Journal of Soil Management and Sustainable Production

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

Soil Science Society of Iran

Effect of hydrogel and Zinc on growth indices of *Menth* in a calcareous soil

Maryam Ghahrie[1], Mehdi Taghavi[*2], Mojtaba Norouzi Masir[3], Mohammad Mahmoodi Sourestani[4]

1. M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: ghahriemaryam@yahoo.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: m.taghavi@scu.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: m.norouzi@scu.ac.ir
4. Associate Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: m.mahmoodi@scu.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.13.2024
Revised: 10.13.2024
Accepted: 10.19.2024

Keywords:
Chemical fertilizer,
Hydrogel,
Mentha,
Zink uptake

ABSTRACT

Background and Objectives: Micronutrient deficiencies in plants are becoming increasingly common, particularly in calcareous soils. As a result, the application of new products, including slow-release fertilizers, is gaining popularity to improve the nutritional status of plants. Therefore, this study was conducted to investigate the effects of hydrogel and zinc on soil chemical properties, yield, zinc concentration, and zinc uptake in Mentha grown in calcareous soil under greenhouse conditions.

Materials and Methods: This research was carried out in a completely randomized design with three replications. The treatments included hydrogel at levels of 0%, 0.005%, and 0.01% of soil and zinc sulfate fertilizer at levels of 40 and 20 kg/ha. During the experiment, chlorophyll a and b were measured. At the end of the experiment, soil chemical properties such as pH, dissolved organic carbon (DOC), available zinc, and Mentha yield were measured, along with some physiological characteristics of Mentha.

Results: The results of this study showed that the greatest effect of the treatments on pH and dissolved organic carbon (DOC) was observed with the 0.01% hydrogel treatment by weight, while the highest soil available zinc was observed with the hydrogel treatment combined with zinc sulfate (0.01% hydrogel by weight and 40 kg/ha zinc sulfate). The Mentha plant performance was significantly affected by both hydrogel and zinc (zinc fertilizer) treatments. The highest root yield (12-23%) and shoot yield (30%) were observed in the 0.01% hydrogel treatment by weight. Additionally, the combination of 0.01% hydrogel by weight and 40 kg/ha zinc sulfate resulted in the most significant increase in essential oil content (14.2%) in Mentha.

Conclusion: The results of this study indicate that the application of hydrogel at 0.01% by weight and 40 kg/ha of zinc sulfate can effectively improve zinc uptake in Mentha. These findings suggest that the increase in zinc concentration in Mentha was due to higher zinc availability in the soil,

Uncorrected Proof

leading to better uptake and improved plant yield. The combination of hydrogel with chemical fertilizers is a practical approach to address environmental concerns related to the use of chemical fertilizers.

Cite this article: Ghahrie, Maryam, Taghavi, Mehdi, Norouzi Masir, Mojtaba, Mahmoodi Sourestani, Mohammad. 2025. Effect of hydrogel and Zinc on growth indices of *Menth* in a calcareous soil. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 14 (4), 1-27.

© The Author(s).
DOI: ----------
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Uncorrected Proof

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
شاپا چاپی: ۱۲۶۷-۲۳۲۲
شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲
انجمن علوم خاک ایران

تأثیر هیدروژل و روی (Zn) بر برخی شاخص‌های رشدی نعناع در خاک آهکی

مریم قهریه[۱]، مهدی تقوی*[۲]، مجتبی نوروزی مصیر[۳]، محمد محمودی سورستانی[٤]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: ghahriemaryam@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: m.taghavi@scu.ac.ir

۳. دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: m.norouzi@scu.ac.ir

٤. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: m.mahmoodi@scu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰۲/۲٤
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۳/۰۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰۷/۲۸

واژه‌های کلیدی:
جذب روی،
کود شیمیایی،
نعناع،
هیدروژل

چکیده

سابقه و هدف: کمبود عناصر کم‌مصرف در گیاهان به‌طور فزاینده‌ای به‌ویژه در خاک‌های آهکی شایع می‌باشد. بنابراین استفاده از محصولات نوین مانند کود با انتشار آهسته برای بهبود وضعیت تغذیه‌ای در حال افزایش است. بنابراین، مطالعه حاضر برای بررسی اثرات هیدروژل و روی (Zn) بر ویژگی‌های شیمیایی خاک، عملکرد، غلظت و جذب روی در نعناع در خاک آهکی، تحت کشت گلخانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت کشت گلدانی و آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل هیدروژل در سه سطح صفر (شاهد)، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۱ درصد وزنی و کود سولفات روی در دو سطح ۲۰ و ٤۰ کیلوگرم در هکتار بودند. در طول دوره آزمایش، میزان کلروفیل a و b در نعناع اندازه‌گیری شد. بخش هوایی گیاه قبل از گلدهی برداشت و مقدار روی در اندام هوایی گیاه، اندازه‌گیری شد. هم‌چنین pH، کربن آلی محلول و روی قابل دسترس خاک اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که بیش‌ترین تأثیر تیمارها بر pH و کربن آلی محلول مربوط به هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و در مورد روی قابل دسترس خاک مربوط به ژلکود روی (هیدروژل به مقدار ۰/۰۱درصد وزنی و ٤۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی) بود. عملکرد گیاه نعناع به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر هیدروژل و روی (ژلکود روی) قرار گرفت. بیش‌ترین عملکرد ریشه (۱۲ تا ۲۳ درصد) و اندام هوایی (۳۰ درصد) در تیمار هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی به‌دست آمد و هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی

Uncorrected Proof

سولفات روی به مقدار ٤٠ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش درصد اسانس (١٤/٢ درصد) نعناع داشت.

نتیجه‌گیری: نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد هیدروژل به مقدار ٠/٠١ درصد وزنی و ٤٠ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی می‌توانند نقش مفید و مؤثری در بهبود جذب روی در گیاه دارویی نعناع داشته باشند به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که ژلکود روی باعث بهبود عملکرد گیاه دارویی نعناع شد و می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی جهت رسیدن به کشاورزی پایدار باشد.

استناد: قهریه، مریم، تقوی، مهدی، نوروزی مصیر، مجتبی، محمودی سورستانی، محمد (١۴٠٣). تأثیر هیدروژل و روی (Zn) بر برخی شاخص‌های رشدی نعناع در خاک آهکی. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ١۴ (۴)، ٢٧-١.

DOI: ----------

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

Uncorrected Proof

مقدمه

هیدروژل اساساً یک پلیمر جاذب آب است که به‌عنوان محلول‌های آبی از طریق پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب به‌عنوان محلول‌های متقاطع طبقه‌بندی می‌شوند. هیدروژل‌های کشاورزی به عنوان گرانول‌های نگهدارنده آب و مواد غذایی شناخته می‌شوند زیرا در تماس با آب به اندازه چند برابر اندازه اصلی خود متورم می‌شوند. در طول ٤٠ سال گذشته به‌طور گسترده‌ای برای استفاده در کشاورزی با هدف بهبود دسترسی به آب و عناصر غذایی برای گیاهان، با افزایش نگهداری در محیط‌های رشد (خاک یا بسترهای بدون خاک) پیشنهاد شده است (١).

روی یکی از عناصر ضروری برای انسان‌ها، جانوران و گیاهان محسوب می‌شود که در غلظت‌های مختلفی در خاک‌ها و گیاهان وجود دارد و برای رشد بهینه و محصول‌دهی گیاهان مورد نیاز می‌باشد (٢). در میان عناصر کم‌مصرف، روی به‌عنوان مهم‌ترین ماده مغذی در نظر گرفته می‌شود که در کنار عناصر پرمصرف یعنی N، P و K در سراسر جهان قرار دارد، روی در چندین فرآیند که شامل بیوسنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، حفظ یکپارچگی غشای سلولی، رشد بذر و هم‌چنین تعدادی از فعالیت‌های متابولیکی مورد نیاز است. روی فلزی است که در اکثر آنزیم‌ها می‌باشد (٣). کمبود روی در خاک به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است (٤). تقریباً نیمی از خاک‌های جهان دارای مشکل کمبود روی هستند و پیش‌بینی می‌شود در صورت عدم اتخاذ تدابیر کافی، کمبود آن از ٤٢ درصد به ٦٣ درصد تا سال ٢٠٢٥ افزایش یابد. این مشکل در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان شدیدتر است، زیرا خاک آن‌ها دارای مواد آلی ضعیف، pH بسیار بالا و کربنات کلسیم بالا ($CaCO_3$) است (٥).

