Journal of Soil Management and Sustainable Production

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

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

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:
Hydrogel,
Chemical fertilizer,
Mentha,
Zink uptake

ABSTRACT

Background and Objectives: Micronutrient insufficiency in plants is becoming increasingly common, particularly in calcareous soils. Hence, application of new ways including slow release fertilizer is increasing to improve the nutritional status of nutrients. Therefore, the present study was carried out to investigate the effects of hydrogel and zinc on soil chemical properties, yield, concentration and uptake of zinc in *Mentha* in a calcareous soil under greenhouse condition.

Materials and Methods: This research was conducted in a complete randomized design with three replications. The treatments were included hydrogel in levels of 0, 0.005 and 0.01 % of soil and zinc sulfate fertilizer in level of 40 and 20 $Kgha^{-1}$. nDuring the experiment, chlorophylln a and b were measured. At the end of the experiment, soil chemical properties such as pH, dissolved organic carbon (DOC), available zinc, and yield and some physiological characteristics of Mentha were measured.

Results: The results showed that the lowest pH, the maximum of DOC and soil available zinc was obtained in level of 0.01% of hydrogel treatment. The maximum yield of Mentha was obtained in level of 0.01% of hydrogel treatment. The utilization of hydrogel and zinc fertilizer had a considerable impact on the zinc concentration and uptake.

Conclusions: The results of this study showed that the use of hydrogel in the amount of 0.01% by weight and 40 $Kgha^{-1}$ of zinc sulfate can have a useful and effective role in improving zinc uptake in Mentha. Based on these experimental results, it could be concluded that the increase in the amount of zinc in the Mentha plant was due to the increase in the amount of zinc in the soil and as a result, better uptake and impact on yield. The utilization of hydrogel in combination with chemical fertilizers is an effective approach to mitigate environmental issues associated with the use of chemical fertilizers.

Cite this article: Ghahrie, Maryam, Taghavi, Mehdi, Norouzi Masir, Mojtaba, Mahmoodi Sourestani, Mohammad. 2024. Effect of hydrogel and Zinc on growth indices of Menth in a calcareous soil. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 14 (3),

© The Author(s). DOI: 10.22069/ejsms.2024.22437.2149

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲۶۷-۲۳۲۲

شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

تاثیر 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 [۴]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد 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

۴. 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: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۸

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

چکیده

سابقه و هدف: کمبود عناصر کم‌مصرف در گیاهان به طور فزاینده ای به ویژه در خاک های آهکی شایع می‌باشد. بنابراین استفاده از محصولات نوین نظیر کود با انتشار آهسته برای بهبود وضعیت تغذیه ای 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 گلخانه ای انجام شد.

مواد و روش‌ها:. این پژوهش به صورت 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)، ۰/۰۰۵و ۰/۰۱ درصد وزنی و کود سولفات روی در دو سطح ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتاربودند. در طول دوره آزمایش، میزان کلروفیلa 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 تحقیق 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 ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی) بود. عملکرد گیاه نعناع به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر هیدروژل و روی (ژلکود روی) قرار گرفت. بیشترین عملکرد ریشه (۱۲ الی ۲۳ درصد) و اندام هوایی (۳۰ درصد) در تیمار هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بدست آمد و هیدروژل به مقدار ۰/۰۱درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تأثیر را بر افزایش درصد اسانس(۱۴/۲درصد) نعناع داشت.

نتیجه‌گیری: نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و ۴۰کیلوگرم بر هکتار سولفات روی می‌توانند نقش مفید و مؤثری در بهبود جذب روی در گیاه دارویی نعناع داشته باشند به طور کلی نتایج این تحقیق 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. (۱۴۰۳). تاثیر هیدروژل و روی (Zn) بر برخی شاخص‌های رشدی نعناع در خاک آهکی. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۴ (۳)، ..... .

DOI: : 10.22069/ejsms.2024.22437.2149 -

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

هیدروژل اساساً یک پلیمر جاذب آب است که به عنوان محلول‌های آبی از طریق پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب به عنوان محلول‌های متقاطع طبقه‌بندی می‌شوند. هیدروژل‌های کشاورزی به عنوان گرانول های نگهدارنده آب و مواد غذایی شناخته می-شوند زیرا در تماس با آب به اندازه چند برابر اندازه اصلی خود متورم می‌شوند. در طول ۴۰ سال گذشته به طور 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 (۱).

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 محصول دهی گیاهان مورد نیاز می‌باشد(۲). در میان عناصر کم مصرف، روی به عنوان 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 (۳). کمبود روی در خاک به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است (۴). تقریبا نیمی از خاک‌های جهان دارای مشکل کمبود روی هستند و پیش‌بینی می‌شود در صورت عدم اتخاذ تدابیر کافی، کمبود آن از ۴۲ درصد به ۶۳ درصد تا سال ۲۰۲۵ 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 (۵).

نعناع متعلق به خانواده *Lamiaceae* است که بزرگترین خانواده گیاهی با ۲۳۶ جنس و ۷۰۰۰ گونه است (۶). و جنس *Mentha* از ۴۲ گونه، ۱۵ هیبرید و زیرگونه، ارقام و واریته تشکیل شده است. نعناع فلفلی ، گیاهی چند ساله است که به طور گسترده توسط بخش بزرگی از مردم در سراسر جهان به اشکال مختلف مانند برگ، روغن عصاره برگ و اسانس و عرق استفاده می‌شود(۷). با توجه به اینکه نعناع فلفلی از گیاهان دارویی معطر و اسانس دار با مصارف متعدد دارویی، غذایی، بهداشتی و آرایشی است، از این رو شناخت و بررسی عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد این گیاه مهم می‌باشد. بنابراین، با وجود تحقیقات فراوان صورت گرفته پیرامون تاثیر هیدروژل بر رشد و عملکرد گیاه ، تا کنون در زمینه تاثیر هیدروژل و روی بر رشد و عملکرد نعناع فلفلی و ویژگی‌های خاک مطالعه‌ای انجام نشده است..لذا این پژوهش به میزان بررسی تاثیر هیدروژل و سولفات روی بر برخی شاخص‌های رشدی نعناع انجام گردید.

