تغییرات (درصد)

ns و \*\*: نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین اثر سه عامل سوپر جاذب در تنش در کود نشان داد که در تیمار مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_{150}$ ، ارتفاع، تعداد پاجوش و طول برگ به ترتیب با میانگین‌های ۱۱۵/۷ سانتی‌متر، ۸/۷ عدد در هر گیاه و ۴/۹ سانتی‌متر بیش‌ترین بود. بیش‌ترین عرض برگ را تیمار عدم مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_0P_{150}$  با میانگین ۲ سانتی‌متر داشت. طول گل‌آذین در تیمار مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی

در  $N_0P_0$  با میانگین  $۱۰/۳$  سانتی‌متر بیش‌ترین بود. قطر و تعداد گل‌آذین در مصرف سوپرچادب در  $۹۰$  درصد ظرفیت زراعی در  $N_0P_{150}$  به‌ترتیب با میانگین‌های  $۱/۲$  سانتی‌متر و  $۱۲۴/۳$  عدد در هر گیاه بیش‌ترین بود (جدول ۳).

**جدول ۳.** مقایسه میانگین اثر متقابل سوپرچادب در تنش خشکی در کود شیمیایی بر صفات مورفولوژی نعنای فلفلی

میانگین صفات							سوپرچادب × تنش × کود
تعداد گل‌آذین	قطر گل‌آذین (سانتی‌متر)	طول گل‌آذین (سانتی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)	تعداد پاجوش	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	
۹۸/۷ <sup>cd</sup>	۰/۹ <sup>c-f</sup>	۱۰/۳ <sup>a</sup>	۱/۹ <sup>ab</sup>	۴/۲ <sup>b</sup>	۶/۳ <sup>cde</sup>	۹۵ <sup>cd</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>
۱۲۴/۳ <sup>a</sup>	۱/۲ <sup>a</sup>	۸/۹ <sup>b</sup>	۱/۵ <sup>d-g</sup>	۳/۹ <sup>bcd</sup>	۸/۳ <sup>ab</sup>	۸۹/۳ <sup>de</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>
۸۵/۷ <sup>fg</sup>	۰/۵ <sup>hi</sup>	۸ <sup>cd</sup>	۱/۸ <sup>bc</sup>	۴/۷ <sup>a</sup>	۷ <sup>cd</sup>	۱۰۵/۷ <sup>b</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>
۱۰۷ <sup>b</sup>	۰/۵۶ <sup>hi</sup>	۶/۳ <sup>ghi</sup>	۱/۷ <sup>cde</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۸/۷ <sup>a</sup>	۱۱۵/۷ <sup>a</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>4</sub>
۷۳ <sup>h</sup>	۰/۹ <sup>def</sup>	۶/۵ <sup>fgh</sup>	۱/۳ <sup>h</sup>	۳/۵ <sup>efg</sup>	۵/۳ <sup>efg</sup>	۷۵ <sup>fg</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>
۸۸/۳ <sup>ef</sup>	۰/۹ <sup>ef</sup>	۸/۲ <sup>cd</sup>	۱/۶ <sup>def</sup>	۳/۹ <sup>cd</sup>	۷ <sup>cd</sup>	۶۹ <sup>ghi</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>
۷۸/۷ <sup>gh</sup>	۱/۱ <sup>ab</sup>	۷/۷ <sup>ed</sup>	۱/۱ <sup>i</sup>	۳/۱ <sup>hi</sup>	۵/۳ <sup>efg</sup>	۸۶/۷ <sup>e</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>
۹۵/۷ <sup>de</sup>	۰/۸ <sup>fg</sup>	۸/۳ <sup>bcd</sup>	۱/۷ <sup>cd</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۶ <sup>def</sup>	۹۲/۷ <sup>de</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>4</sub>
۶۴ <sup>i</sup>	۱/۰۶ <sup>a-d</sup>	۵/۵ <sup>jk</sup>	۱/۴ <sup>gh</sup>	۳/۲ <sup>ghi</sup>	۴ <sup>hij</sup>	۴۶ <sup>n</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>
۷۷/۷ <sup>h</sup>	۱/۰۶ <sup>a-d</sup>	۶/۴ <sup>ghi</sup>	۱/۲ <sup>i</sup>	۳/۴ <sup>e-h</sup>	۴ <sup>hij</sup>	۵۳/۳ <sup>m</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>
۶۴/۷ <sup>i</sup>	۰/۷۳ <sup>g</sup>	۵/۴ <sup>jk</sup>	۱/۷ <sup>cde</sup>	۴/۱ <sup>bc</sup>	۵/۳ <sup>efg</sup>	۶۰ <sup>j-m</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>3</sub>
۵۳/۷ <sup>j</sup>	۰/۹ <sup>efd</sup>	۶/۴ <sup>ghi</sup>	۱/۷ <sup>cd</sup>	۳/۹ <sup>bcd</sup>	۴ <sup>hij</sup>	۶۵ <sup>h-k</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>4</sub>
۹۸/۳ <sup>cd</sup>	۰/۴۳ <sup>i</sup>	۶/۴ <sup>ghi</sup>	۱/۸ <sup>bc</sup>	۳/۷ <sup>def</sup>	۴/۷ <sup>ghi</sup>	۸۹/۷ <sup>de</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>
۱۰۶ <sup>bc</sup>	۰/۵ <sup>hi</sup>	۷/۲ <sup>ef</sup>	۲ <sup>a</sup>	۳/۴ <sup>efg</sup>	۶/۷ <sup>cd</sup>	۹۴/۷ <sup>cd</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>
۷۱/۷ <sup>hi</sup>	۰/۷ <sup>gh</sup>	۸/۵ <sup>bc</sup>	۱/۶ <sup>def</sup>	۴/۱ <sup>bc</sup>	۶/۳ <sup>cde</sup>	۱۰۱/۳ <sup>bc</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>
۹۲/۳ <sup>def</sup>	۰/۵ <sup>hi</sup>	۶/۶ <sup>fgh</sup>	۱/۳ <sup>h</sup>	۴/۸ <sup>a</sup>	۶ <sup>def</sup>	۱۱۴/۷ <sup>a</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>4</sub>
۶۳/۷ <sup>i</sup>	۰/۷ <sup>gh</sup>	۶/۱ <sup>hij</sup>	۱/۵ <sup>d-g</sup>	۲/۹ <sup>ij</sup>	۴ <sup>hij</sup>	۷۸/۳ <sup>f</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>
۸۷/۳۳ <sup>ef</sup>	۱/۰۳ <sup>b-e</sup>	۹ <sup>fgh</sup>	۱/۵ <sup>fgh</sup>	۳/۵ <sup>efg</sup>	۵ <sup>fgh</sup>	۷۰/۳ <sup>gh</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>
۸۸/۳ <sup>ef</sup>	۰/۹ <sup>ef</sup>	۶/۳۳ <sup>ghi</sup>	۱/۷ <sup>cd</sup>	۳/۱ <sup>hi</sup>	۵/۳ <sup>efg</sup>	۸۹ <sup>de</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>
۱۰۴/۷ <sup>bc</sup>	۰/۳ <sup>i</sup>	۶/۹ <sup>fg</sup>	۱/۴ <sup>gh</sup>	۳/۷ <sup>de</sup>	۷/۳ <sup>bc</sup>	۱۰۳ <sup>b</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>4</sub>
۶۴ <sup>i</sup>	۰/۹ <sup>c-f</sup>	۴/۳ <sup>m</sup>	۱/۱۳ <sup>i</sup>	۲/۷ <sup>j</sup>	۳ <sup>j</sup>	۵۷ <sup>lm</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>
۴۰/۷ <sup>k</sup>	۱/۱ <sup>abc</sup>	۵/۱ <sup>kl</sup>	۱/۵ <sup>e-h</sup>	۳/۱ <sup>ghi</sup>	۴/۳ <sup>ghi</sup>	۶۳ <sup>i-l</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>
۳۱ <sup>l</sup>	۰/۷ <sup>gh</sup>	۴/۵ <sup>lm</sup>	۱/۰۳ <sup>i</sup>	۳/۴ <sup>fgh</sup>	۵/۳ <sup>efg</sup>	۵۹ <sup>klm</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>3</sub>
۴۲/۳ <sup>k</sup>	۰/۹ <sup>ef</sup>	۵/۷ <sup>kl</sup>	۱/۰۶ <sup>i</sup>	۳/۶ <sup>def</sup>	۳/۷ <sup>ij</sup>	۶۶/۳ <sup>hi</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>4</sub>

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست. (a<sub>1</sub> = مصرف سوپرچادب، a<sub>2</sub> = عدم مصرف سوپرچادب) (b<sub>1</sub> = ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، b<sub>2</sub> = ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، b<sub>3</sub> = ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) (c<sub>1</sub> = N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>، c<sub>2</sub> = N<sub>300</sub>P<sub>150</sub>، c<sub>3</sub> = N<sub>300</sub>P<sub>0</sub>، c<sub>4</sub> = N<sub>300</sub>P<sub>150</sub>).

### ۲.۴. ماده خشک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش تیمارهای سوپرچادب در تنش در کود بر عملکرد اندام‌های هوایی نعنای فلفلی معنی‌دار بود (جدول ۴). در بین تیمارها، برخلاف تیمار کود و تنش که بر عملکرد همه اندام‌ها اثر معنی‌دار داشت، عامل سوپرچادب تنها بر عملکرد گل معنی‌دار بود. در بین برهم‌کنش دو تیمارها، برهم‌کنش دو عامل سوپرچادب در کود در هیچ‌یک از صفات عملکرد اختلاف معنی‌دار نشان ندادند، اما برهم‌کنش سوپرچادب با تنش تنها بر عملکرد برگ معنی‌دار نبود. اعمال کود در شرایط تنش هم بر عملکرد ساقه و عملکرد گل در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بر عملکرد برگ اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۴).