نعناع متعلق به خانواده *Lamiaceae* است که بزرگ‌ترین خانواده گیاهی با ٢٣٦ جنس و ٧٠٠٠ گونه است (٦). و جنس *Mentha* از ٤٢ گونه، ١٥ هیبرید و زیرگونه، ارقام و واریته تشکیل شده است. نعناع فلفلی، گیاهی چندساله است که به‌طور گسترده توسط بخش بزرگی از مردم در سراسر جهان به اشکال مختلف مانند برگ، روغن عصاره برگ و اسانس و عرق استفاده می‌شود (٧). با توجه به این‌که نعناع فلفلی از گیاهان دارویی معطر و اسانس‌دار با مصارف متعدد دارویی، غذایی، بهداشتی و آرایشی است، از این‌رو شناخت و بررسی عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد این گیاه مهم می‌باشد. بنابراین، با وجود پژوهش‌های فراوان صورت گرفته پیرامون تأثیر هیدروژل بر رشد و عملکرد گیاه، تاکنون در زمینه تأثیر هیدروژل و روی بر رشد و عملکرد نعناع فلفلی و ویژگی‌های خاک مطالعه‌ای انجام نشده است. بنابراین این پژوهش به میزان بررسی تأثیر هیدروژل و سولفات روی بر برخی شاخص‌های رشدی نعناع انجام گردید.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری خاک از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌صورت مرکب (٣٠-٠ سانتی‌متری) تهیه و بعد از هوا خشک شدن برخی ویژگی‌های آن شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (٨)، قابلیت هدایت الکتریکی و pH خاک در عصاره ١:٢/٥ خاک به آب، مواد آلی به روش والکلی و بلک، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون، فسفر قابل دسترس به روش اولسن، پتاسیم قابل دسترس با استفاده از استات آمونیوم، و نیتروژن به روش کجلدال و طیف سنجی هیدروژل (FT-IR) تعیین گردیدند (٩). برای اسانس‌گیری، ٣٠ گرم پودر سرشاخه گیاه نعناع فلفلی به‌طور دقیق توزین کرده و به روش تقطیر با آب، اسانس آن با استفاده از کلونجر (به‌مدت ٣ ساعت) استخراج شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ١ ارائه شده است (جدول ١). این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب

Uncorrected Proof

طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط آب هوایی اهواز به اجرا درآمد. هیدروژل در مقادیر صفر (شاهد)، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۱ درصد وزنی و کود سولفات روی در دو سطح ۲۰ و ٤۰ کیلوگرم در هکتار تیمارهای این آزمایش را تشکیل دادند.

کربن آلی محلول خاک با استفاده از دستگاه کربن آنالایزر اندازه‌گیری شد. روی قابل دسترس خاک نیز به‌وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است (جدول ۱).

طرز تهیه هیدروژل سوپر جاذب: ابتدا یک بشر یک لیتری در حمام یخ قرار داده و به آن ۱۰۰ میلی‌لیتر اکریلیک اسید اضافه گردید. به محتوای بشر ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ٤۰٪ وزنی پتاسیم هیدروکسید اضافه و توسط همزن مغناطیسی همزده تا کاملاً مخلوط شود. سپس، ۲۲ گرم اوره، ٦ گرم N، N– متیلن بیس اکریل‌آمید و ۱۰ گرم سوکسنیک‌دی‌هیدرازید اضافه و توسط همزن مغناطیسی در دمای اتاق همزده شد. پس از آن‌که تمام مواد حل گردید مخلوط واکنش به یک بالن ۵۰۰ میلی‌لیتر سه‌دهانه‌ای مجهز به همزن مکانیکی، گاز نیتروژن و کندانسور منتقل شد و بالن نیز در حمام روغن قرار داده شد. قبل از افزودن آغازگر، گاز نیتروژن به‌مدت ۳۰ دقیقه در محلول دمیده تا حباب‌های اکسیژن خارج شوند. در یک بشر دیگر ۲/۵ گرم پرسولفات پتاسیم در آب مقطر حل و کم‌کم به بالن اولیه اضافه شد. حمام روغن به مدت ٤ ساعت در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد تا فرآیند پلیمرشدن کامل شود. سپس هیتر خاموش تا دمای واکنش به دمای محیط رسید، مشاهده شد که پس از ۱ ساعت ژل تشکیل گردید. ژل حاصله چندین بار با آب مقطر شسته و به یک بشر حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر اتانول ریخته شد تا آبزدایی شود. ژل به‌مدت ۲٤ ساعت در این شرایط نگهداری شد. ژل فیلترشده و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ ساعت خشک و سپس آسیاب گردید (۱۰).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Some chemical and physical properties of soil.

پارامتر (واحد) Parameter (Unit)	مقدار Amount
pH	7.8
هدایت الکتریکی (dS/m)	1.7
کربنات کلسیم (درصد) CCE (%)	42
نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	0.05
کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	0.25
فسفر قابل دسترس (mg/Kg) Available P	11
پتاسیم قابل دسترس (mg/Kg) Available K	267
بافت خاک Soil Texture	کلی لوم
روی قابل دسترس (mg/Kg) Available Zinc	0.51

Uncorrected Proof

خاک تهیه شده پس از گذراندن از الک دو میلی‌متری در گلدان‌های ٦ کیلوگرمی توزیع و تیمار هیدروژل و سولفات روی به آن‌ها اضافه گردید. برای این منظور ابتدا محلول اشباع از کود در آب تهیه گردید. سپس محلول اشباع روی هیدروژل ریخته شد و تا تورم کامل هیدروژل هم زده شد و هیدروژل بارگیری شده جهت اضافه کردن به گیاه استفاده گردید.

ریزوم نعناع فلفلی *Mentha piperita* L. از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز تهیه و در عمق ۱-۲ سانتی‌متری خاک کشت گردید. رطوبت خاک گلدان‌ها طی دوره آزمایش از طریق وزنی تقریبا در حد ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه (FC)[1] نگه داشته شد. گلدان‌ها تا مرحله برداشت در گلخانه با رعایت شرایط آبیاری مورد نیاز نگهداری شدند. مدیریت کودی بر اساس آزمون خاک انجام شد. برای تعیین وزن خشک اندام هوایی گیاه، اندام هوایی نعناع از سطح خاک جدا و به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون، خشک و سپس توسط ترازو با دقت دو رقم اعشار توزین شد. در انتهای مرحله رسیدگی، روی اندام هوایی بعد از هضم خشک نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. مقادیر کلروفیل a و b به روش آرنون (۱۱) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. شمارش برگ، سطح برگ (روش وزنی)، میزان عملکرد ریشه و اندام هوایی و جذب روی در گیاه اندازه‌گیری گردید. جذب روی از حاصل‌ضرب غلظت روی در عملکرد گیاه به‌دست آمد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح پنج درصد و ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

1- Field Capacity

نتایج و بحث

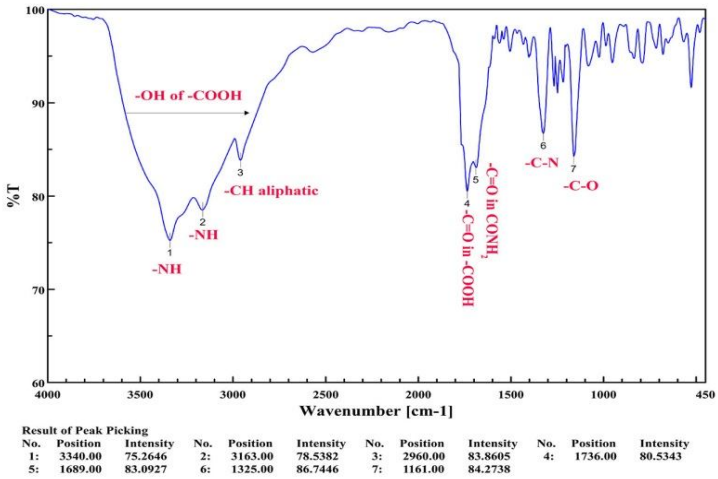
طیف FT-IR هیدروژل: طیف FT-IR هیدروژل در شکل ۱ نشان داده شده است. پیک‌های ناحیه $3340\ cm^{-1}$ و ۳۱٦۳ مربوط به ارتعاش‌های کششی گروه آمین (N-H–)، پیک $2986\ cm^{-1}$ مربوط به ارتعاشات کششی هیدروژل‌های آلیفاتیک (C-H)، دو پیک قوی در ناحیه $1736\ cm^{-1}$ و $1689\ cm^{-1}$ به‌ترتیب ارتعاش‌های کششی گروه‌های کربونیل کربوکسیلیک اسید و آمید، پیک قوی در ناحیه $1325\ cm^{-1}$ که نشان‌دهنده پیک ارتعاش کششی گروه‌های آمین (C-N) و پیک قوی در ناحیه $1161\ cm^{-1}$ که مشخصه ارتعاش‌های کششی گروه‌های هیدروکسیل اتری (C-O) می‌باشند.

تأثیر هیدروژل و روی بر pH، روی قابل دسترس و کربن آلی محلول خاک

pH خاک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر هیدروژل بر pH خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). هیدروژل، pH خاک را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری کاهش داد (شکل ۲). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش pH خاک داشت (شکل ۲). هیدروژل به‌دلیل داشتن گروه‌های عاملی منجر به تغییرات pH خاک شدند. حضور گروه‌های عاملی کربوکسیلی بر روی هیدروژل و آزاد سازی هیدروژن، باعث کاهش pH خاک شده است. گروه‌های عاملی کربوکسیلی از جمله اسیدهای نسبتاً قوی هستند. علاوه‌بر این، با تحریک ریشه توسط هیدروژل و افزایش ترشحات ریشه‌ای، pH خاک کاهش می‌یابد. ریشه‌ها عناصر مورد نیاز خود را به‌صورت کاتیون و آنیون از محلول خاک جذب می‌کنند و برای حفظ تعادل الکتروشیمیاییِ درون

Uncorrected Proof

سلول‌های خود، به‌ازای جذب کاتیون و آنیون به‌ترتیب از خود یون H^+ و OH^- آزاد می‌کنند. بنابراین با افزایش جذب کاتیون توسط گیاه، ریزوسفر اسیدی می‌شود (۱۲). به‌نظر می‌رسد که با توجه به عامل محدودکننده روی قابل جذب (کم‌تر از حد بحرانی) در این مطالعه، نعناع کشت شده در خاک تیمار شده با هیدروژل و کود شیمیایی سولفات روی به‌ازای جذب عنصر روی، کاتیون H^+ به محیط خاک آزاد می‌کند و سبب کاهش pH خاک می‌شود (شکل ۲).



شکل ۱- طیف FT-IR.