مواد و روش ها

نمونه‌برداری خاک از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت مرکب (۳۰-۰ سانتی‌متری) تهیه و بعد از هوا خشک شدن برخی ویژگی‌های آن شامل بافت خاک به روش هیدرومتری(۸)، قابلیت هدایت الکتریکی و pH خاک در عصاره ۲/۵ :۱ 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(۹). برای اسانس‌گیری، ۳۰ گرم پودر سرشاخه گیاه نعناع فلفلی به طور دقیق توزین کرده و به روش تقطیر با آب، اسانس‌آن با استفاده از کلونجر به(مدت ۳ ساعت) استخراج شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است(جدول۱). این تحقیق بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط آب هوایی اهواز به اجرا درآمد. هیدروژل در مقادیر صفر(شاهد)، ۰/۰۰۵و ۰/۰۱ درصد وزنی و کود سولفات روی در دو سطح ۲۰ و ۴۰ 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 ۴۰٪ وزنی پتاسیم هیدروکسید اضافه و توسط همزن مغناطیسی همزده تا کاملا مخلوط شود. سپس، ۲۲ گرم اوره، ۶ گرم N-،N متیلن بیس اکریل‌آمید و ۱۰ گرم سوکسنیک‌دی-هیدرازید اضافه و توسط همزن مغناطیسی در

دمای اتاق همزده شد. پس از آنکه تمام مواد حل گردید مخلوط واکنش به یک بالن ۵۰۰ میلی‌لیتر سه-دهانه‌ای 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 به مدت 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 ۴ ساعت در دمای ۶۰ 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 به مدت ۲۴ ساعت در این شرایط نگهداری شد. ژل فیلترشده و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت 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.

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

خاک تهیه شده پس از گذراندن از الک دو میلی متری در گلدان‌های ۶ 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

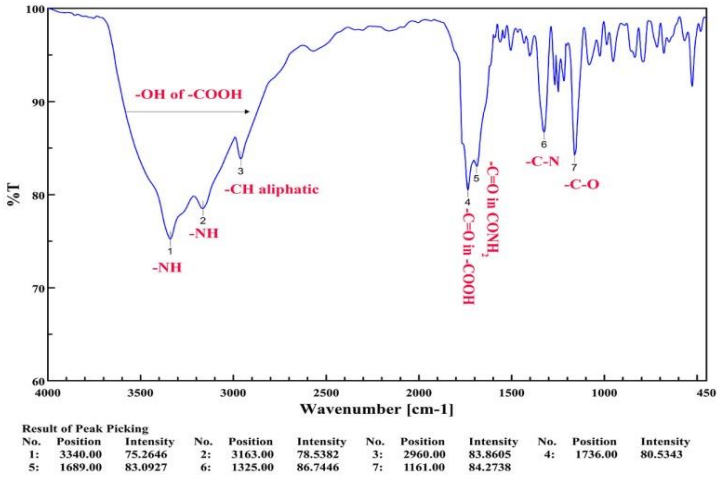
[1] .Field Capacity

خاک انجام شد. برای تعیین وزن خشک اندام هوایی گیاه، اندام هوایی نعناع از سطح خاک جدا و به مدت ۴۸ 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 ازدستگاه 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 بدست آمد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح پنج درصد و ترسیم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

طیف FT-IR هیدروژل

طیف FT-IR هیدروژل در شکل(۱)نشان داده شده است. پیک‌های ناحیه cm^{-1} ۳۳۴۰ و۳۱۶۳ مربوط به ارتعاش‌های کششی گروه آمین(–N-H)، پیک cm^{-1} ۲۹۸۶ مربوط به ارتعاشات کششی هیدروژل‌های آلیفاتیک (C-H)، دو پیک قوی در ناحیه cm^{-1} ۱۷۳۶ و cm^{-1} ۱۶۸۹ به ترتیب ارتعاش‌های کششی گروه‌های کربونیل کربوکسیلیک اسید و آمید، پیک قوی در ناحیه cm^{-1} ۱۳۲۵ که نشان دهنده پیک ارتعاش کششی گروه‌های آمین (C-N) و پیک قوی در ناحیه cm^{-1} ۱۱۶۱ که مشخصه ارتعاش‌های کششی گروه‌های هیدروکسیل اتری (C-O) می‌باشند.



شکل ۱- طیف FT-IR.

Figure1. FT-IR spectrum.

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 (جدول۲). هیدروژل، pH خاک را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری کاهش داد (شکل۲). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیشترین تأثیر را بر کاهش pH خاک داشت (شکل ۲). هیدروژل به دلیل 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 نسبتا قوی هستند. علاوه بر این، با تحریک ریشه توسط هیدروژل و افزایش ترشحات ریشه‌ای، pH خاک کاهش می‌یابد. ریشه‌ها عناصر مورد نیاز خود را به صورت کاتیون و آنیون از محلول خاک جذب می‌کنند و برای حفظ تعادل الکتروشیمیاییِ درون سلول‌های خود، به ازای جذب کاتیون و آنیون به ترتیب 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 به ازای جذب عنصر روی، کاتیون H^+ به محیط خاک آزاد می‌کند و سبب کاهش pH خاک می‌شود (شکل۲).

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (Mean of square)

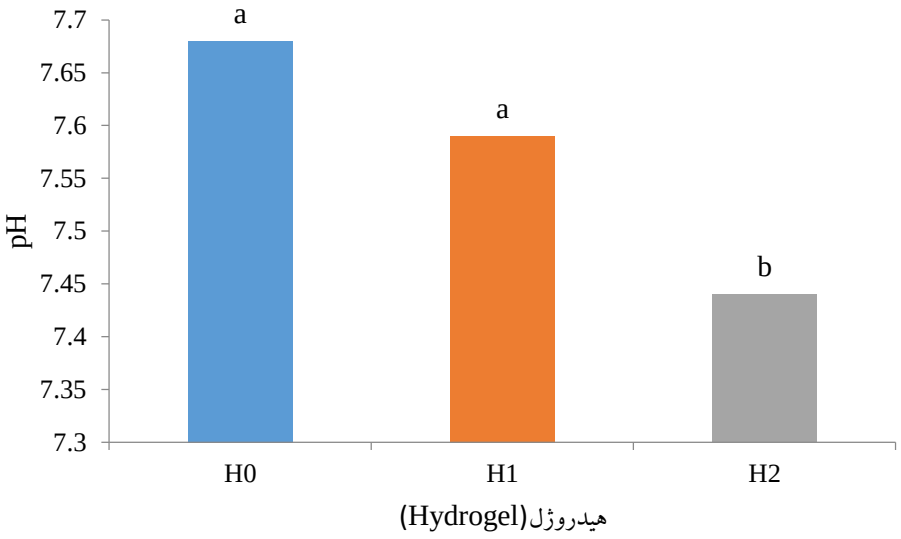
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر هیدروژل و روی بر pH، روی قابل دسترس خاک و کربن آلی محلول.