جدول ۴. تجزیه واریانس اثر سوپر جاذب، تنش خشکی و کود شیمیایی بر عملکرد شاخساره نعنای فلفلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد برگ	عملکرد ساقه	عملکرد گل
بلوک	۲	۱۰۳۴۱۲/۸ <sup>ns</sup>	۹۳۰۵۹/۴ <sup>ns</sup>	۷۶۲۵/۳ <sup>ns</sup>
سوپر جاذب (S)	۱	۱۳۴۷۵/۳ <sup>ns</sup>	۱۱۰۰۱/۴ <sup>ns</sup>	۸۱۰۳۶/۷*
خطای S	۲	۷۵۸۷۵/۳	۳۰۶۸۳/۷	۴۶۲۳/۳
تنش خشکی (D)	۲	۴۰۵۷۵۹۶/۲ <sup>**</sup>	۳۵۴۸۹۵۱/۱ <sup>**</sup>	۲۵۱۶۴۸/۸ <sup>**</sup>
کود NP (F)	۳	۵۲۸۴۳۲/۷*	۲۵۲۷۳۵۶/۵ <sup>**</sup>	۱۷۲۲۴/۸ <sup>**</sup>
S*D	۲	۳۹۹۵۴۴/۱ <sup>ns</sup>	۲۵۰۵۵۶/۶ <sup>**</sup>	۳۴۷۹۸/۱ <sup>**</sup>
S*F	۳	۲۱۳۲۴۹/۴ <sup>ns</sup>	۳۵۴۳۷/۵ <sup>ns</sup>	۹۴۹۳/۴ <sup>ns</sup>
D*F	۶	۱۵۰۱۲۵/۸ <sup>ns</sup>	۱۱۹۵۷۵/۶ <sup>**</sup>	۱۴۵۹۴/۱ <sup>**</sup>
S*D*F	۶	۵۲۲۵۲۰/۹*	۲۹۲۲۷۱/۹ <sup>**</sup>	۱۸۱۹۷/۷ <sup>**</sup>
خطا	۴۴	۱۸۷۸۰۵/۸	۲۵۴۹۱/۶	۳۴۹۹/۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۷/۱	۹/۱	۱۷/۲
		۱۳/۱		

ns و \* نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

مقایسه میانگین برهم کنش سوپر جاذب در تنش در کود نشان داد که عملکرد برگ در مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_0$  با میانگین  $2598/3$  کیلوگرم در هکتار و بعد از آن در تیمار عدم مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_0P_{150}$  با میانگین  $2433/3$  کیلوگرم در هکتار بیشترین بود (جدول ۵). بیشترین عملکرد ساقه در تیمار مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_{150}$  با میانگین  $2630$  کیلوگرم در هکتار و در تیمار عدم مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_{150}$  با میانگین  $2616/7$  کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. تیمار مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_0P_{150}$  بیشترین عملکرد گل را با میانگین  $500$  کیلوگرم در هکتار داشت. عملکرد کل در تیمار مصرف سوپر جاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_0$  با میانگین  $5370$  کیلوگرم در هکتار بیشترین بود (جدول ۵).

نتایج همبستگی ساده ماده خشک برگ با ویژگی های مورفولوژیک، عملکرد ماده خشک و اسانس اندام های هوایی نعنای فلفلی در مصرف سوپر جاذب، کود و تنش شدید ( $30$  درصد ظرفیت زراعی) (جدول ۸) نشان داد که ماده خشک برگ در مصرف سوپر جاذب و کود با عملکرد ساقه ( $0/74^{**}$  و  $0/60^*$ ) و ارتفاع گیاه ( $0/76^{**}$  و  $0/65^*$ ) به ترتیب همبستگی مثبت و معنی داری دارد (جدول ۸). در همین ترتیب تیماری، درصد اسانس گل با عملکرد برگ، همبستگی منفی ( $-0/53^{**}$ ) و مثبت ( $0/86^{**}$ ) معنی داری داشته است. در شرایط تنش هم، عملکرد برگ با عملکرد ساقه ( $0/81^{**}$ ) و ارتفاع گیاه ( $0/84^{**}$ ) رابطه مثبت و معنی داری نشان داد (جدول ۸).

#### ۳.۴ اسانس

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس مشاهده شد که اثر متقابل سوپر جاذب در تنش در کود بر درصد و عملکرد اسانس برگ و گل در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۶). سوپر جاذب تنها بر درصد اسانس برگ و گل معنی دار شد و در مقابل تنش خشکی، تنها بر عملکرد اسانس اندام ها معنی دار بود. عامل تنش بر عملکرد اسانس برگ، عملکرد اسانس گل و عملکرد اسانس کل در سطح یک درصد اثر معنی دار داشت. استفاده از تیمار کود تنها بر گل (درصد و عملکرد اسانس)

اثر معنی‌دار داشت. در برهم‌کنش تیمارهای دوگانه، برهم‌کنش سوپرچاذب در تنش و تنش در کود در درصد و عملکرد اسانس برگ و گل معنی‌دار بود. برهم‌کنش سوپرچاذب در کود بر درصد و عملکرد اسانس گل در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما دو عامل سوپرچاذب در کود تنها بر گل معنی‌دار بود (جدول ۶).

با بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر سه عامل سوپرچاذب در تنش در کود مشاهده شد که بیش‌ترین درصد اسانس برگ در تیمار عدم مصرف سوپرچاذب در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_{150}$  با میانگین ۲/۹ درصد وجود داشت (جدول ۷). بیش‌ترین درصد و عملکرد اسانس گل را تیمار عدم مصرف سوپرچاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_{300}P_0$  به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰/۲ درصد و ۳۰/۳ کیلوگرم در هکتار داشت. عملکرد اسانس برگ در تیمار عدم مصرف سوپرچاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در  $N_0P_{150}$  با میانگین ۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین بود (جدول ۷).

**جدول ۵. مقایسه میانگین برهم‌کنش سوپرچاذب در تنش خشکی در کود شیمیایی بر عملکرد شاخساره نعنای فلفلی**

میانگین صفات					
سوپرچاذب × تنش ×	عملکرد برگ (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد ساقه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	کود
$a_1b_1c_1$	۲۰۵۵ <sup>ab</sup>	۱۷۸۸/۳ <sup>fg</sup>	۳۷۸/۳ <sup>bcd</sup>	۴۲۲۱/۷ <sup>b-e</sup>	
$a_1b_1c_2$	۱۴۹۱/۷ <sup>b-g</sup>	۱۵۸۸/۳ <sup>ghi</sup>	۵۰۰ <sup>a</sup>	۳۵۸۰ <sup>d-g</sup>	
$a_1b_1c_3$	۲۵۹۸/۳ <sup>ga</sup>	۲۲۸۳/۳ <sup>bc</sup>	۴۸۸/۵ <sup>ab</sup>	۵۳۷۰ <sup>a</sup>	
$a_1b_1c_4$	۲۰۴۶/۷ <sup>ab</sup>	۲۶۳۰ <sup>a</sup>	۲۹۰ <sup>def</sup>	۴۹۶۶/۷ <sup>ab</sup>	
$a_1b_2c_1$	۱۲۵۵ <sup>b-g</sup>	۱۳۳۰ <sup>h-k</sup>	۳۸۰ <sup>bcd</sup>	۲۹۶۵ <sup>fgh</sup>	
$a_1b_2c_2$	۱۸۴۳/۳ <sup>ga-e</sup>	۱۹۲۳/۳ <sup>ef</sup>	۴۷۰ <sup>ab</sup>	۴۲۳۶/۷ <sup>b-e</sup>	
$a_1b_2c_3$	۲۰۰۵ <sup>ab</sup>	۲۱۱۶/۷ <sup>cde</sup>	۳۹۵ <sup>a-d</sup>	۴۵۱۶/۷ <sup>abc</sup>	
$a_1b_2c_4$	۱۸۶۶/۷ <sup>a-d</sup>	۲۴۱۶/۷ <sup>ab</sup>	۴۱۸/۳ <sup>abc</sup>	۴۷۰۱/۷ <sup>abc</sup>	
$a_1b_3c_1$	۷۳۶/۷ <sup>g</sup>	۸۵۰ <sup>i</sup>	۲۹۸/۳ <sup>def</sup>	۱۸۸۵ <sup>i</sup>	
$a_1b_3c_2$	۹۵۵ <sup>f-g</sup>	۱۱۴۸/۳ <sup>k</sup>	۳۴۶/۷ <sup>cde</sup>	۲۴۵۰ <sup>hi</sup>	
$a_1b_3c_3$	۱۰۹۶/۷ <sup>d-g</sup>	۱۳۴۵ <sup>h-k</sup>	۲۹۸/۳ <sup>def</sup>	۲۷۴۰ <sup>ghi</sup>	
$a_1b_3c_4$	۱۴۰۳/۳ <sup>b-g</sup>	۱۶۱۱/۷ <sup>gh</sup>	۲۶۵ <sup>f</sup>	۳۲۸۰ <sup>fgh</sup>	
$a_2b_1c_1$	۱۵۸۸/۳ <sup>b-f</sup>	۱۵۸۱/۷ <sup>ghi</sup>	۴۴۰ <sup>abc</sup>	۳۶۱۰ <sup>d-g</sup>	
$a_2b_1c_2$	۲۴۲۳/۳ <sup>ga</sup>	۲۳۴۶/۷ <sup>bcd</sup>	۴۷۱/۷ <sup>ab</sup>	۵۱۴۱/۷ <sup>ab</sup>	
$a_2b_1c_3$	۱۹۹۱/۷ <sup>abc</sup>	۲۰۶۳/۳ <sup>c-f</sup>	۲۹۸/۳ <sup>def</sup>	۴۳۵۳/۷ <sup>b-e</sup>	
$a_2b_1c_4$	۱۷۹۵ <sup>a-f</sup>	۲۶۱۶/۷ <sup>a</sup>	۴۲۶/۷ <sup>abc</sup>	۴۸۳۸/۳ <sup>ab</sup>	
$a_2b_2c_1$	۱۸۲۵ <sup>a-e</sup>	۱۴۶۰ <sup>hij</sup>	۲۲۵ <sup>fg</sup>	۳۵۱۰ <sup>efg</sup>	
$a_2b_2c_2$	۱۱۴۶/۷ <sup>c-g</sup>	۱۱۴۵ <sup>k</sup>	۳۹۵ <sup>a-d</sup>	۲۶۸۶/۷ <sup>ghi</sup>	
$a_2b_2c_3$	۱۷۸۸/۳ <sup>a-f</sup>	۲۲۰۵ <sup>b-e</sup>	۴۴۳/۳ <sup>abc</sup>	۴۴۳۶/۷ <sup>bcd</sup>	
$a_2b_2c_4$	۱۲۴۰ <sup>b-g</sup>	۲۲۰۵ <sup>b-e</sup>	۴۲۳/۳ <sup>abc</sup>	۳۸۶۸/۷ <sup>c-f</sup>	
$a_2b_3c_1$	۱۰۱۱/۷ <sup>efg</sup>	۱۳۰۳/۳ <sup>ijk</sup>	۲۲۰ <sup>fg</sup>	۲۵۳۵ <sup>hi</sup>	
$a_2b_3c_2$	۱۲۹۰ <sup>b-g</sup>	۱۳۳۳/۳ <sup>h-k</sup>	۱۴۵ <sup>gh</sup>	۲۷۶۸/۷ <sup>ghi</sup>	
$a_2b_3c_3$	۱۳۹۰ <sup>b-g</sup>	۱۲۰۶/۷ <sup>jk</sup>	۱۳۰ <sup>gh</sup>	۲۷۲۶/۷ <sup>ghi</sup>	
$a_2b_3c_4$	۱۵۳۵ <sup>b-g</sup>	۱۹۶۱/۷ <sup>def</sup>	۱۰۵ <sup>h</sup>	۳۶۰۱/۷ <sup>d-g</sup>	