Figure 1. FT-IR spectrum.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر هیدروژل و روی بر pH، روی قابل دسترس خاک و کربن آلی محلول.

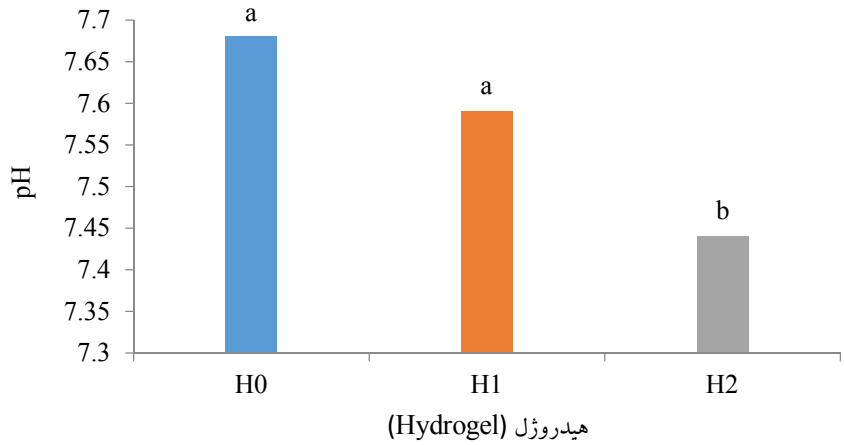
Table 2. Analysis of variance of hydrogel and zinc effect on pH, dissolve organic carbon and available zinc.

منبع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean of square		
		pH	روی قابل دسترس Available Zinc	کربن آلی محلول dissolved organic carbon
هیدروژل Hydrogel	2	0.11^{**}	0.0001^{**}	13.8^{**}
روی Zinc	2	0.005^{ns}	0.0004^{**}	11.7^{ns}
هیدروژل * روی Hydrogel * Zinc	4	0.003^{ns}	0.000005^{**}	0.03^{ns}
خطا Error	18	0.001	0.000001	0.38
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)	-	0.57	3.87	3.94

** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ns غیرمعنی‌دار

** is significant at 1%, * is significant at 5%, ns is nonsignificant

Uncorrected Proof



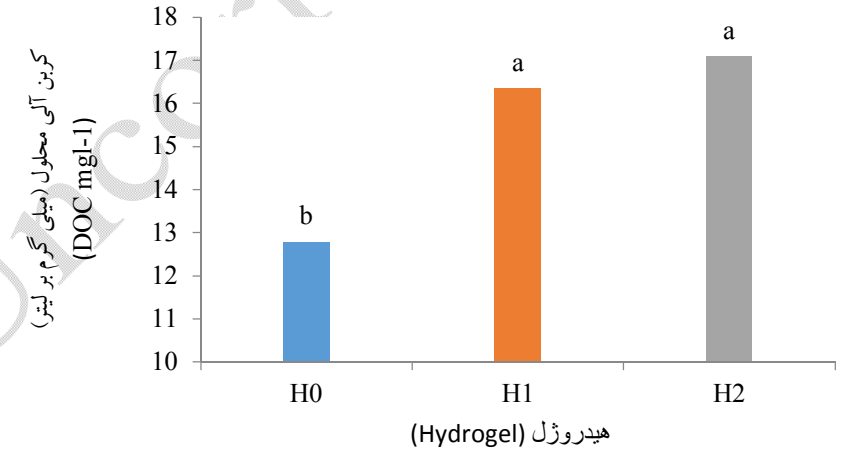
شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر هیدروژل بر پ. هاش خاک.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 2. Mean comparison effect of hydrogel on soil pH.
H_0: Control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

کربن آلی محلول خاک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی هیدروژل بر کربن آلی محلول خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). هیدروژل، کربن آلی محلول خاک را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۳). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش کربن آلی محلول خاک داشت (شکل ۳). با توجه به تحریک ریشه توسط هیدروژل، و افزایش ترشحات ریشه‌ای (۱۳، ۱٤) و مواد آلی ریز مولکولی (۱۵) میزان کربن آلی خاک افزایش می‌یابد.



شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر هیدروژل بر کربن آلی محلول خاک.

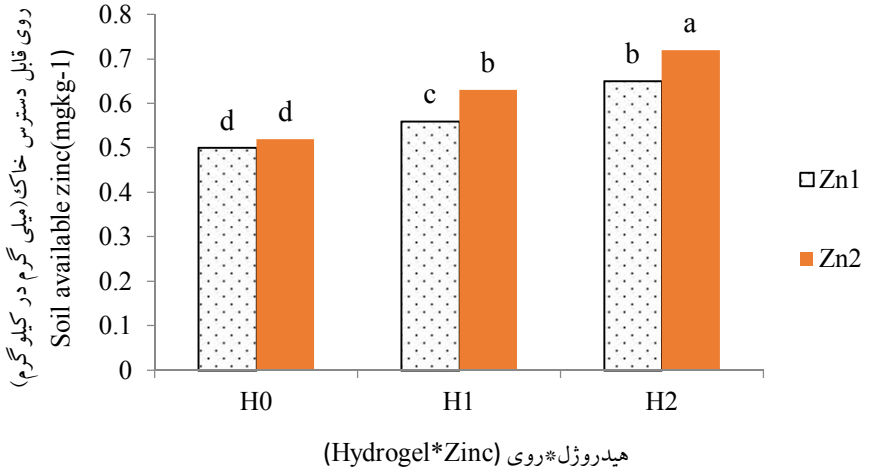
H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 3. Mean comparison interaction effect of hydrogel on DOC.
H_0: Control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

Uncorrected Proof

روی قابل دسترس خاک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر روی قابل دسترس خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). هم‌چنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل هیدروژل و روی بر روی قابل دسترس خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (شکل ٤). هیدروژل و روی، روی قابل دسترس خاک را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل ٤). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش روی قابل دسترس خاک داشتند (شکل ٤). با انحلال ژلکود، عنصر روی موجود در هیدروژل آزاد شده و موجب افزایش روی قابل دسترس خاک می‌شود. از طرفی با کاهش هر واحد pH میزان حلالیت روی ۱۰۰ برابر افزایش می‌یابد (۱٦) و منجر به افزایش مقدار روی قابل دسترس خاک می‌شود. در این آزمایش هیدروژل، pH خاک را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری کاهش داد (شکل ۲). هیدروژل با آزادسازی یون هیدروژن باعث کاهش pH خاک و در نهایت افزایش روی قابل دسترس خاک شده است. علاوه بر این، با افزایش کربن آلی محلول (شکل ۳) ناشی از ترشحات ریشه‌ای، فراهمی زیستی عنصر روی افزایش می‌یابد (۱۵، ۱۷). بالا بردن ظرفیت تبادلی در خاک از مزیت‌های استفاده از هیدروژل‌ها می‌باشد. با استفاده از این هیدروژل‌ها و بالا بردن ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بستر مناسبی جهت نگهداری و در اختیار قرار دادن مواد غذایی و کاتیون‌های محلول خاک برای مدت طولانی جهت استفاده گیاه فراهم گشته و از آبشویی و خروج آن‌ها از ناحیه قابل دسترسی برای گیاهان جلوگیری می‌گردد (۱۸). هیدروژل با افزایش هوا در خاک باعث کارآیی بهتر آب و نیز فعالیت بهتر ریزجانداران خاک می‌شوند و به علت داشتن بار منفی در حالت هیدراته، امکان جذب یون‌های مثبت در خاک را دارند (۱۹).



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل هیدروژل و روی بر روی قابل دسترس خاک.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

ZN_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ZN_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 4. Mean comparison interaction effect of hydrogel and zinc on soil available zinc.
H_0: control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%), Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

تأثیر هیدروژل بر عملکرد نعناع: نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر عملکرد نعناع در جدول ۳ ارائه شده است.

عملکرد ریشه: نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر عملکرد ریشه نعناع معنی‌دار بود. هیدروژل، عملکرد ریشه نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری (۱۲ تا ۲۳ درصد) افزایش داد (شکل ۵). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش عملکرد ریشه نعناع داشت (شکل ۵). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که روی از منبع کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤٠ کیلوگرم در هکتار تأثیر بیش‌تری بر افزایش عملکرد ریشه نعناع در مقایسه با کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار داشت (شکل ٦). تأثیر مثبت عنصر روی بر افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاهان مختلف توسط برخی از پژوهش‌گران گزارش شده است (۲۰).

عملکرد اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس در (جدول ۳) نشان می‌دهد که اثر هیدروژل بر عملکرد اندام هوایی نعناع معنی‌دار بود. هیدروژل، عملکرد اندام هوایی نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۷). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش عملکرد اندام هوایی نعناع داشت (شکل ۷). پژوهش‌های مختلف نشان داده است که به‌کار بردن هیدروژل‌ها بر مقدار عملکرد و ویژگی‌های مهم رشدی گیاهان اثر دارد، زیرا این ترکیبات باعث مصرف کاراتر آب و مواد غذایی می‌شوند و در نتیجه باعث افزایش عملکرد می‌گردند (۲۱). تأثیر مثبت روی بر افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاهان مختلف توسط برخی از پژوهش‌گران گزارش شده است (۲۰).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر هیدروژل و روی بر عملکرد نعناع.