منابع تغییر	درجه آزادی	pH	روی قابل دسترس Available Zinc	کربن آلی محلول dissolved organic carbon
هیدروژل Hydrogel	2	0.11**	0.0001**	13.8**
روی Zinc	2	0.005ns	0.0004**	11.7ns
هیدروژل * روی Hydrogel* Zinc	4	0.003ns	0.000005**	0.03ns
خطا Error	18	0.001	0.000001	0.38
ضریب تغییرات ٪ Coefficient of variation %	–	0.57	3.87	3.94

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

**معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، *معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ns غیر معنی‌دار

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

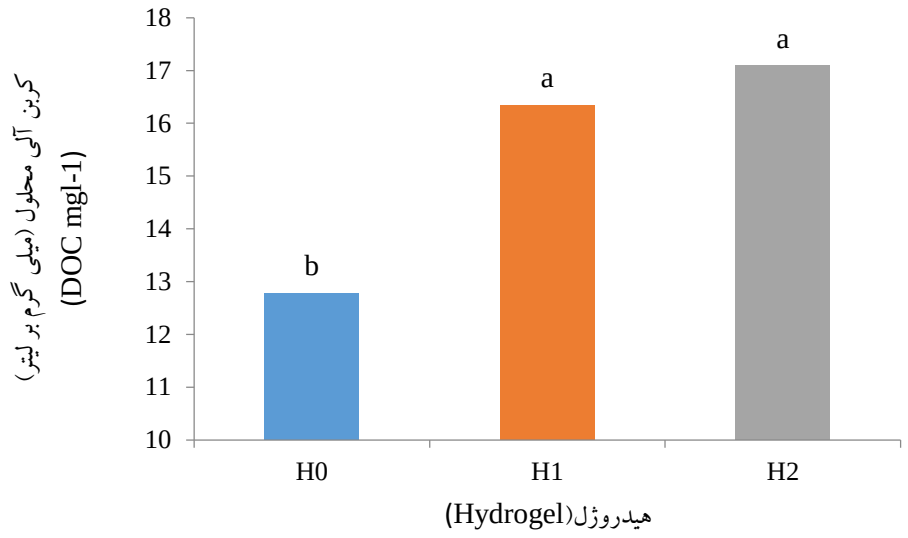


شکل ۲- مقایسه میانگین تاثیر هیدروژل بر پ. هاش خاک.

H0:: شاهد، **H1**:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: 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 ($p \leq 0.05$).

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 (جدول۲). هیدروژل، کربن آلی محلول خاک را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل۳). 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؛ ۱۴) و مواد آلی ریز مولکولی (۱۵) میزان کربن آلی خاک افزایش می‌یابد



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

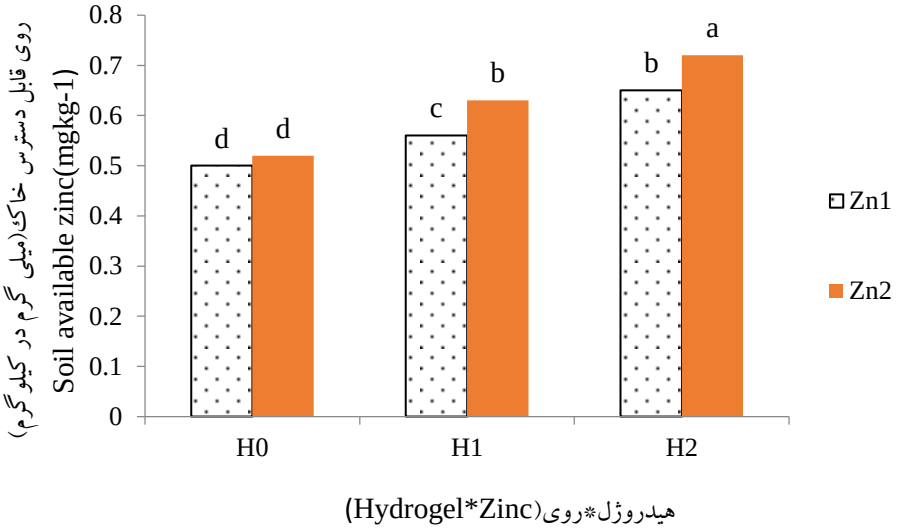
H0:: شاهد، H1:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

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 ($p \leq 0.05$).

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 (شکل۴). هیدروژل و روی، روی قابل دسترس خاک را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل۴). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تأثیر را بر افزایش روی قابل دسترس خاک داشتند (شکل۴). 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(۱۶) 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 (شکل۲). 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 هیدروژل ها 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 ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل هیدروژل و روی بر روی قابل دسترس خاک.

H0:: شاهد، **H1**:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل. **Zn1**:: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، **Zn2**:: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ 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 ($p \leq 0.05$).**

تاثیر هیدروژل بر عملکرد نعناع

نتایج تجزیه واریانس تاثیر تیمارها بر عملکرد نعناع در(جدول۳) ارائه شده است.

عملکرد ریشه

نتایج تجزیه واریانس در (جدول۳)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 الی ۲۳ درصد) افزایش داد (شکل۵). 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 ۴۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد ریشه نعناع در مقایسه با کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار داشت (شکل۶). تاثیر مثبت عنصر روی بر افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاهان مختلف توسط برخی از محققان گزارش شده است (۲۰).

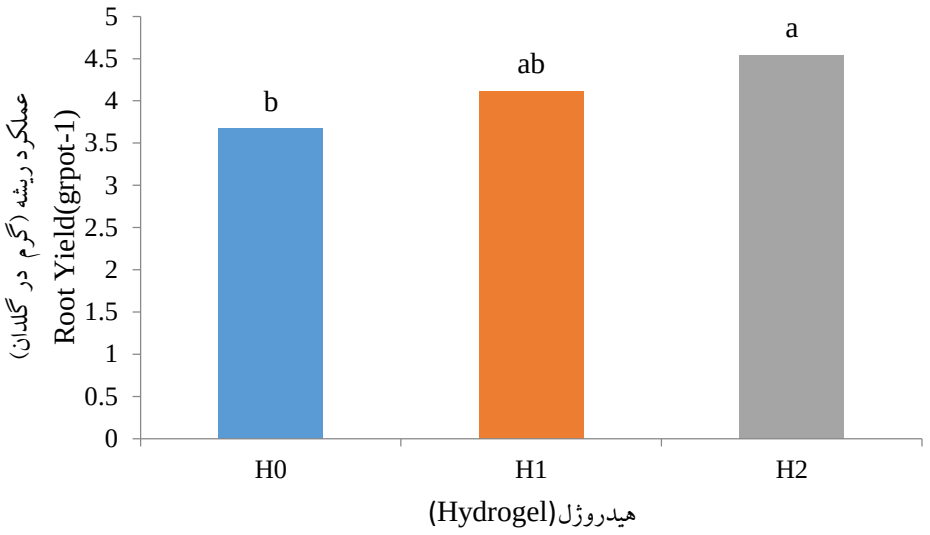
جدول۳- تجزیه واریانس اثر هیدروژل و روی بر عملکرد نعناع.