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست. ( $a_1$  = مصرف سوپرچاذب،  $a_2$  = عدم مصرف سوپرچاذب) ( $b_1$  = ۹۰ درصد ظرفیت زراعی،  $b_2$  = ۶۰ درصد ظرفیت زراعی،  $b_3$  = ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) ( $N_{300}P_{150}=c_4$ ،  $N_{300}P_0=c_3$ ،  $N_0P_{150}=c_2$ ،  $N_0P_0=c_1$ ).

## جدول ۶. تجزیه واریانس اثر سوپر جاذب، تنش خشکی و کود شیمیایی بر درصد و عملکرد اسانس برگ و گل نعناع فلفلی

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد اسانس کل	عملکرد اسانس گل	عملکرد اسانس برگ	درصد اسانس گل	درصد اسانس برگ		
۴۳/۶ <sup>ns</sup>	۲/۸۶ <sup>ns</sup>	۳۹/۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۲	بلوک
۲۵۳/۸ <sup>ns</sup>	۸/۲۴ <sup>ns</sup>	۱۷۰/۶ <sup>ns</sup>	۱۹/۰۰۳*	۰/۶۴*	۱	سوپر جاذب (S)
۶۰/۳۶	۱۳/۰۵	۲۱/۷	۰/۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۴	۲	خطای S
۲۳۶۱/۱**	۴۴۲/۶**	۷۸۳/۲**	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۲	تنش خشکی (D)
۲۸۹/۱ <sup>ns</sup>	۱۱۳/۹**	۱۱۸/۳ <sup>ns</sup>	۵/۲۵**	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۳	کود NP (F)
۲۵۴/۹ <sup>ns</sup>	۳۷۲/۷**	۵۰۶/۹**	۱۴/۰۷**	۰/۷۵**	۲	S*D
۲۵/۴ <sup>ns</sup>	۶۸/۲**	۲۱/۱ <sup>ns</sup>	۶/۷۶**	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۳	S*F
۴۲۰/۸**	۵۸/۹**	۳۴۷/۱**	۵/۱۸**	۰/۸۲**	۶	D*F
۲۲۷/۹ <sup>ns</sup>	۴۲/۹**	۳۲۵/۴**	۹/۰۵**	۰/۴۶**	۶	S*D*F
۱۱۵/۶	۱۰/۷	۹۶/۹	۰/۸۳	۰/۱۳	۴۴	خطا
۲۴/۴	۲۲/۶	۳۳/۲	۲۱/۳	۲۰/۱	-	ضریب تغییرات (درصد)

ns و \*\*: نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

## جدول ۷. مقایسه میانگین برهم کنش سوپر جاذب در تنش خشکی در کود شیمیایی بر درصد و عملکرد اسانس نعناع فلفلی

میانگین صفات					سوپر جاذب × تنش × کود
عملکرد اسانس کل (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد اسانس گل (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد اسانس برگ (کیلوگرم در هکتار)	درصد اسانس گل (درصد)	درصد اسانس برگ (درصد)	
۴۰/۳ <sup>c-h</sup>	۱۱/۴ <sup>e-h</sup>	۲۸/۹ <sup>b-f</sup>	۳/۱ <sup>g-h</sup>	۱/۴ <sup>d-e-f</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>
۵۳/۷ <sup>a-e</sup>	۲۴/۴ <sup>b</sup>	۲۹/۳ <sup>b-f</sup>	۴/۹ <sup>b-c-d</sup>	۱/۹ <sup>b-e</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>
۵۵/۵ <sup>abcd</sup>	۱۲/۹ <sup>d-g</sup>	۴۲/۷ <sup>a-b-c</sup>	۲/۶ <sup>g-h</sup>	۱/۶ <sup>c-f</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>
۴۱/۱ <sup>c-h</sup>	۶/۳ <sup>h-i</sup>	۳۴/۸ <sup>a-e</sup>	۲/۳ <sup>h</sup>	۱/۷ <sup>c-f</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>4</sub>
۳۹/۸ <sup>c-h</sup>	۱۳/۷ <sup>d-e-f</sup>	۲۶/۱ <sup>c-f</sup>	۳/۶ <sup>c-h</sup>	۲/۱ <sup>b-c-d</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>
۵۷/۸ <sup>abc</sup>	۱۷/۶ <sup>c-d-e</sup>	۴۰/۲ <sup>a-d</sup>	۳/۷ <sup>c-h</sup>	۲/۲ <sup>b-c</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>
۵۱/۷ <sup>b-f</sup>	۱۳/۱ <sup>d-g</sup>	۳۸/۶ <sup>a-d</sup>	۳/۳ <sup>d-h</sup>	۱/۹ <sup>b-e</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>
۴۳/۹ <sup>c-h</sup>	۱۶/۴ <sup>c-d-e</sup>	۲۷/۵ <sup>b-f</sup>	۳/۹ <sup>c-h</sup>	۱/۵ <sup>c-f</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>4</sub>
۳۶/۵ <sup>d-h</sup>	۱۷/۶ <sup>c-d-e</sup>	۱۸/۹ <sup>e-f</sup>	۶/۱ <sup>b</sup>	۲/۵ <sup>ab</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>
۲۷/۸ <sup>g-h</sup>	۱۵/۷ <sup>c-d-e</sup>	۱۲/۰ <sup>e-f</sup>	۴/۶ <sup>b-f</sup>	۱/۳ <sup>e-f</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>
۲۴/۳ <sup>h</sup>	۱۱/۹ <sup>e-h</sup>	۱۲/۵ <sup>f</sup>	۳/۹ <sup>c-h</sup>	۱/۱ <sup>f</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>3</sub>
۳۴/۳ <sup>e-h</sup>	۸/۹ <sup>f-i</sup>	۲۵/۲ <sup>c-f</sup>	۳/۲ <sup>d-h</sup>	۱/۸ <sup>c-d-e</sup>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>4</sub>
۴۶/۵ <sup>c-g</sup>	۲۰/۵ <sup>b-c</sup>	۲۵/۹ <sup>c-f</sup>	۴/۸ <sup>b-e</sup>	۱/۶ <sup>c-f</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>
۷۱/۷ <sup>a</sup>	۱۹/۲ <sup>b-c-d</sup>	۵۲/۵ <sup>a</sup>	۴/۱ <sup>c-g</sup>	۲/۱ <sup>b-c</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>
۶۷/۵ <sup>ab</sup>	۳۰/۳ <sup>a</sup>	۳۷/۱ <sup>a-e</sup>	۱۰/۲ <sup>a</sup>	۱/۹ <sup>b-e</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>
۴۳/۵ <sup>c-h</sup>	۱۵/۴ <sup>c-d-e</sup>	۲۸/۰ <sup>b-f</sup>	۳/۶ <sup>c-h</sup>	۱/۵ <sup>c-f</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>4</sub>
۵۲/۱ <sup>a-f</sup>	۱۴/۱ <sup>d-e-f</sup>	۳۸/۱ <sup>a-d</sup>	۶/۳ <sup>b</sup>	۲/۱ <sup>b-c-d</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>
۴۲/۸ <sup>c-h</sup>	۲۰/۷ <sup>b-c</sup>	۲۲/۱ <sup>d-e-f</sup>	۵/۲ <sup>b-c</sup>	۱/۹ <sup>b-e</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>
۵۰/۶ <sup>b-f</sup>	۱۸/۵ <sup>b-c-d</sup>	۳۲/۱ <sup>b-e</sup>	۴/۳ <sup>c-g</sup>	۱/۸ <sup>c-d-e</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>
۳۴/۶ <sup>d-h</sup>	۱۶/۶ <sup>c-d-e</sup>	۱۸/۱ <sup>e-f</sup>	۳/۹ <sup>c-h</sup>	۱/۴ <sup>d-e-f</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>4</sub>
۲۵/۵ <sup>g-h</sup>	۶/۹ <sup>g-h-i</sup>	۱۸/۵ <sup>e-f</sup>	۳/۷ <sup>e-h</sup>	۱/۸ <sup>b-e</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>
۳۱/۷ <sup>f-h</sup>	۶/۳ <sup>h-i</sup>	۲۵/۵ <sup>c-f</sup>	۴/۳ <sup>c-g</sup>	۱/۹ <sup>b-e</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>
۳۵/۴ <sup>d-h</sup>	۸/۲ <sup>i</sup>	۳۰/۱ <sup>b-f</sup>	۴/۰ <sup>d-h</sup>	۲/۱ <sup>b-c-d</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>3</sub>
۴۹/۸ <sup>b-f</sup>	۴/۱ <sup>i</sup>	۴۵/۶ <sup>ab</sup>	۳/۹ <sup>c-h</sup>	۲/۹ <sup>a</sup>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>4</sub>

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است. (a<sub>1</sub> = مصرف سوپر جاذب، a<sub>2</sub> = عدم مصرف سوپر جاذب) (b<sub>1</sub> = ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، b<sub>2</sub> = ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، b<sub>3</sub> = ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) (c<sub>1</sub> = N<sub>0</sub>P<sub>0</sub> = c<sub>1</sub>، c<sub>2</sub> = N<sub>0</sub>P<sub>150</sub> = c<sub>2</sub>، c<sub>3</sub> = N<sub>300</sub>P<sub>150</sub> = c<sub>3</sub>).