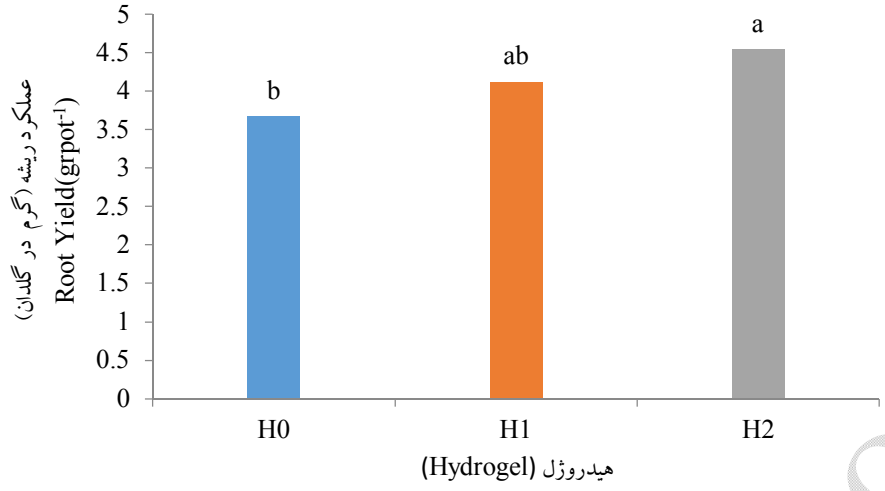
Table 3. Analysis of variance of hydrogel and zinc effect on Mentha yield.

منبع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی Degrees of freedom	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد اندام هوایی Shoot yield
هیدروژل Hydrogel	2	1.14^{**}	21.24^{**}
روی Zinc	1	0.59^{*}	7.22^{ns}
هیدروژل * روی Hydrogel* Zinc	2	0.17^{ns}	0.30^{ns}
خطا Error	12	0.11	0.31
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)	-	8.40	6.53

** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ns غیرمعنی‌دار

** is significant at 1%, * is significant at 5%, ns is nonsignificant

Uncorrected Proof

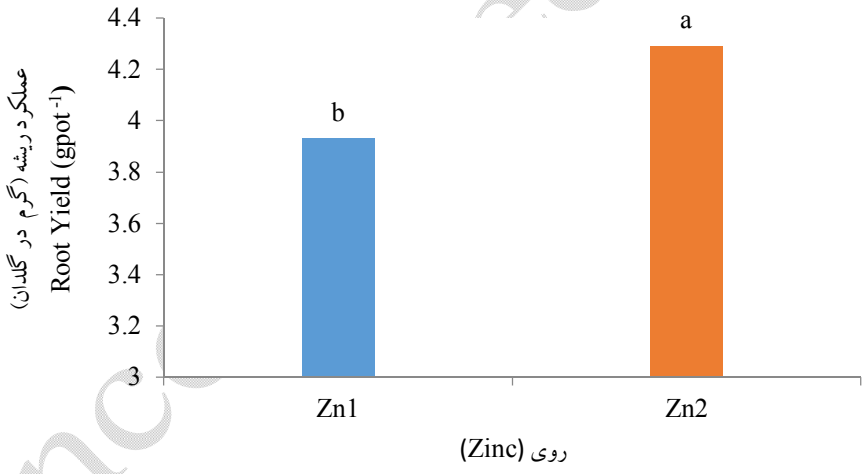


شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر هیدروژل بر عملکرد ریشه نعناع.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 5. Mean comparison effect of hydrogel on root yield.
H_0: control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).



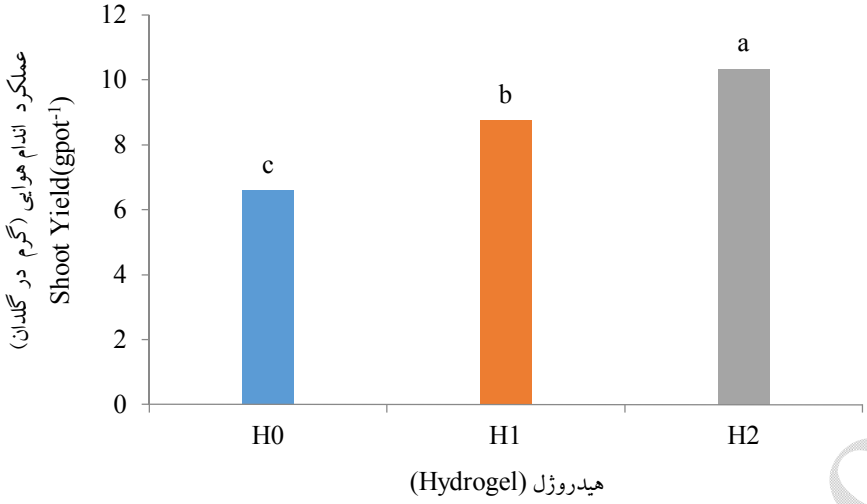
شکل ٦- مقایسه میانگین تأثیر روی بر عملکرد ریشه نعناع.

Zn_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، Zn_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 6. Mean comparison effect of zinc on root yield.
Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

Uncorrected Proof



شکل ۷- مقایسه میانگین تأثیر هیدروژل بر عملکرد اندام هوایی نعناع.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 7. Mean comparison effect of hydrogel on shoot yield.
H_0: control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

ارتفاع نعناع: نتایج تجزیه واریانس در جدول ٤ نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل بر ارتفاع گیاه نعناع معنی‌دار بود. هیدروژل، ارتفاع نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۸). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش ارتفاع نعناع داشت. هیدروژل با تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و هم‌چنین تنظیم pH و عناصر غذایی در خاک سبب افزایش ارتفاع شده است.

جدول ٤- تجزیه واریانس تأثیر هیدروژل و روی بر برخی ویژگی‌های نعناع.

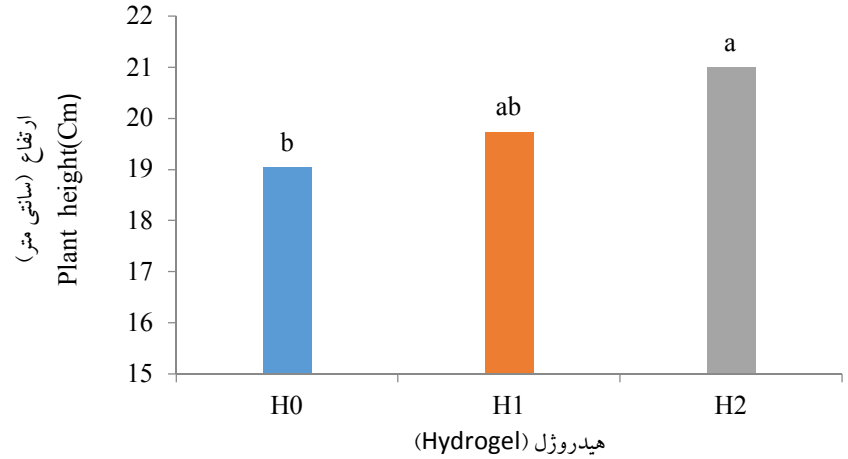
Table 4. Analysis of variance of hydrogel and zinc effect on some characteristics of Mentha.

تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf area	ارتفاع Plant height	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات Sources of variations
3963.55**	527733.58**	5.85*	2	هیدروژل Hydrogel
4802**	123074.14**	0.76ns	1	روی Zinc
50.66ns	32136.01**	1.08ns	2	هیدروژل * روی Hydrogel* Zinc
288.55	3273.08	0.9	12	خطا Error
10.24	4.19	4.77	-	ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ns غیرمعنی‌دار

** is significant at 1%, * is significant at 5%, ns is nonsignificant

Uncorrected Proof



شکل ۸- مقایسه میانگین تأثیر هیدروژل بر ارتفاع نعناع.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

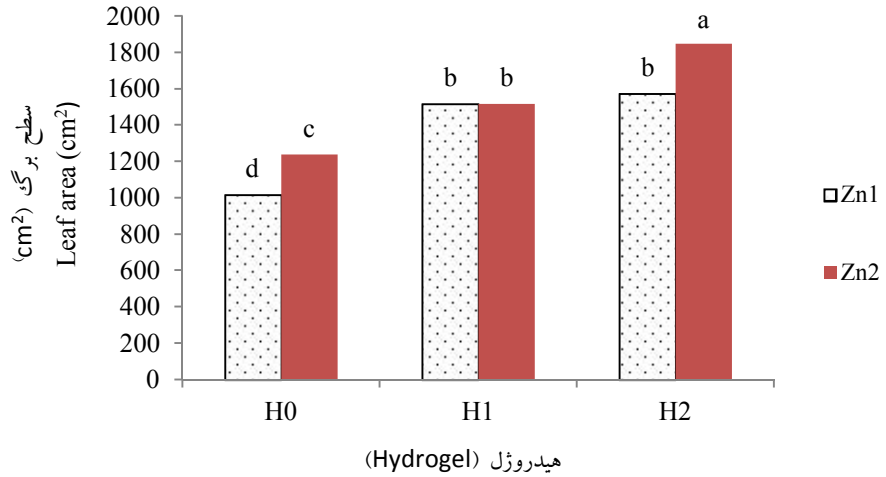
حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 8. Mean comparison effect of hydrogel on Plant height.
H_0: Control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

سطح برگ نعناع: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر سطح برگ نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). هم‌چنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل هیدروژل و روی بر سطح برگ نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). هیدروژل و روی، سطح برگ نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند(شکل ۹). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش سطح برگ نعناع داشتند (شکل ۹). ضیایی و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که سوپرجاذب با نگهداشت آب در ناحیه ریشه باعث بازماندن روزنه‌ها به‌مدت طولانی‌تر، تثبیت مناسب دی‌اکسیدکربن، افزایش وزن اندام هوایی و به‌تبع افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

تعداد برگ نعناع: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر تعداد برگ نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). هیدروژل، تعداد برگ نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱۰). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش تعداد برگ (۱۵/۳ درصد) نعناع داشت (شکل ۱۰). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که روی از منبع کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر بیش‌تری بر افزایش تعداد برگ (۱۵/۱ درصد) نعناع در مقایسه با کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار داشت (شکل ۱۱). هیدروژل با تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و هم‌چنین تنظیم pH و عناصر غذایی در خاک سبب افزایش تعداد برگ شده است (۲۲).