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	0.17ns	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 غیر معنی‌دار

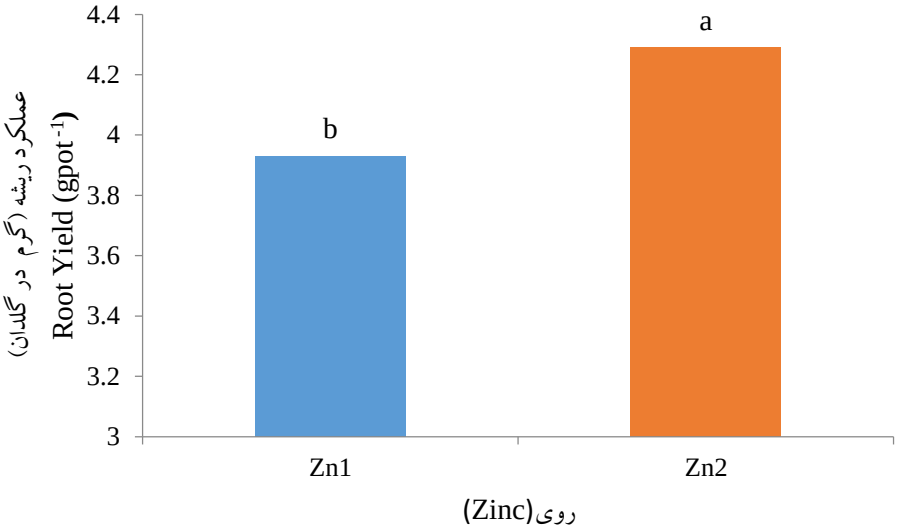
** is significant at 1% , * is significant at 5% , ns is nonsignificant



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

H0: شاهد، **H1**:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: 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 ($p \leq 0.05$).



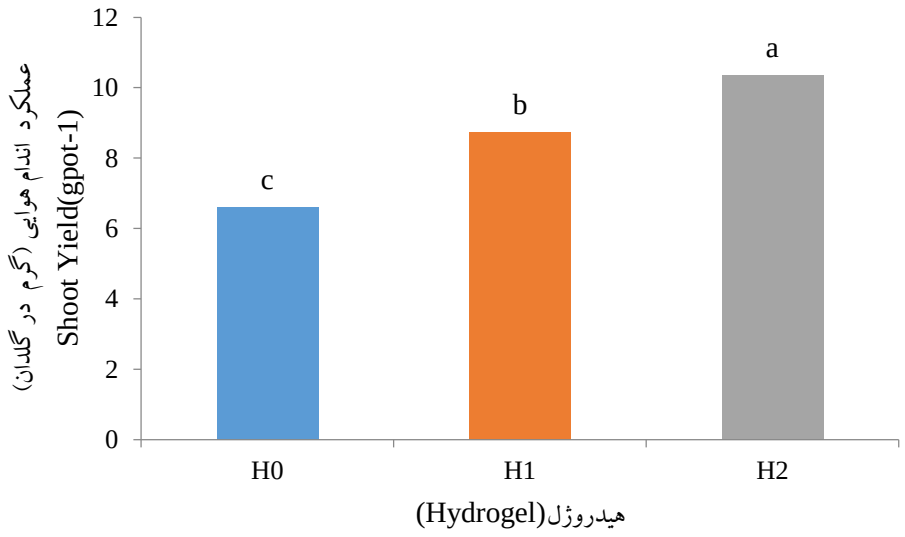
شکل ۶- مقایسه میانگین تاثیر روی بر عملکرد ریشه نعناع.

Zn1:: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، Zn2:: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ 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.
Zn1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha). Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test ($p \leq 0.05$).

عملکرد اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس در (جدول۳) 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 به کار 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). تاثیر مثبت روی بر افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاهان مختلف توسط برخی از محققان گزارش شده است(۲۰).



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

H0:: شاهد، H1:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H2: 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 ($p \leq 0.05$).

ارتفاع نعناع

نتایج تجزیه واریانس در(جدول۴) نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل بر ارتفاع گیاه نعناع معنی-دار بود. هیدروژل، ارتفاع نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل۸). 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.

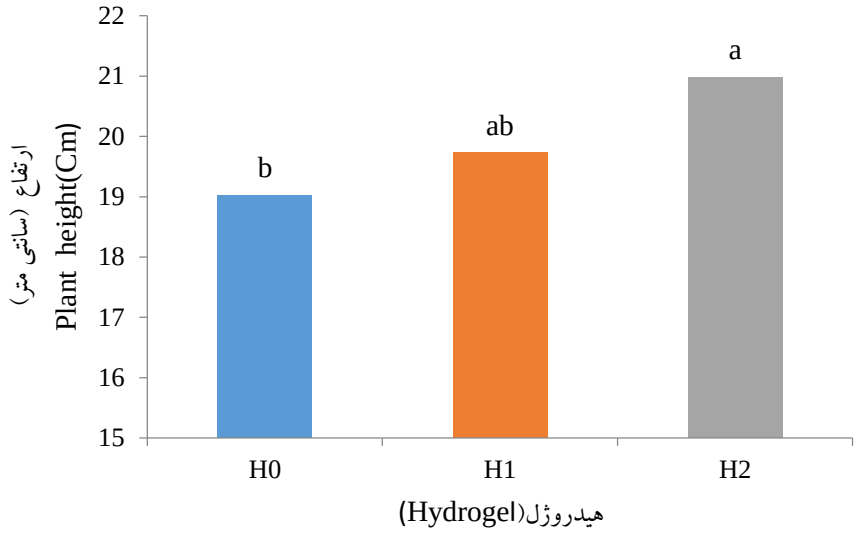
جدول ۴- تجزیه واریانس تاثیر هیدروژل و روی بر برخی ویژگی‌های نعناع.

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
50.66 ns	32136.01**	1.08 ns	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 غیر معنی‌دار

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



شکل۸- مقایسه میانگین تاثیر هیدروژل بر ارتفاع نعناع.