**جدول ۸.** ضرایب همبستگی (پیرسون) عملکرد برگ با ویژگی های مورفولوژیک و عملکرد ماده خشک و اسانس نعنای فلفلی تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده

ضریب همبستگی (r)		
مصرف سوپر جاذب	تنش در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی	مصرف کود
عملکرد ساقه	۰/۷۳**	۰/۶۰*
عملکرد گل	۰/۴۱*	۰/۰۷ <sup>ns</sup>
درصد اسانس برگ	-۰/۰۸ <sup>ns</sup>	-۰/۳۷ <sup>ns</sup>
درصد اسانس گل	-۰/۵۳**	۰/۸۶**
ارتفاع گیاه	۰/۷۶**	۰/۶۵*
تعداد پاجوش	۰/۵۶**	۰/۲۹ <sup>ns</sup>
طول برگ	۰/۴۸**	۰/۳۸ <sup>ns</sup>
عرض برگ	۰/۳۴*	۰/۲۳ <sup>ns</sup>
تعداد گل آذین	۰/۳۶*	-۰/۳۴ <sup>ns</sup>

ns و \*\* نشان دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

## ۵. بحث

نتایج نشان داد که با مصرف سوپر جاذب در شرایط بدون تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) و با مصرف کود نیتروژن ( $N_{300}P_{150}$ ) برخی صفات مورفولوژیک مانند ارتفاع، تعداد پاجوش و طول برگ بیش‌ترین و بدون مصرف کود نیتروژن ( $N_{0}P_{150}$ )، گل آذین نعنای فلفلی (قطر و تعداد آن) در بیش‌ترین مقدار اندازه‌گیری شد (جدول ۳). افزایش تعداد پاجوش در اثر مصرف سوپر جاذب شاید به دلیل تأثیر مثبت رطوبت بالا در پاجوش‌زایی نعنای باشد و افزایش قطر گل آذین هم در شرایط ظرفیت زراعی مزرعه و مصرف سوپر جاذب، می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر مثبت رطوبت در باروری گلچه‌ها و فشردگی آن‌ها باشد. اثر افزایشی مثبت استفاده از سوپر جاذب بر تعداد گل آذین نیز می‌تواند ناشی از اثر مثبت آن بر تعداد پنجه و پاجوش به‌شمار رود. از طرفی، با استفاده از کود نیتروژن در تیمارهای ۹۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه، تعداد پاجوش آن بیش‌تر شد و در تیمار ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه کاهش شدیدی داشت که نشان می‌دهد اگر کوددهی صورت گیرد، به دلیل بالا رفتن نیاز رطوبتی اگر رطوبت کافی در اختیار گیاه نباشد، تعداد پاجوش که در افزایش تعداد گل آذین و تعداد شاخه و برگ و عملکرد اندام هوایی بیش‌ترین نقش را دارد، به شدت کاهش خواهد یافت. پایین آمدن تعداد و قطر گل آذین هم نشان‌دهنده تأثیر منفی کود به‌ویژه کود اوره بر مرحله زایشی و اندام‌های زایشی می‌باشد. در کل می‌توان گفت که پاجوش‌ها به همراه ارتفاع نعنای که در دریافت نور، امکان برداشت مکانیزه و امکان تولید گل‌های درشت‌تر نقش دارد، در شرایط بهینه رشد گیاه، بیش‌ترین مقدار را خواهند داشت. فسفر و نیتروژن، هر دو عنصر تأثیرگذار بر صفات مورفولوژیک نعنای بودند اما اثر فسفر بر گل آذین مؤثرتر بود، به طوری که بر گل بیش‌تر از برگ تأثیرگذار بود که شاید دلیل اصلی آن، دیر آزاد شدن و دیر جذب شدن فسفر و تأثیرگذاری ویژه آن بر اندام‌های زایشی باشد. یکی از تأثیرگذارترین عوامل محدودکننده محیطی بر رشد مورفولوژیک (گائو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰) فیزیولوژیک و تغذیه‌ای (ای هوما<sup>۲</sup> و مادراموتو<sup>۳</sup>، ۲۰۱۷) و عملکرد کمی و کیفی گیاهان (ژانگ<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۸)، تنش خشکی می‌باشد که

1. Gao
2. Ihuoma
3. Madramootoo
4. Zhang

در نهایت منجر به کاهش وزن تر و خشک اندام‌های گیاه به دلیل کاهش قابل توجه در فتوسنتز و سطح برگ (میزانزاده<sup>۱</sup> و امام<sup>۲</sup>، ۱۳۸۹) و نیز تورژسانس سلولی (سانکار<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷) باشد. از این رو، افزایش توان گیاهان برای تحمل تنش‌های ناشی از کمبود آب در افزایش عملکرد مهم به نظر می‌رسد. اولین نشانه تنش خشکی در گیاه، بازدارندگی سریع رشد اندام هوایی به‌ویژه اندام‌های فتوسنتزکننده (ساقه و برگ‌ها) با کاهش تورژسانس و در نتیجه رشد و توسعه سلول و به مقدار کم رشد ریشه به‌شمار می‌رود (نیومن<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸). به عبارتی اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد، به‌علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد (سولیناس<sup>۵</sup> و دیانا<sup>۶</sup>، ۱۹۹۶) به طوری که کاهش سطح برگ یک واکنش اولیه به کمبود آب است (کافی<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۳۷۹). کمبود آب، تعداد برگ در گیاه، اندازه هر برگ و طول عمر برگ را به‌وسیله کاهش پتانسیل آب خاک کاهش می‌دهد (هونگ<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). علاوه بر تعداد برگ، سطح برگ نیز از مؤلفه‌هایی است که از کود نیتروژن تأثیر می‌پذیرد که در این زمینه می‌توان به گزارش‌های اعلام‌شده بر گیاه نعناع فلفلی اشاره کرد (گلدرا<sup>۹</sup>، ۱۹۸۸؛ گوش<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۱۹۹۳). گزارش‌های مشابهی از مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نسبت‌های مختلف بر گیاه نعناع فلفلی شده است (نیاکان<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳؛ گوش<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۳). بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گیاه ریحان<sup>۱۳</sup> نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته از کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد (دادوند سراب<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). در تیمار و شرایط تنش هم، آلکیر<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثرات آبیاری با اثر آبیاری کامل، مختصر و عدم انجام آبیاری بر گیاه نعناع فلفلی نتیجه گرفتند که تنش آبی طول میانگره‌ها و ارتفاع گیاه را کاهش می‌دهد. کوشکی<sup>۱۶</sup> و همکاران (۲۰۲۱) کاهش ۳۳ درصدی ارتفاع نعناع فلفلی را در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد گزارش کردند. بابایی<sup>۱۷</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، اثر چهار رژیم رطوبتی (۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) را بر گیاه آویشن باغی<sup>۱۸</sup> بررسی کرده و مشاهده نمودند که با تشدید کمبود آب، ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی و طول و حجم ریشه گیاه کاهش نشان داد. در همین گونه دارویی، اجزای عملکرد و صفات رشدی گیاه در دور آبیاری برحسب روز (هفت، ۱۲ و ۱۷ روز به‌عنوان شاهد، دور ملایم و شدید) و استفاده از کودهای شیمیایی NPK (گوشاسبی<sup>۱۹</sup> و همکاران، ۲۰۲۰) و نیز اعمال تنش‌های ملایم شوری (۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و خشکی (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای FC) (فابریکی اورنگ<sup>۲۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۸) بررسی شد. نتایج،

1. Mizanzadeh
2. Imam
3. Sankar
4. Neumann
5. Solinas
6. Deiana
7. Kafi
8. Hong
9. Gelder
10. Ghosh
11. Niakan
12. Ghosh
13. *Ocimum basilicum*
14. Dadvand Sarab
15. Alkire
16. Koushki
17. Babae
18. *Thymus vulgaris*
19. Goshasbi
20. Fabriki ourang

افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های جانبی در تیمار شاهد (هفت روز دور آبیاری) و کاهش ارتفاع گیاه و قطر شاخه اصلی و فرعی در برابر شرایط عدم تنش را نشان داد. در بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) و فسفر (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل) بر عملکرد فیزیولوژیک و برخی صفات ریخت‌شناسی گیاه زینتی - دارویی علف طلائی<sup>۱</sup>، استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر موجب زود گلدهی، افزایش طول دوره گلدهی و دستیابی به بیشینه شاخص‌های رشد در گیاه شد (صفری<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۲). با مطالعه گیاه دارویی کاکوتی کوهی<sup>۳</sup> توسط حیدرزاده<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در شرایط اعمال آبیاری ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، بیش‌ترین عملکرد مورفولوژیک گیاه در نیاز به آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) ثبت و اندازه‌گیری شد.