Uncorrected Proof



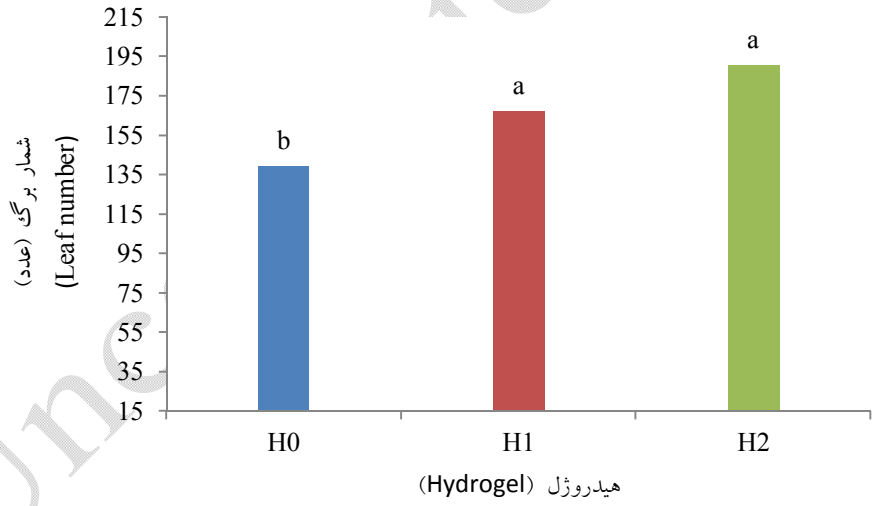
شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل هیدروژل و روی بر سطح برگ نعناع.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

ZN_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ZN_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤٠ کیلوگرم در هکتار.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 9. Mean comparison interaction effect of hydrogel and zinc on Leaf area.
H_0: control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%), Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).



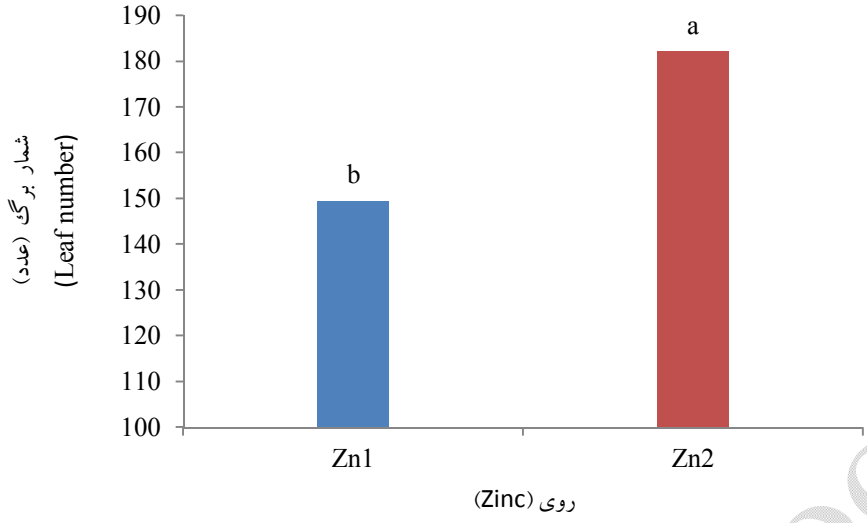
شکل ۱۰- مقایسه میانگین تأثیر هیدروژل بر تعداد برگ نعناع.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 10. Mean comparison effect of hydrogel on Leaf number.
H_0: Control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

Uncorrected Proof



شکل ۱۱- مقایسه میانگین تأثیر روی بر تعداد برگ نعناع.

Zn_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، Zn_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 11. Mean comparison effect of zinc on Leaf number.
Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha). Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test ($P \leq 0.05$).

کلروفیل a: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل بر میزان کلروفیل a نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). هم‌چنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل هیدروژل و روی بر میزان کلروفیل a نعناع در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). هیدروژل و روی، کلروفیل a نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل ۱۲). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش میزان کلروفیل a نعناع داشتند. بر اساس نتایج pH و روی قابل دسترس خاک، هیدروژل به واسطه کاهش pH خاک، موجب افزایش روی قابل جذب خاک شدند که این امر می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر مقدار روی قابل جذب به‌واسطه استفاده از تیمارها بر کلروفیل باشد. پانده و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند با فراهم شدن عنصر روی در محیط رشد، جذب این عنصر در ریشه و اندام هوایی افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده نقش مثبت روی در افزایش میزان کلروفیل (۲٤) می‌باشد (۲۳). عناصر کم‌مصرف مانند روی و آهن با متابولیسم فتوسنتز و ساخت پروتئین در گیاه مرتبط هستند (۲۵).

Uncorrected Proof

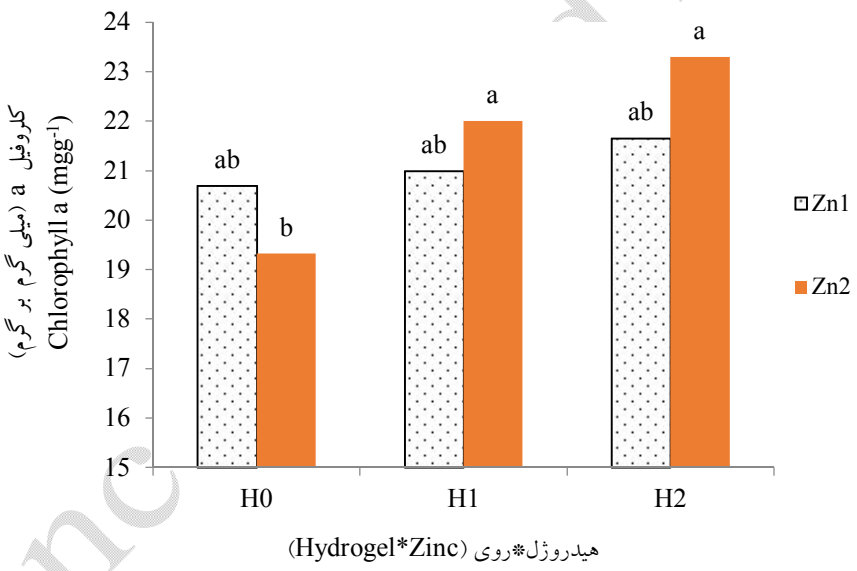
جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر هیدروژل و روی بر رنگدانه‌های فتوسنتزی.

Table 5. Analysis of variance of hydrogel and zinc effect on Chlorophyll.

کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات Sources of variations
4.02^{**}	9.25^{**}	2	هیدروژل Hydrogel
3.73^{*}	0.8^{ns}	1	روی Zinc
0.29^{ns}	3.75^{*}	2	هیدروژل * روی Hydrogel* Zinc
0.4	0.92	12	خطا Error
3.15	4.51	-	ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ns غیرمعنی‌دار

** is significant at 1%, * is significant at 5%, ns is nonsignificant



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل هیدروژل و روی بر کلروفیل a.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

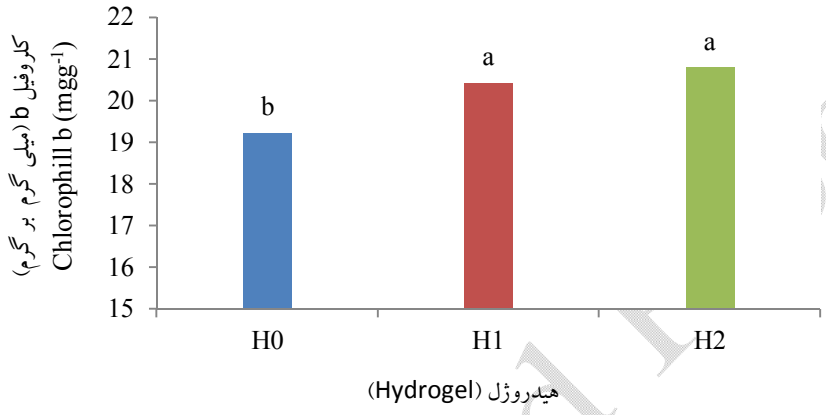
Zn_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، Zn_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤٠ کیلوگرم در هکتار.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 12. Mean comparison interaction effect of hydrogel and zinc on Chlorophyll a.
H_0: control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%), Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

Uncorrected Proof

کلروفیل b: نتایج تجزیه واریانس در جدول ۵ نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر میزان کلروفیل b نعناع معنی‌دار بود. هیدروژل، میزان کلروفیل b نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱۳). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش میزان کلروفیل b نعناع داشت (شکل ۱۳). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که روی از منبع کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر بیش‌تری بر افزایش میزان کلروفیل b نعناع در مقایسه با کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار داشت (شکل ۱٤).