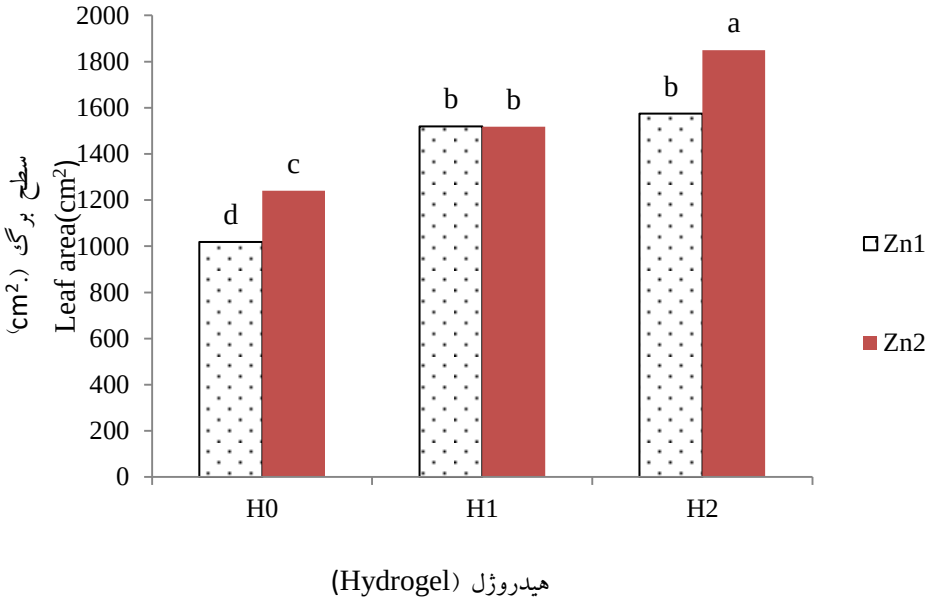
H0:: شاهد، H1:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و H2: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

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 ($p \leq 0.05$).

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(جدول۴). همچنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل هیدروژل و روی بر سطح برگ نعناع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۴). هیدروژل و روی، سطح برگ نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند(شکل۹). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ 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 به مدت طولانی‌تر، تثبیت مناسب دی-اکسیدکربن، افزایش وزن اندام هوایی و به‌تبع افزایش عملکرد گیاه می‌شود.



شکل۹- مقایسه میانگین اثر متقابل هیدروژل و روی بر سطح برگ نعناع.

H0::شاهد، H1:: 005/0 درصد وزنی هیدروژل و H2: 01/0 درصد وزنی هیدروژل. ZN1::کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ZN2::کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

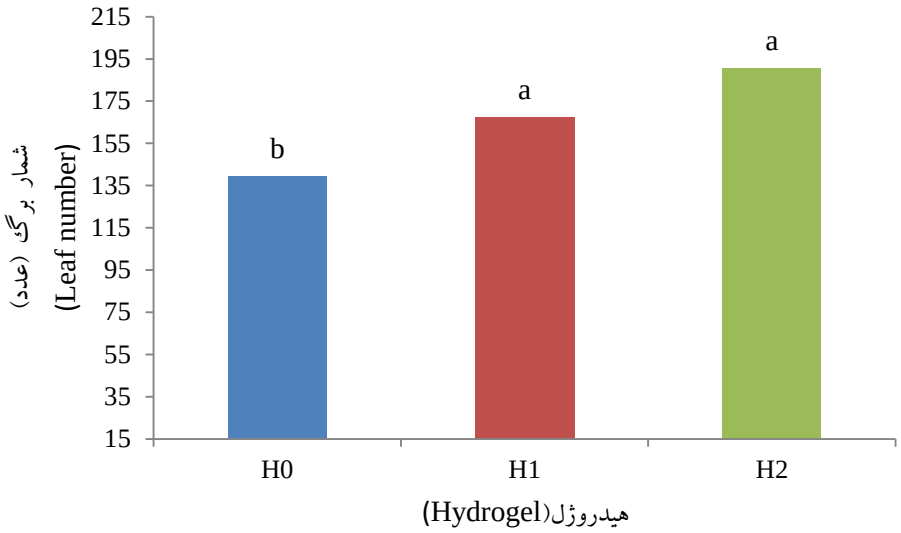
Figure 9. Mean comparison interaction effect of hydrogel and zinc on Leaf area.

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 ($p \leq 0.05$).

تعداد برگ نعناع

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر تعداد برگ نعناع در سطح یک درصد

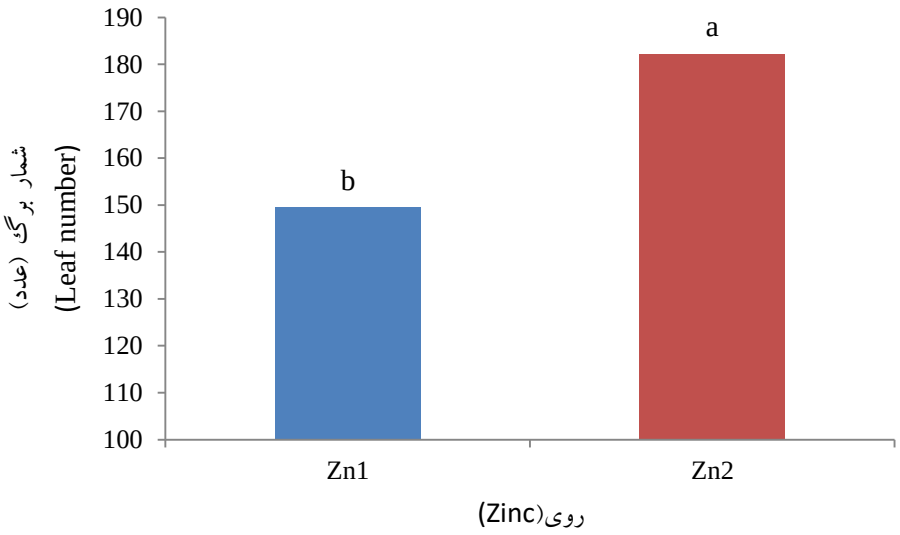
معنی‌دار بود (جدول۴). هیدروژل، تعداد برگ نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد(بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱۰). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیشترین تأثیر را بر افزایش تعداد برگ (۱۵/۳درصد) نعناع داشت (شکل ۱۰). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که روی از منبع کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر بیشتری بر افزایش تعداد برگ (۱۵/۱درصد) 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).



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

H0: شاهد، **H1**: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: 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 ($p \leq 0.05$).



شکل ۱۱- مقایسه میانگین تاثیر 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 ۴۰ 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.
Zn1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn2: 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 (جدول۵). 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 به طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل ۱۲). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ 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 تاثیر مقدار روی قابل جذب به واسطه 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(۲۴) می-باشد(۲۳). عناصر کم مصرف مانند روی و آهن با

متابولیسم فتوسنتز و ساخت پروتئین در گیاه مرتبط هستند(۲۵).