با افزایش شدت تنش خشکی هرچند در تیمارهای مصرف و بدون مصرف سوپرچاذب، شاهد کاهش عملکرد گل بودیم، اما شدت کاهش در تیمار بدون مصرف سوپرچاذب بسیار بیش‌تر بود. بیگدلی‌نسب و همکاران (۱۳۹۹)، سوپرچاذب نانوکامپوزیت با سه سطح صفر، ۲ و ۵ گرم در کیلوگرم خاک گل‌دان را بر ویژگی‌های رشد و مقابله با تنش خشکی در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در چمن اسپورت<sup>۵</sup> مطالعه و بررسی کردند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که به‌کاربردن سوپرچاذب در زمان تنش، موجب کاهش اثر تنش خشکی و بهبود صفات رنگ، تراکم، ارتفاع و ماده خشک اندام هوایی شد و توانست به گیاه کمک نماید که از شرایط تنش عبور نماید. جهان<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر مواد سوپرچاذب رطوبتی (۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) در کاهش اثر تنش خشکی در ذرت<sup>۷</sup> با دو دور آبیاری هفت و ۱۴ روز، نتیجه گرفتند که ارتفاع بوته و درصد ماده خشک به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای سوپرچاذب قرار گرفت و با مصرف هر دو سطح، صفات رشد و عملکرد گیاه در دور آبیاری ۱۴ روز افزایش نشان داد. تأثیر مواد سوپرچاذب رطوبتی و میکوریز بر کاهش مصرف آب بر رشد و عملکرد سیب زمینی<sup>۸</sup> در شرایط کم‌آبیاری در گزارش پرویزی<sup>۹</sup> (۲۰۲۱) آمده است. آب آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی براساس تبخیر و تعرق و استفاده از سوپرچاذب با دو سطح (صفر و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) بود که با اعمال کم‌آبیاری، صفات رویشی و عملکرد کل کاهش پیدا کردند، اما با کاربرد سوپرچاذب، عملکرد کل در مقایسه با عدم استفاده از آن‌ها در شرایط تنش متوسط و شدید حدود ۹/۵ و ۱۰/۱ درصد افزایش داد.

نتایج ناشی از مصرف کودها بر عملکرد اندام‌های مختلف نشان داد که عملکرد گل تحت تأثیر فسفر قرار گرفت که در بیش‌ترین مقدار بود (تیمار مصرف سوپرچاذب در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و مصرف N<sub>0</sub>P<sub>150</sub>)، اما عملکرد کل سرشاخه و سایر اندام‌ها تحت تأثیر کود نیتروژن و فسفر بوده و به‌هنگام مصرف هر دو کود با هم مقدار برگ و ساقه افزایش یافت. نیتروژن از جمله عناصری است که گیاهان در تمام دوره‌های فعالیت خود به آن نیاز دارند (خواججه‌پور<sup>۱۰</sup>، ۱۳۷۸). در واقع این عنصر، یکی از محدودترین فاکتورهای مغذی است که بر محتوای کلروفیل، فرایند فتوسنتز و عملکرد تأثیرگذار است (والش<sup>۱۱</sup> و والش، ۲۰۲۰). از طرفی، مناسب‌ترین میزان مصرف کود مقداری خواهد بود که علاوه بر افزایش عملکرد، موجب

1. *Solidago canadensis*
2. Safari
3. *Ziziphora clinopodioides*
4. Heidarzadeh
5. *Cyndon dactylon*
6. Jahan
7. *Zea mays*
8. *Solanum tuberosum*
9. Parvizi
10. Khajehpour
11. Walsh

کاهش مقدار متابولیت‌های ثانویه نیز نشود (مادر<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۳). فسفر هم، یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان زراعی است که به دلیل حضور در ساختمان ATP نقش زیادی در متابولیسم و رشد گیاه دارد (رودرش<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین، نقش اساسی و مستقیمی در انتقال انرژی، کربن‌گیری گیاه، کاهش زمان رسیدن محصول و استحکام بیش‌تر ساقه دارد (سالاردینی<sup>۴</sup>، ۱۳۸۴). در واکنش عملکرد نعنای با مصرف کودها می‌توان به مطالعه نیاکان<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۳) با مصرف سه سطح کود نیتروژن و فسفر (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر ماده خشک گیاه نعنای فلفلی، بیش‌ترین تعداد و ماده خشک برگ با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کودها و بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در واحد سطح با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. نعنای برای تولید یک تن از پیکر رویشی تازه (تا مرحله گلدهی) ۲۵ کیلوگرم نیتروژن، ۸ کیلوگرم اکسید فسفر و ۱۰ کیلوگرم اکسیدپتاسیم از خاک جذب می‌کنند. از این‌رو، نیاز غذایی نعنای تا مرحله گلدهی بسیار زیاد است. در پژوهشی که برای بررسی کود نیتروژن (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) بر گیاه نعنای فلفلی در مزرعه تحقیقاتی شرکت داروسازی باریج اسانس کاشان انجام شده بود، بیش‌ترین عملکرد ماده خشک اندام هوایی در هکتار در زمان مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و در زمان شروع غنچه‌دهی به دست آمد (زینعلی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). در بررسی تأثیر کودهای زیستی، عناصر ریزمغذی و کودهای شیمیایی بر عملکرد و عناصر موجود در نعنای فلفلی تحت تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، بیش‌ترین مقدار ماده خشک (۱۴/۶ گرم) را در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی ثبت کردند (پارسا<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). محلول‌پاشی عناصر غذایی بر کمیت و کیفیت نعنای فلفلی در سطوح مختلف آبیاری توسط جوانمرد<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۲۲) مطالعه و بررسی شد. سطوح آبیاری بر اساس سه سطح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی بود. بیش‌ترین (۲۸۰/۵ گرم بر مترمربع) و کم‌ترین (۱۱۳/۷ گرم بر مترمربع) ماده خشک کل به ترتیب در شرایط نرمال آبیاری (شاهد) و تنش شدید بدون مصرف کود به دست آمد. ابراهیمی اسبوزی<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۲۱) اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و انواع کودهای نیتروژن بر عملکرد ماده خشک و اسانس نعنای فلفلی را بررسی کردند. آبیاری در حد ظرفیت مزرعه و به ترتیب بعد از تخلیه ۲۵، ۴۰ و ۵۵ درصد آب قابل استفاده در منطقه ریشه به‌عنوان رژیم‌های آبیاری طراحی و اجرا شد. بالاترین عملکرد ماده خشک (۳۱۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک و با کود اوره حاصل شد و تنش کم‌آبی شدید موجب کاهش ۴۴ درصدی عملکرد ماده خشک شد. کوشکی<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری بر نعنای فلفلی به کاهش ۴۰ درصدی عملکرد ماده خشک اندام هوایی گیاه در رژیم رطوبتی ۶۰ درصد اشاره کردند. در همین رژیم رطوبتی، اندازه غلظت نیتروژن و فسفر هم به ترتیب ۱۷ و ۹ درصد کاهش پیدا کرد. آلکایر<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی اثر آبیاری کامل، مختصر و عدم انجام آبیاری بر گیاه نعنای فلفلی نتیجه گرفتند که تنش آبی، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه را کاهش می‌دهد. در دیگر گیاهان مورد پژوهش و بررسی از جمله گیاه مرزه<sup>۱۲</sup>، عملکرد ماده خشک در تنش کم‌آبی (۴۰ و ۷۰ درصد

1. Mader
2. Adenosine triphosphate
3. Rudresh
4. Salardini
5. Niakan
6. Zeinali
7. Parsa
8. Javanmard
9. Ebrahimi-Sborezi
10. Koushki
11. Alkire
12. *Satureja sahandica*

تخلیه رطوبتی) در مقایسه با شرایط عدم تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه)، کاهش حدود ۷۰ درصدی نشان داد (محمدی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). برای گیاه همیشه بهار<sup>۲</sup>، مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شد (آرگانوسا<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۸). در همین گیاه، اثر سطوح مختلف نیتروژن موجب افزایش طول دوره گلدهی (بیتا<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱) و افزایش ماده خشک گل (عامری<sup>۵</sup> و نصیری محلاتی<sup>۶</sup>، ۱۳۸۷) شده است. در گیاه رزماری<sup>۷</sup>، افزایش سطح استفاده از کود نیتروژن تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش زیست‌توده شد (سینگ<sup>۸</sup>، ۲۰۱۲). مطالعه پژوهش‌گران روی اثر نیتروژن و فسفر بر عملکرد و ویژگی‌های کمی دو جمعیت اهلی و وحشی بابونه آلمانی<sup>۹</sup> نشان داد که تیمارهای مختلف کودی اثر معنی‌داری بر ماده خشک شاخساره و ریشه گیاه داشته است (کرمی<sup>۱۰</sup> و خوشخوی<sup>۱۱</sup>، ۱۳۸۵). سیمون-سرکدی<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۰۶) و سوریانو<sup>۱۳</sup> و همکاران (۲۰۰۱) کاهش عملکرد اندام هوایی و دانه گیاه گشنیز<sup>۱۴</sup> در شرایط تنش خشکی و یالسینتاس<sup>۱۵</sup> (۱۹۹۵) افزایش عملکرد دانه آن را با کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن گزارش کردند. لباسچی<sup>۱۶</sup> و شریفی عاشورآبادی<sup>۱۷</sup> (۲۰۰۴)، ضمن بررسی سطوح مختلف تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) بر گیاهان اسفرزه<sup>۱۸</sup>، بومادران<sup>۱۹</sup>، مریم‌گلی<sup>۲۰</sup>، همیشه‌بهار و بابونه آلمانی گزارش کردند که با تشدید تنش خشکی، ماده خشک اندام هوایی گیاهان مورد مطالعه کاهش یافت.