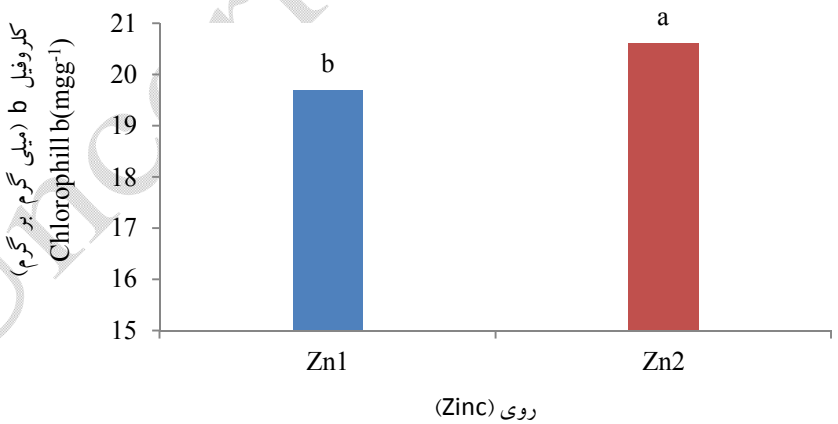


شکل ۱۳- مقایسه میانگین تأثیر هیدروژل بر کلروفیل b.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 13. Mean comparison effect of hydrogel on Chlorophill b.
H_0: Control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).



شکل ۱٤- مقایسه میانگین تأثیر روی بر کلروفیل b.

Zn_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، Zn_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 14. Mean comparison effect of zinc on Chlorophill b.
Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

غلظت روی در اندام‌های هوایی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر غلظت روی اندام هوایی نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). هم‌چنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل هیدروژل و روی بر غلظت روی اندام هوایی نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). هیدروژل و روی، غلظت روی اندام هوایی نعناع (۱۵/۳ درصد) را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل ۱۵). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤٠ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش غلظت روی اندام هوایی نعناع داشتند (شکل ۱۵).

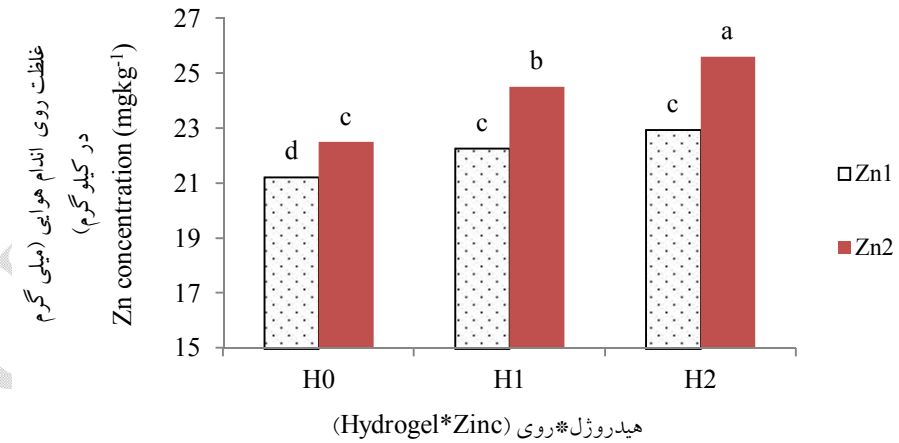
جدول ٦- تجزیه واریانس تأثیر هیدروژل و روی بر غلظت و جذب روی در اندام هوایی نعناع.

Table 6. Variance analysis of the effect of hydrogel and zinc on the concentration and uptake of zinc in the aerial parts of of Mentha.

جذب روی اندام هوایی Zn uptake of shoot	غلظت روی اندام هوایی Zn concentration of shoot	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات Sources of variations)
0.01**	8.89**	2	هیدروژل Hydrogel
0.01**	19.01**	1	روی Zinc
0.0002ns	0.76**	2	هیدروژل * روی Hydrogel* Zinc
0.0001	0.079	12	خطا Error
5.86	1.21	-	ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ns غیرمعنی‌دار

** is significant at 1%, * is significant at 5%, ns is nonsignificant



شکل ۱۵- مقایسه میانگین اثر متقابل هیدروژل و روی بر غلظت روی اندام هوایی نعناع.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

Zn_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، Zn_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤٠ کیلوگرم در هکتار.

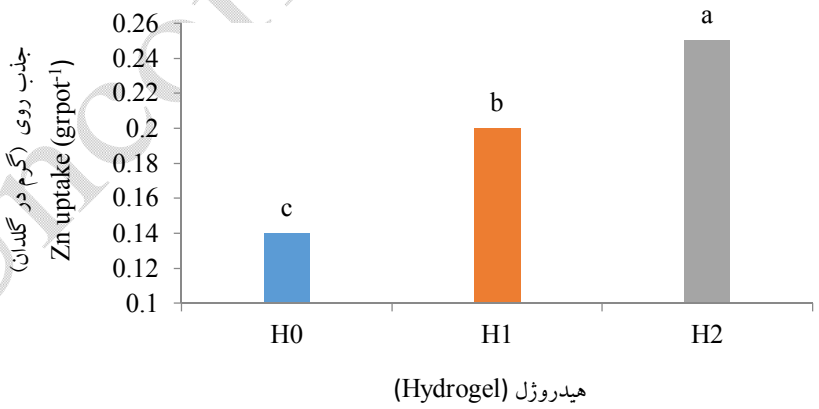
حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 15. Mean comparison interaction effect of hydrogel and zinc on Zn concentration.
H_0: control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%), Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

Under Corrected Proof

جذب روی در اندام هوایی نعناع: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر جذب روی در اندام هوایی نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). هیدروژل، جذب روی در اندام هوایی نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ١٦). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیش‌ترین تأثیر (٤١/٦ درصد) را بر افزایش جذب روی در اندام هوایی نعناع داشت (شکل ١٦). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که روی از منبع کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر بیش‌تری بر افزایش میزان جذب روی در اندام هوایی نعناع در مقایسه با کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار داشت (شکل ۱۷). تیمارهای هیدروژل و روی غلظت بیش‌تری از روی موجود در اجزاء تبادلی و آلی را در مقایسه با شاهد داشتند که این رخداد با افزایش معنی‌دار غلظت و جذب روی نعناع در این تیمارها همراه بوده است. افزایش غلظت و جذب روی در نعناع کشت شده در تیمارهای هیدروژل و روی در مقایسه با شاهد می‌تواند به‌دلیل افزایش قابلیت دسترسی روی باشد. به‌عبارت دیگر، با توجه به کاهش pH خاک در تیمارهای هیدروژل و افزایش قابلیت دسترسی روی برای نعناع، شرایط برای جذب روی فراهم شد.

به‌علاوه، هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار خاک بیش‌ترین غلظت روی در اجزاء تبادلی و آلی در فاز جامد خاک را به خود اختصاص داد که این رخداد با افزایش معنی‌دار غلظت و جذب روی نعناع در این تیمار همراه بوده است. تغییرات در غلظت کربن آلی محلول روند مشابهی با غلظت و جذب روی در نعناع داشت. به عنوان مثال، هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی، کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار کربن آلی محلول را به خود اختصاص داد، که با بیش‌ترین مقدار غلظت و جذب روی در نعناع همراه بود. در مقابل، کم‌ترین مقدار جزء آلی روی در تیمار شاهد مشاهده شد که کم‌ترین غلظت و جذب روی در نعناع نیز در این تیمار حاصل شد. بنابراین اثر هیدروژل بر غلظت و جذب روی در نعناع به مقدار زیادی با تغییرات در روی قابل دسترس خاک همراه است.



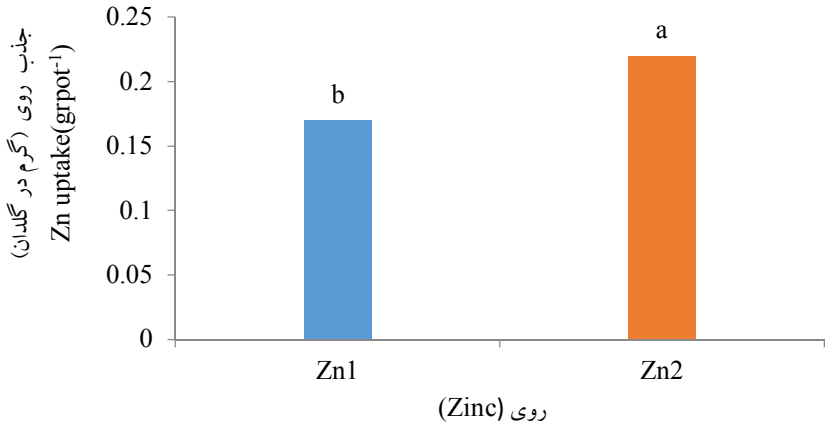
شکل ١٦- مقایسه میانگین اثر اصلی هیدروژل بر جذب روی اندام هوایی نعناع.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 16. Mean comparison effect of hydrogel on Zn uptake.
H_0: Control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

Uncorrected Proof



شکل ۱۷- مقایسه میانگین اثر اصلی روی بر جذب روی در اندام هوایی نعناع.

ZN_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ZN_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤٠ کیلوگرم در هکتار.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ٥٪ می‌باشند.

Figure 17. Mean comparison effect of zinc on Zn uptake.
Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test ($P \leq 0.05$).

درصد اسانس: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل بر درصد اسانس نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). هم‌چنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل هیدروژل و روی بر درصد اسانس نعناع در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). هیدروژل و روی، درصد اسانس نعناع (١٤/٢ درصد) را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل ۱۸). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤٠ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش درصد اسانس نعناع (١٤/٢ درصد) داشتند (شکل ۱۸).

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر هیدروژل و روی بر درصد و عملکرد اسانس نعناع.