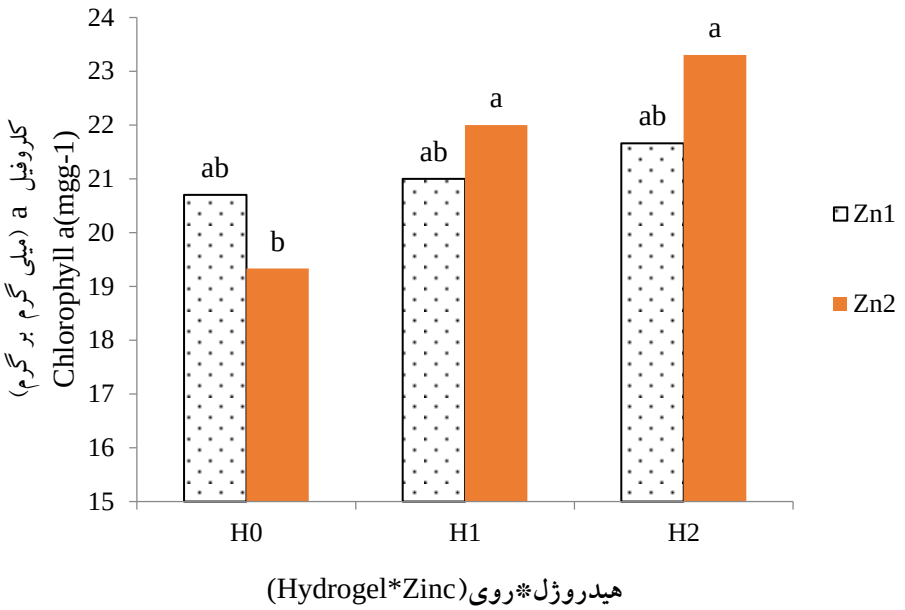
جدول۵- تجزیه واریانس تاثیر هیدروژل و روی بر رنگدانه های فتوسنتزی.

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 غیر معنی‌دار

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



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

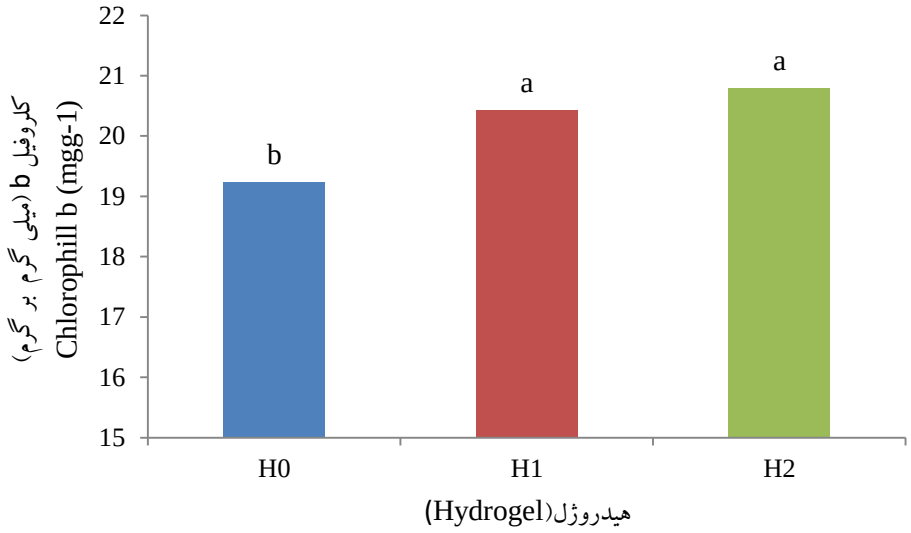
H0:: شاهد، **H1**:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل. **ZN1**:: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، **ZN2**:: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

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 ($p \leq 0.05$).

کلروفیل b

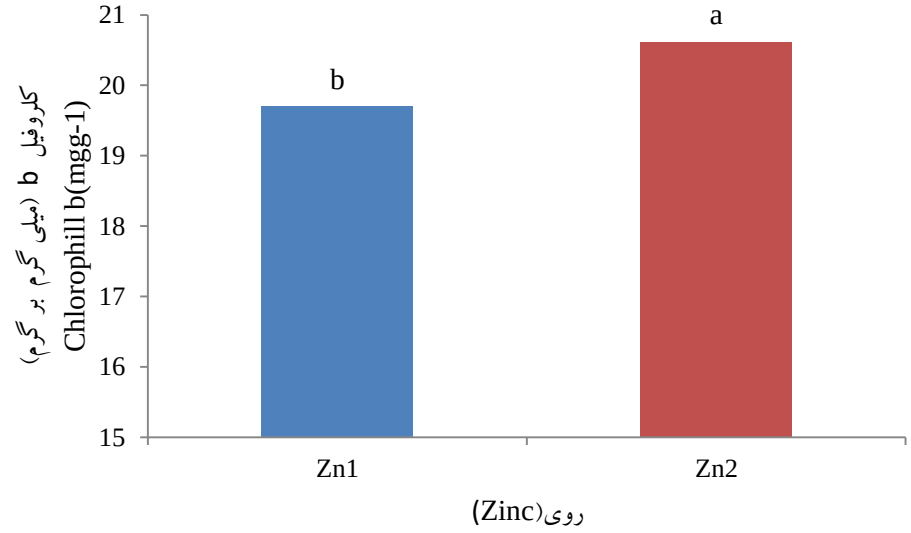
نتایج تجزیه واریانس در(جدول ۵) نشان می دهد که اثر اصلی هیدروژل و روی بر میزان کلروفیل b نعناع معنی‌دار بود. هیدروژل، میزان کلروفیل b نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد(بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد(شکل۱۳). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیشترین تأثیر را بر افزایش میزان کلروفیل b نعناع داشت (شکل ۱۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که روی از منبع کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ 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 ۱۴).



شکل ۱۳- مقایسه میانگین تاثیر هیدروژل بر کلروفیل b.

H0: شاهد، **H1**: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: 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 ($p \leq 0.05$).



شکل ۱۴- مقایسه میانگین تاثیر روی بر کلروفیل b.

Zn1: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، **Zn2**: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ 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.
Zn1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha). Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test ($p \leq 0.05$).

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(جدول۶). 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 ۶). هیدروژل و روی، غلظت روی اندام هوایی نعناع (۱۵/۳درصد) را در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل۱۵). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تأثیر را بر افزایش غلظت روی اندام هوایی نعناع داشتن د(شکل۱۵).

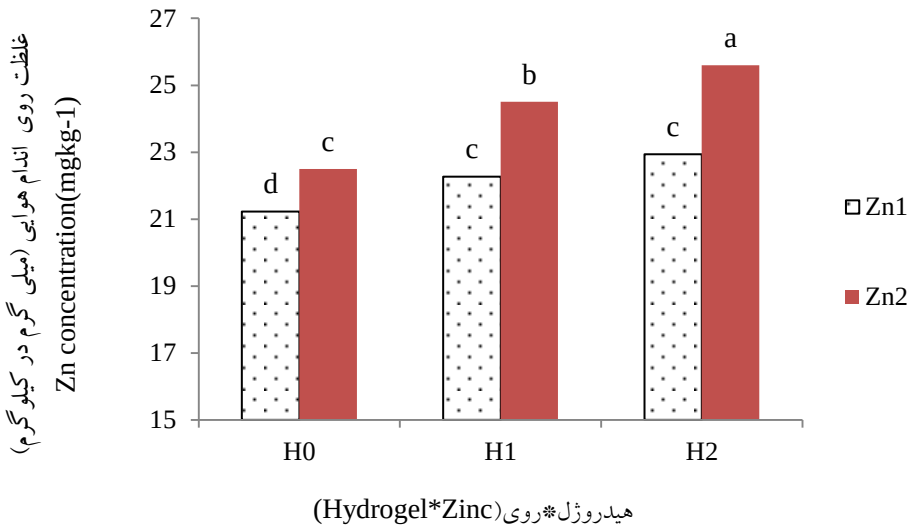
جدول۶- تجزیه واریانس تاثیر هیدروژل و روی بر غلظت و جذب روی در اندام هوایی نعناع.