نتایج این پژوهش نشان داد که سوپرچاذب تنها بر درصد اسانس برگ و گل معنی‌دار شد و در مقابل تنش خشکی تنها بر عملکرد اسانس اندام‌ها معنی‌دار بود. بیش‌ترین درصد و عملکرد اسانس گل و برگ با عدم مصرف سوپرچاذب در شرایط بدون تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌ترتیب با نیتروژن ۳۰۰ و فسفر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. هرچند در تیمارهای بدون تنش و تنش متوسط، درصد اسانس در تیمار بدون مصرف سوپرچاذب بالا بود، با افزایش شدت تنش به ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، درصد اسانس با مصرف سوپرچاذب افزایش نشان داد. افزایش بسیاری از متابولیت‌های ثانویه و اجزای اسانس در زمان تنش، نشان‌دهنده نقش حفاظتی این ترکیبات به‌عنوان عوامل آنتی‌اکسیدانی می‌باشند که در پژوهش‌های مختلف به افزایش مقدار منتون<sup>۲۱</sup> و کل سزکویی‌ترپن‌ها<sup>۲۲</sup> در نعنای گونه نعنای سبز<sup>۲۳</sup> (چارلز<sup>۲۴</sup> و همکاران،

1. Mohammadi
2. *Calendula officinalis*
3. Arganosa
4. Beata
5. Ameri
6. Nasiri Mahalati
7. *Rosmarinus officinalis*
8. Singh
9. *Chamomilla recutita*
10. Karami
11. Khoshkhou
12. Simon- Sarkadi
13. Soriano
14. *Coriandrum sativum*
15. Yalcintas
16. Lebaschy
17. Sharifi Ashoorabadi
18. *Plantago ovata*
19. *Achillea millefolium*
20. *Salvia officinalis*
21. Menthone
22. Sesquiterpenes
23. *M. spicata*
24. Charles



۱۹۹۰) و درصد اسانس در نعنای پونه<sup>۱</sup> تحت تنش کم‌آبی (هاشم‌پور<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴) اشاره شده است. فراهمی نیتروژن با تأثیر بر توسعه سطح برگ، تثبیت کربن، افزایش غدد ترشحاتی اسانس و افزایش میزان ATP<sup>۳</sup> و NADPH<sup>۴</sup> موجب افزایش بیوسنتز ترکیبات ترپنوئیدی و تجمع اسانس در نعنای فلفلی می‌شود. برخی از سازوکارهای کارآمدی فیزیولوژیک گیاهان در جهت افزایش مقاومت نسبت به تنش کم‌آبی، افزایش سنتز و ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی و ترکیب‌های فیتوشیمیایی از جمله اسانس‌هاست که طی آن پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش در اثر انباشت گروهی از مواد اسمزی در سلول‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه فشار تورژسانس سلول‌ها در حد مطلوبی نگهداری می‌شود (شارما<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ موندیم<sup>۶</sup> و پرینگل<sup>۷</sup>، ۲۰۱۸).

در پژوهشی که در بررسی کود نیتروژن (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) بر نعنای فلفلی در مزرعه تحقیقاتی شرکت داروسازی باریج اسانس کاشان انجام شده بود، بیش‌ترین عملکرد اسانس در زمان شروع غنچه‌دهی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن اندازه‌گیری و ثبت شد؛ درصد اسانس در چین دوم نعنای نسبت به چین اول معنی‌دار و روند کاهشی داشته است (زینعلی<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). عملکرد اسانس برگ نعنای فلفلی در شرایط کم‌آبی ۹۰ (شاهد)، ۷۰ (تنش ملایم) و ۵۰ (تنش شدید) درصد رطوبت ظرفیت زراعی در واکنش به کودهای آلی در پژوهشی در ارومیه بررسی شد. شرایط تنش موجب افزایش عملکرد اسانس برگ در مرحله گلدهی کامل شد، درحالی‌که درصد اسانس به مقدار ۱/۶ درصد در شرایط ملایم تنش به حداکثر مقدار خود رسید (عزیزی<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۲۲). خیری<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر تنش خشکی و جاسمونیک‌اسید روی صفات مورفولوژیک و فیتوشیمیایی نعنای فلفلی، به بیش‌ترین درصد اسانس در تنش خشکی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی دست یافتند. پارسا<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تأثیر کودهای زیستی، عناصر ریزمغذی و کودهای شیمیایی بر عملکرد و عناصر موجود در نعنای فلفلی در شرایط خشکی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، بیش‌ترین درصد اسانس را به مقدار ۱/۶ درصد در تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی ثبت کردند. محلول‌پاشی عناصر غذایی بر کمیت و کیفیت نعنای فلفلی در سطوح مختلف آبیاری توسط جوانمرد<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۲۲) مطالعه و بررسی شد. سطوح آبیاری براساس سه سطح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی بود. بیش‌ترین درصد (۲/۱) و عملکرد اسانس (۴/۵ گرم بر مترمربع) در شرایط تنش ۴۰ درصد (تنش خفیف) به‌دست آمد. در مطالعه‌ای هم، اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و انواع کودهای نیتروژن بر عملکرد ماده خشک و اسانس نعنای فلفلی بررسی شد. آبیاری در حد ظرفیت مزرعه و به‌ترتیب بعد از تخلیه ۲۵، ۴۰ و ۵۵ درصد آب قابل استفاده در منطقه ریشه به‌عنوان رژیم‌های آبیاری طراحی و اجرا شد. بیش‌ترین عملکرد اسانس (۷۴ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک با کود اوره به‌دست آمد که ۴۴ درصد کاهش داشت. این پژوهش‌گران نتیجه گرفتند که تنش آبی متوسط همراه با کاربرد کود نیتروژن (به‌ویژه اوره به‌تنهایی و یا به‌صورت تلفیقی با

1. *M. pulegium*
2. Hassanpour
3. Adenosine triphosphate
4. Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
5. Sharma
6. Mundim
7. Pringle
8. Zeinali
9. Azizi
10. Kheiry
11. Parsa
12. Javanmard

ورمی کمپوست) سبب افزایش کیفیت اسانس نعنای شده است. افزایش کیفیت اسانس در اثر تنش کم‌آبی، موجب کاهش عملکرد اسانس شد (ابراهیمی اسبوززی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). در دیگر گیاهان، عباس‌زاده<sup>۲</sup> و همکاران (۱۳۸۶) و آرپناهی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۰)، در بررسی اثر تنش خشکی بر بادرنجبویه<sup>۴</sup> و آویشن دنایی<sup>۵</sup> به‌ترتیب، افزایش عملکرد اسانس را گزارش کردند. بیش‌ترین عملکرد اسانس (۱۸/۷ کیلوگرم در هکتار) همیشه‌بهار با کاربرد کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن اندازه‌گیری شد (پازوکی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). گوشاسبی<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۲۰) بیش‌ترین درصد اسانس آویشن باغی را در تیمار تنش آبیاری شدید (۱۷ روز دور آبیاری) در اعمال هفت، ۱۲ و ۱۷ روز دور آبیاری به‌عنوان به‌عنوان شاهد، دور ملایم و شدید همراه با کاربرد کودهای شیمیایی NPK ثبت کردند.

### ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور کلی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از سوپرچادب بر عملکرد اسانس سرشاخه تأثیر مثبت نشان نداد. لذا با توجه به هزینه‌های مربوط به آن، استفاده از سوپرچادب در نعنای مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشد. مصرف کود سوپرفسفات‌تریپل بر عملکرد اسانس و گل اثر مثبت داشت. از طرفی، بین عملکرد برگ با درصد اسانس گل و قطر گل‌آذین همبستگی منفی مشاهده شد که نشان می‌دهد گل و برگ با یکدیگر در رقابت هستند و در برنامه‌ریزی‌های دقیق اقتصادی و دارویی باید اهمیت این دو را جدا از هم دیده و با توجه به اهداف پیش‌بینی‌شده، اقدام به اعمال تیمارهای خاص نمود. تنش موجب افزایش درصد اسانس برگ و کاهش درصد اسانس گل گردید. پیشنهاد می‌گردد تأثیر تیمارهای اعمال‌شده بر روند تولید و تجمع اسانس و نیز خصوصیات کیفی اسانس‌ها بررسی شود و امکان برداشت پیش از گلدهی و یا برداشت چندچین در سال نعنای هم مورد آزمایش قرار گیرد. استفاده هم‌زمان و مقایسه انواع کودها و مخلوط با کودهای مورد استفاده در این پژوهش هم می‌تواند از دیگر پیشنهادهای این پژوهش باشد. در کل می‌توان گفت برای افزایش بهره‌وری در مصرف آب باید عامل یا عوامل محدودکننده تولید شناسایی و سپس برنامه‌ریزی و پژوهش در جهت ارتقای آن‌ها صورت گیرد.

### ۷. تشکر و قدردانی

از مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به جهت حمایت مالی این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

### ۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

1. Ebrahimi-Sborezi
2. Abbaszadeh
3. Arpanahi
4. *Melissa officinalis*
5. *Thymus daenensis*
6. Pazoki
7. Goshasbi

## ۹. منابع

- بیگدلی نسب، حوا؛ سلگی، موسی و تقی‌زاده، مینا (۱۳۹۹). کاربرد اسید هیومیک و سوپر جاذب نانوکامپوزیت بر خصوصیات رشد و مقابله با تنش خشکی در چمن. *علوم باغبانی ایران*، ۵۱(۲)، ۳۸۷-۴۰۲.
- خواججه‌پور، محمدرضا (۱۳۷۸). *اصول و مبانی زراعت*. اصفهان: مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۳۸۶ ص.
- سالاردینی، علی‌اکبر (۱۳۸۴). *حاصلخیزی خاک*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ۴۲۸ ص.
- سیف‌سهندی، مهدی؛ نقدی بادی، حسن‌علی؛ مهرآفرین، علی؛ خلیقی سیگارودی، فرحناز و شریفی، محسن (۱۳۹۸). تغییرات میزان اسانس و اجزای اسانس گیاه نعنای فلفلی (*Mentha piperita L.*) در پاسخ به کاربرد نیتروژن. *گیاهان دارویی*، ۱۸(۴)، ۸۱-۹۲.
- عباس‌زاده، بهلول؛ شریفی عاشورآبادی، ابراهیم؛ لباسچی، محمدحسین؛ نادری، محمود و مقدمی، فوزیه (۱۳۸۶). اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (R.W.C) بادرنجبویه. *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۳(۴)، ۵۱۳-۵۰۴.
- کافی، محمد؛ لاهوتی، مهرداد؛ زند، اسکندر؛ شریفی، حمیدرضا و گلدانی، مرتضی (۱۳۷۹). *فیزیولوژی گیاهی* (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۴ ص.
- کشاوری، حامد؛ مدرس ثانوی، سید علی‌محمد؛ سفیدکن، فاطمه و مختصی بیگدلی، علی (۱۳۹۸). تأثیر حاصلخیزکننده‌های خاک بر ترکیبات فنلی، فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی و عملکرد اندام‌های رویشی گیاه نعنای فلفلی (*Mentha piperita L.*) تحت تنش کم‌آبی. ۱۷(۴)، ۶۶۱-۶۷۲.
- شیخ‌مرادی، فریده؛ ارجمی، عیسی؛ اسماعیلی، اکبر و عبدوسی، وحید (۱۳۹۰). بررسی اثر دور آبیاری و پلیمر سوپر جاذب روی برخی خصوصیات کیفی چمن اسپورت. *علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۵(۲)، ۱۷۰-۱۷۷.
- گرگینی شبانکاره، حسین و خراسانی‌نژاد، سارا (۱۳۹۶). اثر کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گیاه دارویی نعنای فلفلی (*Mentha piperita L.*) تحت رژیم‌های کم‌آبی. *تولید گیاهان زراعی*، ۱۰(۴)، ۵۹-۷۴.
- عامری، علی‌اکبر و نصیری محلاتی، مهدی (۱۳۸۷). اثرات سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بر میزان تولید گل، مواد مؤثره و کارایی مصرف نور در گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*). *پژوهش و سازندگی*، ۲۱(۳)، ۱۳۳-۱۴۱.
- میزان‌زاده، حجت‌اله و امام، یحیی (۱۳۸۹). بررسی شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای چهار رقم گندم دیم تحت شرایط تنش خشکی. *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۲(۲)، ۱۰۵-۱۱۱.
- کرمی، اکبر و خوشخوی، مرتضی (۱۳۸۵). اثرهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد و ویژگی‌های کمی دو جمعیت اهلی و وحشی بابونه آلمانی (*Chamomilla recutita L. Rauschert*). *علوم و فنون باغبانی ایران*، ۷(۳)، ۱۸۱-۱۹۲.