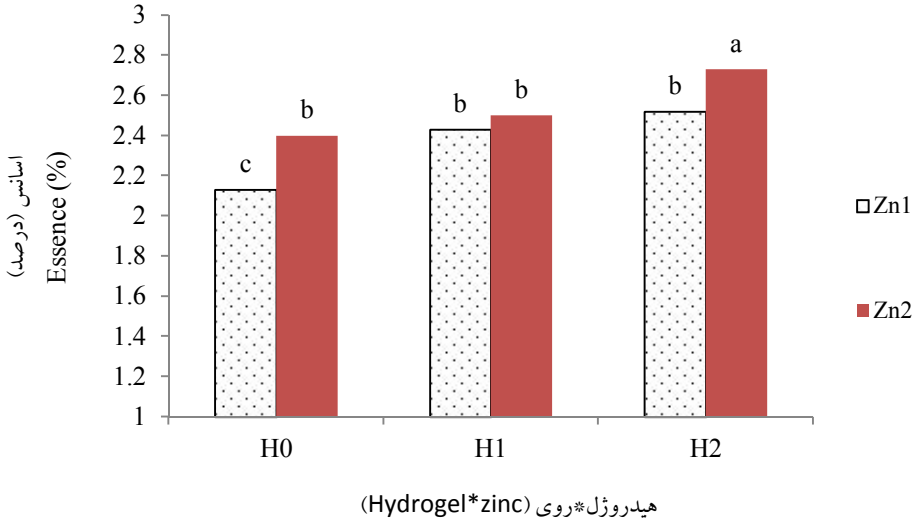
Table 7. Analysis of variance of hydrogel and zinc effect on essence percentage and yield.

عملکرد اسانس Essence yield	درصد اسانس Essence percent	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات Sources of variations
0.008^{**}	0.19^{**}	2	هیدروژل Hydrogel
0.003^{**}	0.15^{**}	1	روی Zinc
0.0001^{ns}	0.01^{*}	2	هیدروژل * روی Hydrogel* Zinc
0.0001	0.002	12	خطا Error
8.37	2.15	-	ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ns غیرمعنی‌دار

** is significant at 1%, * is significant at 5%, ns is nonsignificant

Uncorrected Proof



شکل ۱۸- مقایسه میانگین اثر متقابل هیدروژل و روی بر درصد اسانس نعناع.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

Zn_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ZN_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار.

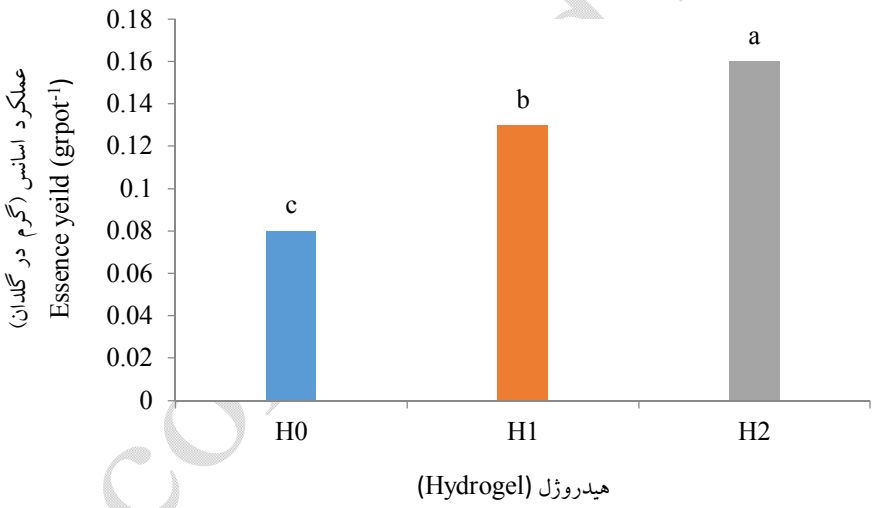
حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 18. Mean comparison interaction effect of hydrogel and zinc on Essence.
H_0: control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%), Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

عملکرد اسانس: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر عملکرد اسانس نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). هیدروژل، عملکرد اسانس نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱۹). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش عملکرد اسانس نعناع داشت (شکل ۱۹). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که روی از منبع کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر بیش‌تری بر افزایش عملکرد اسانس نعناع در مقایسه با کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار داشت (شکل ۱۸). استفاده از هیدروژل به‌علت افزایش برگ و سرشاخه‌ها باعث افزایش درصد اسانس می‌شود (۲٦). ضمن این‌که وجود مقدار کافی آب در اثر وجود هیدروژل هم باعث افزایش رشد رویشی و به دنبال آن افزایش درصد اسانس می‌شود. نتایج این مطالعه با یافته‌های (۲۷) روی گیاه رزماری و (۲۸) روی گیاه پونه کوهی همخوانی دارد.

با افزایش غلظت مس و روی در خاک، جذب این عناصر به‌وسیله گیاه افزایش می‌یابد. با توجه به این‌که این عناصر جزء عناصر کم‌مصرف و به مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشند، پس در غلظت‌های پایین باعث تحریک رشد، فتوسنتز و توسعه پوشش گیاهی می‌شوند که به تبع آن عملکرد اسانس که از حاصل‌ضرب درصد اسانس و ماده خشک به‌دست می‌آید، نیز افزایش می‌یابد (۲۹). هم‌چنین خالید و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که استفاده از کودهای

آلی مختلف در گیاه دارویی شوید باعث افزایش رشد، عملکرد، درصد اسانس و کیفیت اسانس شد. کمپوست محتوای اسانس را افزایش می‌دهد، این نتیجه ممکن است ناشی از اثر کمپوست بر سرعت واکنش متابولیسم و هم‌چنین تحریک آنزیم‌ها باشد (۳۰). در این زمینه، دسوکی و همکاران (۲۰۰۱)، المصری و همکاران (۲۰۰۱)، خلیل و همکاران (۲۰۰۲) ونقیب و همکاران (۲۰۰۳) بر به نتایج مشابهی دست یافتند (۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳٤). با توجه به این‌که متابولیت‌های ثانویه از فتوسنتز گیاه به وجود می‌آیند، با توجه به این‌که متابولیت‌های ثانویه از فتوسنتز گیاه به‌وجود می‌آیند، در نتیجه سبزینگی بهتر منجر به تولید بیش‌تر متابولیت‌های ثانویه و در نتیجه تولید (۳۵)، که این نتایج با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. و با توجه به این‌که عملکرد اسانس برآیند عملکرد و درصد اسانس است، تیمارهایی که از نظر عملکرد، بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده بودند، بالاترین عملکرد اسانس را نشان دادند. مطابق با نتایج حاضر تیمارهای هیدروژل بیش‌ترین عملکرد را داشته و دارای بیش‌ترین عملکرد اسانس و درصد اسانس می‌باشد. در نتیجه کاربرد هیدروژل و روی به‌دلیل اثرات مطلوب، ضمن افزایش عملکرد، عملکرد اسانس را نیز تا حد مطلوبی افزایش دادند.



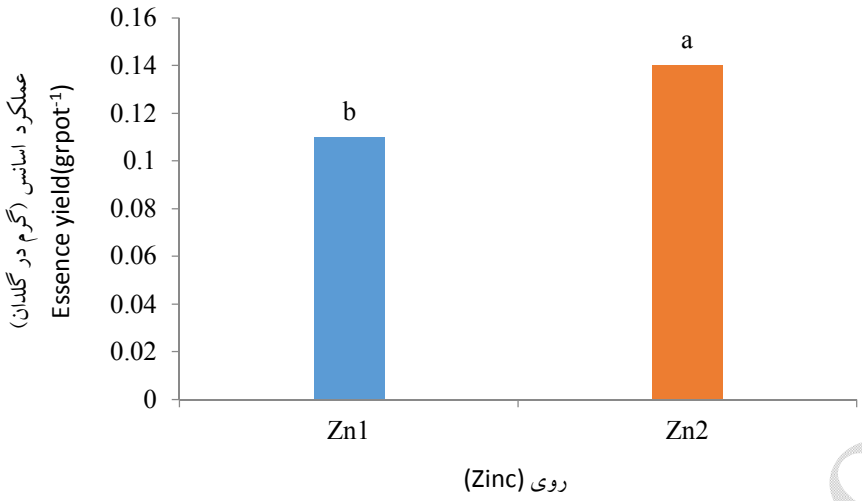
شکل ۱۹- مقایسه میانگین اثر اصلی هیدروژل بر عملکرد اسانس نعناع.

H_0: شاهد، H_1: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H_2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 19. Mean comparison effect of hydrogel on Essence yield.
H_0: Control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

Uncorrected Proof



شکل ۲۰- مقایسه میانگین اثر اصلی روی بر عملکرد اسانس نعناع.

ZN_1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ZN_2: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار.

حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵٪ می‌باشند.

Figure 20. Mean comparison effect of zinc on Essence yield.
Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha).
Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test (P≤0.05).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که pH و کربن آلی محلول تحت‌تأثیر هیدروژل قرار گرفت. هیدروژل به‌دلیل داشتن گروه‌های عاملی اسیدی موجب کاهش pH خاک شد. بیش‌ترین تأثیر تیمارها بر pH و کربن آلی محلول مربوط به هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و در مورد روی قابل دسترس خاک مربوط به ژلکود روی (هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و ٤۰ کیلوگرم در هکتار) بود. عملکرد گیاه نعناع به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر ژلکود روی قرار گرفت. بیش‌ترین عملکرد ریشه و اندام هوایی در تیمار هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی به‌دست آمد. اثر هیدروژل بر غلظت و جذب روی در نعناع به مقدار زیادی با تغییرات در روی قابل دسترس خاک همراه است. هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ٤۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش درصد اسانس نعناع داشت. به‌طورکلی نتایج نشان داد که هیدروژل می‌توانند باعث بهبود عملکرد گیاه دارویی نعناع شود و کاربرد آن در مقادیر بهینه به همراه عناصر غذایی، جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی جهت رسیدن به توسعه پایدار در کشاورزی می‌باشد.