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.

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

**معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، *معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ^{ns} غیر معنی‌دار

** 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.

H0:: شاهد، **H1**:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل. **Zn1** : کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، **Zn2**:: کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ 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.

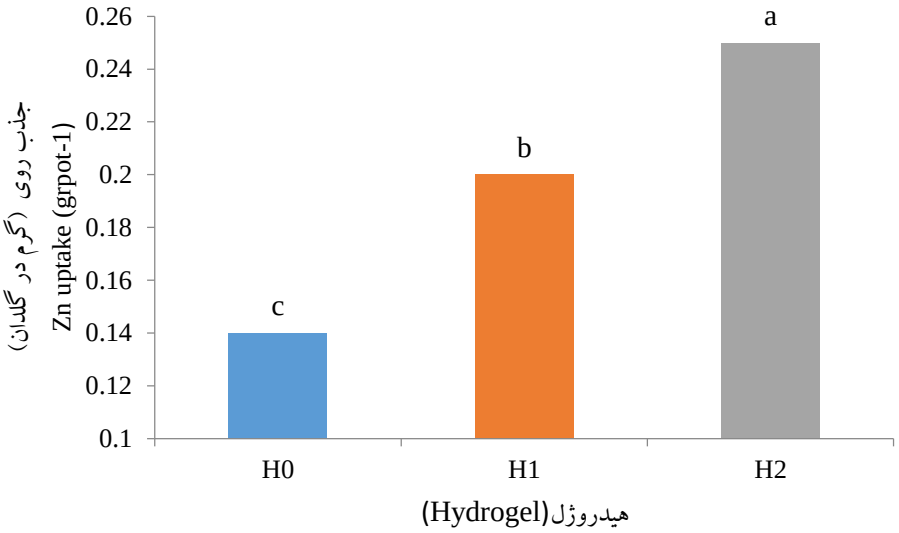
H_0: control, H_1: Hydrogel (0.005%), H_2: Hydrogel (0.01%), Zn_1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn_2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha). Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test ($p \leq 0.05$).

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 ۶). هیدروژل، جذب روی در اندام هوایی نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل۱۶). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بیشترین تأثیر (۴۱/۶ درصد) را بر افزایش جذب روی در اندام هوایی نعناع داشت (شکل۱۶). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که روی از منبع کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ 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(شکل۱۷). 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 به دلیل افزایش قابلیت دسترسی روی باشد. به عبارت 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 ۴۰ کیلوگرم در هکتار خاک بیشترین غلظت روی در اجزاء تبادلی و آلی در فاز جامد خاک را به خود

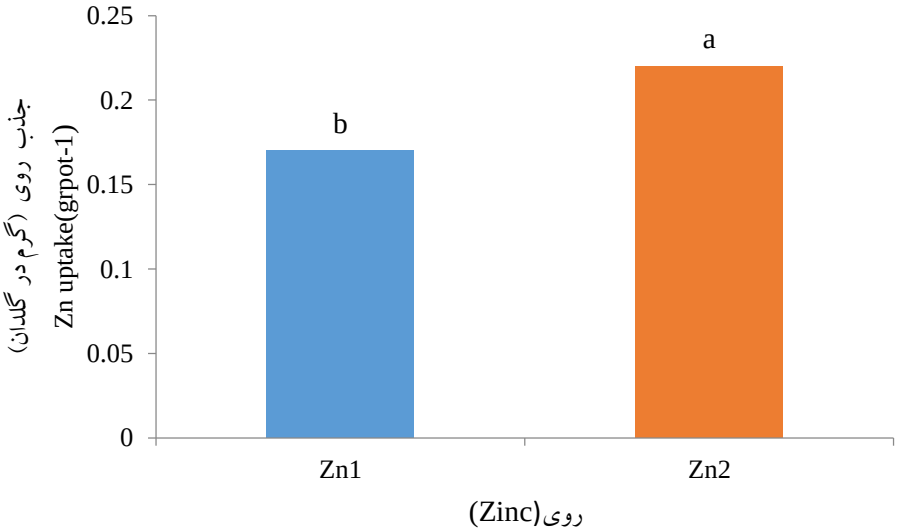
اختصاص داد که این رخداد با افزایش معنی‌دار غلظت و جذب روی نعناع در این تیمار همراه بوده است .تغییرات در غلظت کربن آلی محلول روند مشابهی با غلظت و جذب روی در نعناع داشت. به عنوان مثال، هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی، کمترین و بیشترین مقدار کربن آلی محلول را به خود اختصاص داد، که با بیشترین مقدار غلظت 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 ۱۶- مقایسه میانگین اثر اصلی هیدروژل بر جذب روی اندام هوایی نعناع.

H0:: شاهد، **H1**:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: 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 ($p \leq 0.05$).



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

ZN1:کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، **ZN2:**کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

Figure 17. Mean comparison effect of zinc on Zn uptake.
Zn1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn2: 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 (جدول۷). 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 (۱۴/۲درصد) را در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی-داری افزایش دادند (شکل۱۸). هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی و کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تأثیر را بر افزایش درصد اسانس نعناع (۱۴/۲درصد) داشتند (شکل ۱۸).