## References

- Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M. H., Naderi hajibagher Kandy, M., & Moghadami, F. (2008). The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of Balm (*Melissa officinalis L.*). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(4), 504-513. (In Persian).
- Abdi, G., Shokrpour, M., & Salami, S. A. (2019). Essential oil composition at different plant growth development of Peppermint (*Mentha x piperita L.*) under water deficit stress. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(2), 431-440.
- Alkire, B. H., Simon, J. E., Palevitch, D., & Putievsky, E. (1993). Water management for midwestern peppermint (*Mentha piperita L.*) growing in highly organic soil, Indiana, USA. *Acta Horticulturae*, 344, 544-556.
- Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M. R., & Maggi, F. (2018). Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita L.*) intercropped with faba bean (*Vicia faba L.*). *Journal of Cleaner Production*, 171, 529-537.
- Ameri, A. A., & Nasiri Mahalati, M. (2006). Effects of nitrogen application and plant densities on flower yield, essential oils, and radiation use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis L.*). *Pajouhesh and Sazandegi*, 2(81), 133-144. (In Persian).

- Arganosa, G. C., Sosulski, F. W., & Slikard, A. E. (1998). Effect of nitrogen levels and harvesting management on quality of oil in *Calendula officinalis*. *Indian Perfumer*, 33(3), 182-195.
- Arpanahi, A. A., Feizian, M., Mehdipourian, G. H., & Khojasteh, D. N. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation improves essential oil and physiological parameters and nutritional values of *Thymus daenensis* Celak and *Thymus vulgaris* L. under normal and drought stress conditions. *European Journal of Soil Biology*, 100, 103-217.
- Azizi Balabiglou, S., Rahimi, A., Heydarzadeh, S., Holgoumi R., & Ataei, I. (2022). Effects of organic fertilizers on quantitative and qualitative traits of *Mentha piperita* L. under low water stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 38(4), 669-680.
- Babae, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S. A. M., & Jabbari, R. (2010). Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(2), 239-251.
- Baharmast, Z., Kheiry, A., Sanikhani, M., & Soleimani, A. (2020). Study and comparison of morphological and phytochemical traits of *Mentha pulegium* L. in different habitats of Guilan province. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 30(2), 60-75.
- Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2007). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, Boca Raton, FL., USA.
- Basiri, M., Ghamarnia, H., & Ghobadi, M. (2020). Effect of different deficit irrigation and salinity management on leaf, shoot and root growth of (*Mentha piperita* L.). *Water and Irrigation Management*, 10(1), 1-14.
- Beata, K. (2011). The effect of different nitrogen fertilization rates on yield in and quality of Marigold (*Calendula officinalis* L) material. *Acta Agroboanica*, 64, 29-34.
- Bigdelinasab, H., Solgi, M., & Taghizadeh, M. (2020). The application of humic acid and nanocomposite superabsorbant on growth characteristic and resistance to drought stress in turf grass. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(2), 387-402. (In Persian).
- Chalmers, D. J., Mitchell, P. D., & Van Heek, L. (1981). Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density, and summer pruning [Trickle irrigation]. *Journal-American Society for Horticultural Science (USA)*, 106, 307-312.
- Charles, D. J., Joly, R. J., & Simon, J. E. (1990). Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. *Phytochemistry*, 29, 2837-2840.
- Dadvand Sarab, M., Naghdi Badi, H., Nasri, M., Makkizadeh, M., & Omid, H., (2008). Changes in essential oil content and yield of Basil in response to different levels of nitrogen and plant density. *Journal of Medicinal Plants*, 7(27), 60-70.
- Ebrahimi-Sborezi, H., Modarres-Sanavy, S. A. M., Baghbani-Arani, A., & Karami Borz-Abad, R. (2021). Effect of different irrigation regimes and fertilization on essential oil yield and composition of Peppermint essential oil (*Mentha piperita* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(3), 663-675.
- Fabriki ourang, S., & davoodnia, B. (2018). Changes in growth characteristics and secondary metabolites in *Thymus vulgaris* L. under moderate salinity and drought shocks. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 6(2), 27-39.
- Fejér, J., Grul'ová, D., & De-Feo, V. (2017). Biomass production and essential oil in a new bred cultivar of Peppermint (*Mentha×piperita* L.). *Industrial Crops and Products*, 109, 812-817.
- Ferrat, I. L., & Lovatt, C. J. (1999). Relationship between relative water content, nitrogen pools, and growth of (*Phaseolus vulgaris*) and (*Phaseolus Acutifolius*) a gray during water deficit. *Crop Science*, 39, 467-74.
- GAO, S., Wang, Y., Yu, S., Huang, Y., Liu, H., Chen, W., & He, X. (2020). Effects of drought stress on growth, physiology and secondary metabolites of two *Adonis* species in Northeast China. *Scientia Horticulturae*, 259, 108-795.
- García-Caparrós, P., Romero, M. J., Llanderal, A., Cermeño, P., Lao, M. T., & Segura, M. L. (2019). Effects of drought stress on biomass, essential oil content, nutritional parameters, and costs of production in six Lamiaceae species. *Water*, 11(3), 73.
- Gelder, H. V., & VanGelder, H. H. M. (1988). Influence of nitrogen fertilizer application level on oil production and quality in *Mentha piperita* L. *Applied. Plant. Science*, 2(2), 68-71.
- Ghosh, M. L., Chatterjee, S. K., Palevitch, D., Simon J. E., & Mathe, A. (1993). Physiological and biochemical indexing of synthesis of essential oil in *Mentha* spp growth in India. *Acta Horticulture*, 331, 351-356.

- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 909-930.
- Gorgini Shabankareh, H., & Khorasani nejad, S. (2018). Effects of different levels of vermicompost on morphophysiological and essential oil characteristics of Peppermint (*Mentha piperita L.*) under water deficit regimes. *Crop Production*, 10(4), 59-74. (In Persian).
- Goshasbi, F., Heidari, M., Sabbagh, S. K., & Makarian, H. (2020). Effect of irrigation interval, bio and non-biofertilizers on yield components and some of biochemical compounds in Thyme (*Thymus vulgaris L.*). *Journal of Horticultural Plants Nutrition*, 3(1), 51-68.
- Hassanpour, H., Khavari-Nejad, R. A., Niknam, V., Razavi, Kh., & Najafi, F. (2014). Effect of penconazole and drought stress on the essential oil composition and gene expression of *Mentha pulegium L.* (Lamiaceae) at flowering stage. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36, 1167-1175.
- Heidarzadeh, A., Nazeri, V., & Tabrizi, L. (2021). Effect of salicylic acid application on quantitative and qualitative features of *Ziziphora clinopodioides* Lam. under water deficit stress condition. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(4), 871-887.
- Hong, S., Li-Ye, C., Jaleel, C. A., & Chang-Xing, Z. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C. R. Biologies*, 331, 215-225.
- Ihuoma, S. O., & Madramootoo, C. A. (2017). Recent advances in crop water stress detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 267-275.
- Izhar, M., Khan, M., Yasmin, T., & Yousaf Zahid, N. (2015). Differential effect of fertilizers on menthol contents in Mint (*Mentha arvensis*). *American Research Journal of Agriculture*, 1(1), 55-60.
- Jahan, M., Kamayestani, N., & Ranjbar, F. (2013). The feasibility of using superabsorbent moisture to reduce drought stress in corn in a low input system. *Agroecology*, 5(3), 272-281.
- Javanmard, A., Rahimi, M., Amani Machiani, M., Janmohammadi, M., & Habibi Machiani, R. (2022). Effects of nutrients foliar application on quantity and quality of Peppermint (*Mentha piperita L.*) essential oil under different irrigation levels. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 38(4), 651-668.
- Kafi, M., Lahoti, M., Zand, A., Sharifi, H. M., & Goldani, M. (2000). *Plant physiology*. Mashhad: Academic Jihad Publications. 456p. (In Persian).
- Karami, A., & Khoshkhou, M. (2004). Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and quantitative characteristics of cultivated and wild populations of German chamomile (*Chamomilla recutita L. Rauschert*). *Journal of Horticultural Science and Technology*, 7(3), 181-192. (In Persian).
- Kasgo, H., Durmus, A., & Kasgoz, A. (2008) Enhanced swelling and adsorption properties of AAM-AMPSNa/clay hydrogel nanocomposites for heavy metal ion removal. *Polymers for Advanced Technology*, 19, 213-220.
- Keshavarz, H., Modarres Sanavy, S. A. M., & Mehdipour Afra, M. (2018). Organic and chemical fertilizer affected yield and essential oil of two Mint species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(6), 1674-1681.
- Keshavarz, H., Modarres Sanavy, S. A. M., Sefidkon, F., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2020). Effect of organic fertilizers and urea fertilizer on phenolic compounds, antioxidant activity, yield and yield components of Peppermint (*Mentha piperita L.*) under drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17(4), 661-672. (In Persian).
- Khajehpour, M. R. (1999). *The principles and basics of agriculture*. Isfahan: Isfahan Industrial Branch, Academic Jihad Publishing Center. 386p. (In Persian).
- Kheiry, A., Tori, H., & Mortazavi, N. (2017). Effects of drought stress and jasmonic acid elicitors on morphological and phytochemical characteristics of Peppermint (*Mentha piperita L.*). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33(2), 268-280.
- Koushki, A., Alinejadian-Bidabadi, A., & Maleki, A. (2021). Effects of rice husk biochar and different irrigation regimes on growth, essential oil percentage, and concentration of some nutrients in Peppermint (*Mentha piperita L.*). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(5), 733-752.
- Laribi, B., Beltaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., & Marzouk, B. (2009). Water deficit effects on Caraway (*Carum carvi L.*) growth, essential oil and fatty acid composition. *Industrial Crops and Products*, 30(3), 372-379.
- Lebaschy, M. H., & Sharifi Ashoorabadi, E. (2004). Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. *Pajouhesh & Sazandgi*, 3(65), 65-75.