Uncorrected Proof

منابع

1. Neethu, T. M., Dubey, P. K., & Kaswala, A. R. (2018). Prospects and applications of hydrogel technology in agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7 (5), 3155-3162. **Doi:10.20546/ijcmas. 2018.705.369.**
2. Alloway B. J. (2008). Zinc in soils and plant nutrition. International zinc association (IZA) and IFA Brussels Belgium and Paris 139 p.
3. Saquee, F. S., Diakite, S., Kavhiza, N. J., Pakina, E., & Zargar, M. (2023). The Efficacy of Micronutrient Fertilizers on the Yield Formulation and Quality of Wheat Grains. *Agronomy*, 13 (2), 566. **Doi:10.3390/agronomy13020566.**
4. Shah, S. S. H., Azhar, M., Nadeem, F., Ali, M. A., Khan, M. N., Ahmad, I., ... & Shaheen, A. A. A. A. (2023). Enhancements in yield, agronomic, and zinc recovery efficiencies of rice-wheat system through bioactive zinc coated urea application in Aridisols. *Plos one*, 18 (3), e0282615. **Doi:10.1371/journal. pone.0282615.**
5. Kumar, A., Mishra, S., Pandey, R., Yu, Z. G., Kumar, M., Khoo, K. S., ... & Show, P. L. (2023). Microplastics in terrestrial ecosystems: Un-ignorable impacts on soil characterises, nutrient storage and its cycling. *TrAC Trends in Analytical Chemistry,* 158, 116869. **Doi:10.1016/j.trac.2022.116869.**
6. Marzouk, M. M., Hussein, S. R., Elkhateeb, A., El-Shabrawy, M., Abdel-Hameed, E. S. S., & Kawashty, S. A. (2018). Comparative study of Mentha species growing wild in Egypt: LC-ESI-MS analysis and chemosystematic significance. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8 (8), 116-122. **Doi:10.7324/JAPS.2018.8816.**
7. Kalemba, D., & Synowiec, A. (2019). Agrobiological interactions of essential oils of two menthol mints: Mentha piperita and Mentha arvensis. *Molecules*, 25 (1), 59. **Doi:10.3390/molecules 25010059.**
8. Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Hydrometer method. *Methods of Soil Analysis: Part*, 1, 404-408.
9. Keeney, D. R. (1982). Nitrogen-availability indices. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 711-733. **Doi:10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c35.**
10. Cheng, D., Liu, Y., Yang, G., & Zhang, A. (2018). Water-and fertilizer-integrated hydrogel derived from the polymerization of acrylic acid and urea as a slow-release N fertilizer and water retention in agriculture. *Journal of agricultural and food chemistry*, *66* (23), 5762-5769. **Doi:10.1021/acs. jafc.8b00872.**
11. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy journal*, 23 (1), 112-121.
12. Séguin, V., Gagnon, C., & Courchesne, F. (2004). Changes in water extractable metals, pH and organic carbon concentrations at the soil-root interface of forested soils. Plant and soil, 260, 1-17. **Doi:10.1023/B:PLSO.00000 30170.49493.5f.**
13. Kurepa, J., Paunesku, T., Vogt, S., Arora, H., Rabatic, B. M., Lu, J., ... & Smalle, J. A. (2010). Uptake and distribution of ultrasmall anatase TiO_2 Alizarin red S nanoconjugates in Arabidopsis thaliana. *Nano letters*, 10 (7), 2296-2302. **Doi:10.1021/nl 903518f.**
14. Peralta-Videa, J. R., Hernandez-Viezcas, J. A., Zhao, L., Diaz, B. C., Ge, Y., Priester, J. H., ... & Gardea-Torresdey, J. L. (2014). Cerium dioxide and zinc oxide nanoparticles alter the nutritional value of soil cultivated soybean plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 80, 128-135. **Doi:10.1016/j.plaphy. 2014.03.028.**
15. Bais, H. P., Weir, T. L., Perry, L. G., Gilroy, S., & Vivanco, J. M. (2006). The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other

Corrected Proof

organisms. *Annual Review of Plant Biology,* 57 (1), 233-266. **Doi:10.1146/ annurev.arplant.57.032905.105159.**

16. Lindsay, W. L., & Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42 (3), 421-428. **Doi:10.2136/sssaj 1978.03615995004200030009x.**
17. Li, H., Shen, J., Zhang, F., Clairotte, M., Drevon, J. J., Le Cadre, E., & Hinsinger, P. (2008). Dynamics of phosphorus fractions in the rhizosphere of common bean (Phaseolus vulgaris L.) and durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.) grown in monocropping and intercropping systems. *Plant and Soil*, 312, 139-150. **Doi:10.1007/s11104-007-9512-1.**
18. Zhan, F., Liu, M., Guo, M., & Wu, L. (2004). Preparation of superabsorbent polymer with slow-release phosphate fertilizer. *Journal of Applied Polymer Science*, 92 (5), 3417-3421. **Doi:10. 1002/app.20361.**
19. Buchholz, F. L., & Graham, A. T. (1998). Modern superabsorbent polymer technology. *(No Title)*.
20. Michaud, A. M., Chappellaz, C., & Hinsinger, P. (2008). Copper phytotoxicity affects root elongation and iron nutrition in durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.). *Plant and soil*, 310, 151-165. **Doi:10.1007/s11104-008-9642-0.**
21. Pirzad, A., Moghaddam, A. F., Razban, M., & Raei, Y. (2012). The evaluation of dried flower and essential oil yield and harvest index of Matricaria chamomilla L. under varying irrigation regimes and amounts of super absorbent polymer (A200). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22 (3), 85-100. [In Persian]
22. Pande, P., Anwar, M., Chand, S., Yadav, V. K., & Patra, D. D. (2007). Optimal level of iron and zinc in relation to its influence on herb yield and production of essential oil in menthol mint. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38 (5-6), 561-578. **Doi:10.1080/00103620701215627.**
23. Pande, P., Anwar, M., Chand, S., Yadav, V. K., & Patra, D. D. (2007). Optimal level of iron and zinc in relation to its influence on herb yield and production of essential oil in menthol mint. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38 (5-6), 561-578. **Doi:10.1080/00103620701215627.**
24. Rion, B., & Alloway, J. (2004). Fundamental aspects of Zinc in soils and plants. *International Zinc Association*, 23, 1-128.
25. Erdal, I., Kepenek, K., & Kizilgöz, İ. (2004). Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28 (6), 421-427.
26. Golcz, A., Politycka, B., & Seidler-Lozykowska, K. (2006). The effect of nitrogen fertilization and stage of plant development on the mass and quality of sweet basil leaves [*Ocimum basilicum* L.]. *Herba Polonica*, 1 (52).
27. Zehtab-Salmasi, S., Javanshir, A., Omidbaigi, R., Alyari, H., & Ghassemi-Golezani, K. (2001). Effects of water supply and sowing date on performance and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Acta Agronomica Hungarica*, 49 (1), 75-81. **Doi:10.1556/AAgr.49.2001.1.9.**
28. Said-Al, A. H., Omer, E. A., & Naguib, N. Y. (2009). Effect of water stress and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano. I*nternational Agrophysics*, 23 (3), 269-275.
29. Pande, P., Anwar, M., Chand, S., Yadav, V. K., & Patra, D. D. (2007). Optimal level of iron and zinc in relation to its influence on herb yield and production of essential oil in menthol mint. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38 (5-6), 561-578. **Doi:10.1080/00103620701215627.**
30. Khalid, K. A., & AM, S. (2005). Productivity of dill (*Anethum graveolens* L.) as influenced by different organic manure rates and sources. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 13 (3), 901-913. **10.21608/ ajs.2005.15330.**

Uncorrected Proof

31. El-Desuki, M., Amer, A. H., Sawan, O. M., & Khattab, M. E. (2001). Effect of irrigation and organic fertilization on the growth, bulb yield and quality of sweet fennel under shark El-owinat conditions. Mansoura *University Journal of Agricultural Sciences Mansoura*, 26 (7), 4465-4481.
32. El-Masry, M. H., & Dahab, A. A. (2001). Response of geranium plants (Pelargonium graveolens) grown in sandy soil to different sources of nitrogen. In *Growth of 5th Arabian Horticultural Conference* (pp. 24-28). Esmailia Suez Canal University, Faculty of Agriculture, Horticultural Department Ismailia, Egypt.
33. Khalil, M. Y., Naguib, Y. N., & El-Sherbeny, S. E. (2002). Effect of *Tagetes erecta* L. to some foliar application under compost levels. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 10 (3), 939-964.
34. Naguib, N. Y. (2003). Impact of mineral nitrogen fertilizer and organic compost on growth, herb and chemical composition of German chamomile (*Chamomilla recutita* L.) Rausch. *Journal of Applied Sciences*, 18, 301-323.
35. Alijani, M. E. Y. S. A. M., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S. A. M., & Mohammad Rezaye, S. (2010). The effects of phosphorous and nitrogen rates on yield, yield components and essential oil percentage of *Matricaria recutita* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 26 (1), 101-113. [In Persian]. **Doi:10.22092/IJMAPR.2010.6985.**

Uncorrected Proof

Uncorrected Proof