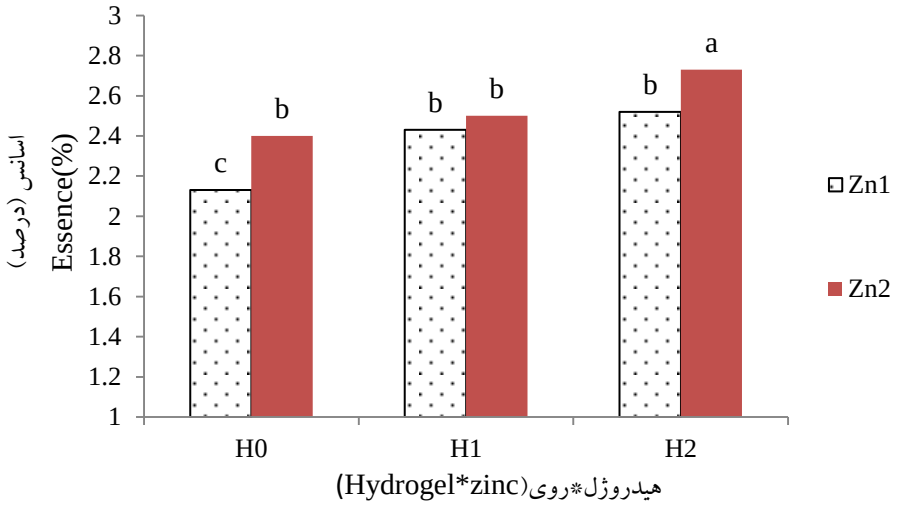
جدول۷- تجزیه واریانس تاثیر هیدروژل و روی بر درصد و عملکرد اسانس نعناع.

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

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

**معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، *معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ^{ns} غیر معنی‌دار

** is significant at 1% , * is significant at 5% , ^{ns} is nonsignificant



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

H0 : شاهد، **H1**:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: ۰/۰۱ درصد وزنی هیدروژل. **Zn1** : کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، **ZN2:** کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون توکی در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

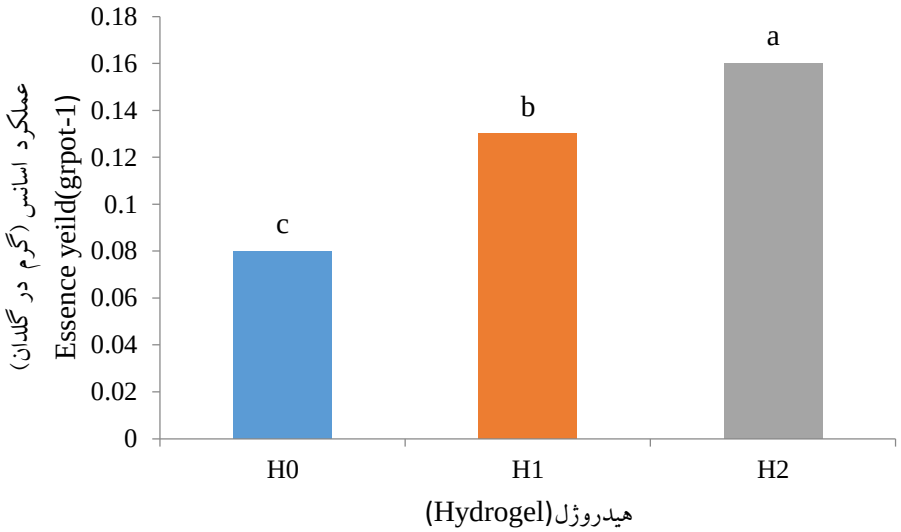
Figure 18. Mean comparison interaction effect of hydrogel and zinc on Essence.

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 ($p \leq 0.05$).

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 (جدول۷). هیدروژل، عملکرد اسانس نعناع را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد هیدروژل) به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل۱۹). 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 ۴۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد اسانس نعناع در مقایسه با کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار داشت(شکل۱۸). استفاده از هیدروژل به علت افزایش برگ و سرشاخه‌ها باعث افزایش درصد اسانس می شود (۲۶). 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 یافته های (۲۷) روی گیاه رزماری و (۲۸) روی گیاه پونه کوهی همخوانی دارد.

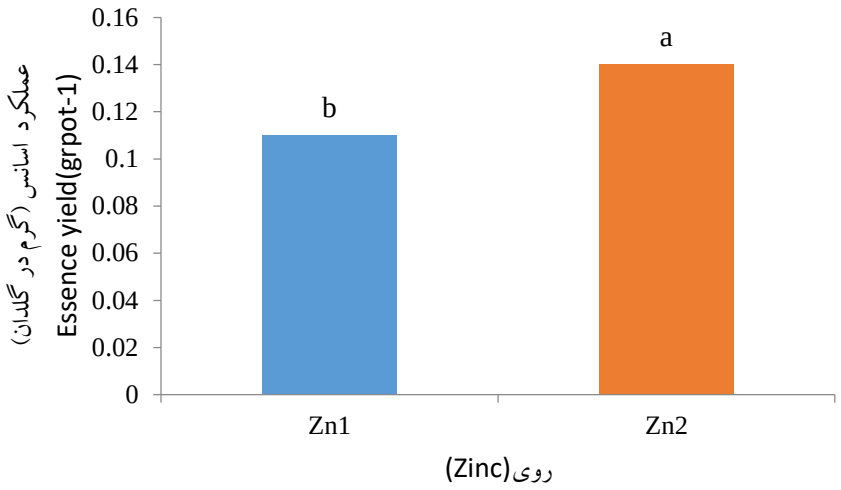
با افزایش غلظت مس و روی در خاک، جذب این عناصر به وسیله گیاه افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه این عناصر جزء عناصر کم مصرف و به مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشند، پس در غلظت های پایین باعث تحریک رشد، فتوسنتز و توسعه پوشش گیاهی می‌شوند که به تبع آن عملکرد اسانس که از حاصلضرب درصد اسانس و ماده خشک به دست 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،و۳۴). با توجه به این‌که متابولیت‌های ثانویه از فتوسنتز گیاه به وجود می‌یند، 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 تحقیق 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.

H0 : شاهد، **H1**:: ۰/۰۰۵ درصد وزنی هیدروژل و **H2**: 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 ($p \leq 0.05$).



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

ZN1: **کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ZN : کود شیمیایی سولفات روی به مقدار ۴۰ 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.
Zn1: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (20 Kg/ha), Zn2: Chemical fertilizer of Zinc sulfate (40 Kg/ha). Same letters mean no statistical difference between treatments at Tukey's test ($p \leq 0.05$).

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که pH و کربن آلی محلول تحت تأثیر هیدروژل قرار گرفت. هیدروژل به دلیل 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 ۴۰ کیلوگرم در هکتار) بود. عملکرد گیاه نعناع به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ژلکود روی قرار گرفت. بیشترین عملکرد ریشه و اندام هوایی در تیمار هیدروژل به مقدار ۰/۰۱ درصد وزنی بدست 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 ۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تأثیر را بر افزایش درصد اسانس نعناع داشت. به طور کلی 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.

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/molecules25010059

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.0000030170.49493.5f**

13. Kurepa, J., Paunesku, T., Vogt, S., Arora, H., Rabatic, B. M., Lu, J., ... & Smalle, J. A. (2010). Uptake and distribution of ultrasmall anatase TiO2 Alizarin red S nanoconjugates in Arabidopsis thaliana. *Nano letters*, *10*(7), 2296-2302. **Doi:10.1021/nl903518f**

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 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/sssaj1978.03615995004200030009x**

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

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