- Lisar, S. Y. S., Motafakkerzad, R., Hossain, M. M., & Rahman, I. M. M. (2012). Water stress in plants. In *causes, effects and responses*. Edited by I. M. M. Rahman & H. Hasegawa. Croatia: InTech.
- Lovisol, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H., & Schubert, A. (2010). Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. *Functional Plant Biology*, 37(2), 98-116.
- Mader, L., Pfiffner, U., & Nigeli, (1993). Effect of Tree farming systems (Bio - dynamic, Bio - organic, Conventional) on yield and quality of beet root (*beta vulgare* - Risi, Var. Esculental) in a seven year Crop rotation, *Acta Horticulture*, 339, 11-31.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press London.
- McCarthy, M. G., Loveys, B. R., Dry, P. R., & Stoll, M. (2002). Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. *Deficit irrigation practices, FAO Water Reports*, 22, 79-87.
- Miquel, J., Richard, H., & Sandret, F. (1976). Volatile constituents of Moroccan thyme oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24, 833-835.
- Mizanzadeh, H., & Imam, Y. (2010). Investigation of indices of leaf area, height, photosynthetic rate, stomatal conductance of four species of wheat under the drought tension. *Ecophysiology of Agricultural Plants*, 2(2), 111-121. (In Persian).
- Mohammadi, H., Pourmohammad, P., & Hazrati, S. (2021). Phytochemical and physiological study of *Satureja sahendica* Bornm. Essential oil and extract to water-deficit stress. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 9(1), 1-19.
- Monni, S. (2005). Water saturated super- absorbent polymers used in high strength concrete. *Journal of Otto- Graf*, 3(16), 193-202.
- Mundim, F. M., & Pringle, E. G. (2018). Whole-plant metabolic allocation under water stress. *Frontiers in Plant Science*, 9, 852.
- Neumann, P. M. (2008). Coping mechanisms for crop plants in drought-prone environments. *Annals of Botany*, 101, 901-907.
- Niakan, M., Khavarynejad, R., & Rezaee, M. B. (2003). Effect of chemical fertilizer on quantity and quality of plant oil of Peppermint (*Mentha piperita* L.) in vegetative (leaf) and productive (flowering branches) phase. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 19(1), 1-14.
- Parmoon, G., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., Hashemi, M., & Moosavi, A. (2019). Assessing photosynthetic performance of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) influenced by plant growth regulators and drought stress imposed at vegetative and reproductive stages. *Italian Journal of Agronomy*, 14, 13-19.
- Parsa, M., Kamaei, R., & Yousefi, B. (2019). Effects of different biofertilizers on elements, essential oil and yield of Peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 35(5), 860-875.
- Parvizi, Kh. (2021). Evaluation of the effect of superabsorbent materials and mycorrhizae on growing traits and yield of potato in deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(3), 605-617.
- Pazoki, A., Tavakoli Haghghat, H., & Rashidi Asl, A. (2016). Evaluation of Yield, Yield Components and Essential Oil Content of Marigold (*Calendula officinalis* L.) with the Use of Nitrogen and Vermicompost. *Journal of Crop Ecophysiology*, 39(3), 629-644.
- Pinheiro, C., & Chaves, M. M. (2010). Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? *Journal of Experimental Botany*, 62, 869-882.
- Rahimi, Y., Taleei, A., & Ranjbar, M. (2018). Long-term water deficit modulates antioxidant capacity of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Scientia Horticulturae*, 237, 36-43.
- Rebey, I. B., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F., & Marzouk, B. (2012). Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 36(1), 238-245.
- Rudresh, D. L., Shivaprakash, M. K., & Prasad. R. D. (2005). Tricalcium phosphate solubilizing abilities of *Trichoderma* spp. in relation to P uptake and growth and yield parameters of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Canadian Journal of Microbiology*, 51(3), 217-22.
- Safari, A., Reezi, S., Etemadi, N., Nikbakht, A., Mohammadkhani, A., & Badalzadeh, A. (2022). Effect of different levels of nitrogen and phosphorous on some physiological and morphological traits of golden rod (*Solidago canadensis* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(4), 951-963.

- Salardini, A. A. (2005). *Soil fertility*. Tehran: Tehran University Publications, 428p. (In Persian).
- Sankar, B., Jaleel, C. A., Manivanna, P., Kishorekumor, A., Somasundaram, R., & Panneerselva, R. (2007). Droughtinduced biochemical modifications and proline metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Acta Botanica Croatica*, 66, 43-56.
- Seif Sahandi, M., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Khalighi-Sigaroodi, F., & Sharifi, M. (2019). Changes in essential oil content and composition of Peppermint (*Mentha piperita L.*) in responses to Nitrogen application. *Journal of Medicinal Plants*, 18(4), 81-98. (In Persian).
- Shahid, S. A., Qidwai, A. A., Anwar, F., Ullah, I., & Rashid, U. (2012). Improvement in the water retention characteristics of sandy loam soil using a newly synthesized poly (acrylamide-co-acrylic acid)/AlZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> superabsorbent hydrogel nanocomposite material. *Molecules*, 17(8), 9397-9412.
- Sharma, A., Shahzad, B., Kumar, V., Kohli, S. K., Sidhu, G., Bali, A. S., Handa, N., Kapoor, D., Bhardwaj, R., & Zheng, B. (2019). Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress. *Biomolecules*, 9(7), 285, 45.
- Sheikmoradi, F., Arji, I., Emaeili, A., & Abdosi, V. (2011). Evaluation the effects of cycle irrigation and super absorbent on qualitative characteristics of lawn. *Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology)*, 25(2), 170-177. (In Persian).
- Sheteawi, S. A., & Tawfik, K. M. (2007). Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on mung bean (*Vigna radiata*) growth and yield. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(3), 251-262.
- Simon- Sarkadi, L., Kocsy, G., Varhegyi, A., Galiba, G., & Deronde, J. A. (2006). Effect of drought stress at supraoptimal temperature on polyamine concentrations in transgenic coriander with increased proline levels. *Indian journal of medical research*, 61(11), 833-839.
- Singh, M. (2012). Influence of organic mulching and nitrogen application on essential oil yield and nitrogen use efficiency of Rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59, 273-279.
- Solinas, V., & Deiana, S. (1996). Effect of water and nutritional conditions on the *Rosmarinus officinalis L.* phenolic fraction and essential oil yields. *Italian Eppos*, 19, 189-198.
- Soriano, M. A., Villalobos, F. J., Fereres, E., Orgaz, F., & Saltin, M. (2001). Response of coriander grain yield to water stress applied during different phonological stage. *Journal of science and Technology of Agricultural and Natural Resources*, 164(3), 515-525.
- Tazikehmiyandare, M., Niyakan, M., & Ahmadigosefidi, M. (2012). Effect of pretreatment of salicylate on the growth and photosynthetic pigments parameters of Peppermint (*Mentha piperita L.*) under different levels of stiffness. *Journal of Plant Science Research*, 28(4), 654-663.
- Walsh, O. S., & Walsh, W. L. (2020). Seeding rate and nitrogen fertilizer rate effect on dryland no-till hard red spring wheat yield and quality. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 3, 1-10.
- Wildung, M. R., & Croteau, R. B. (2005). Genetic engineering of peppermint for improved essential oil composition and yield. *Transgenic Research*, 14(4), 365-372.
- Wu, Z., Tan, B., Liu, Y., Dunn, J., Martorell Guerola, P., Tortajada, M., Cao, Z., & Ji, P. (2019). Chemical composition and antioxidant properties of essential oils from Peppermint, native spearmint and scotch spearmint. *Molecules*, 24(15), 2825.
- Yalcintas, G. (1995). *The effect of sowing dates and levels of nitrogen fertilizer on yield and some agricultural characteristics of Coriander*. Master thesis. Turkey: Ondokuz Mayıs University, Institute of Natural and Applied Sciences. Department of Agronomy.
- Yang, L., Wen, K. S., Ruan, X., Zhao, Y. X., Wei, F., & Wang, Q. (2018). Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules*, 23(4), 762.
- Zeinali, H., Hosseini, H., & Shirzadi, M. H. (2014). Effects of nitrogen fertilizer and harvest time on agronomy, essential oil and menthol of *Mentha piperita L.* *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(3), 486-495.
- Zhang, J., Jiang, H., Song, X., Jin, J., & Zhang, X. (2018). The responses of plant leaf CO<sub>2</sub>/ H<sub>2</sub>O exchange and water use efficiency to drought: a meta-analysis. *Sustainability*, 10(551), 1-13.
- Zhou, H., Zhou, G., He, Q., Zhou, L., Ji, Y., & Zhou, M. (2020). Environmental explanation of maize specific leaf area under varying water stress regimes. *Environmental and Experimental Botany*, 171, 103932.