



Investigating Some Growth Indicators, Electrolyte Leakage and Relative Water Content of Basil Under Irrigation Levels and Nanozeolite

Semane Nouri¹ | Javad Bahmanesh^{2✉} | Vahid RezavardiNejad³ |
Sahebali Bolandnazar⁴ | Abolfazl Majnooni Haris⁵ | Nasrin Azad⁶

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. E-mail: s.noori@urmia.ac.ir
2. Corresponding author, Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. E-mail: j.bahmanesh@urmia.ac.ir
3. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. E-mail: v.verdinejad@urmia.ac.ir
4. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. E-mail: bolandnazar@tabrizu.ac.ir
5. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. E-mail: majnooni@tabrizu.ac.ir
6. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. E-mail: n.azad@urmia.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 3 June 2023
Received in revised form
4 August 2023
Accepted 19 August 2023
Published online 17 January 2024

Keywords:

Basil
Irrigation regimes
Nano-super absorbent
Plant physiological indicators

ABSTRACT

One of the new ways to save water and reduce irrigation costs is the use of superabsorbents. Since the zeolite nanoparticle has a larger specific surface area, it can absorb water and nutrients and release them when the plant needs them. A two-year greenhouse experiment was conducted to investigate the effect of different levels of irrigation and nanozeolite on growth indicators, relative water content and ion leakage in basil plants. The experiment was done as chopped plots in the form of randomized complete blocks with three replications. The experimental treatments included irrigation levels at three levels (I1 = 0.75 FC or underwatering, FC = I2 or normal irrigation and I3 = 1.25 FC or overwatering) and nanozeolite superabsorbent levels in four levels (Z0 without superabsorbent, Z5 five grams of superabsorbent per kilogram of soil, Z10, 10 grams of superabsorbent per kilogram of soil and Z15 was 15 grams of superabsorbent per kilogram of soil). The results showed that with the increase in drought severity, diameter and height growth and other traits such as the number of leaves, leaf surface, weight of dry matter (biomass) of basil, the irrigation level decreased significantly by 75Percent, leading to a decrease in vegetative traits, a decrease in the relative water content of the leaves, and increased ionic leakage, also the results showed that the use of nanozeolite has a significant effect at the level of 1Percent on the investigated parameters, so that the use of this superabsorbent in the amount of 5 and 10 grams per kilogram of soil in all irrigation treatments (I1, I2, I3) by increasing the height of the plant stem by 22 and 30Percent in two consecutive years, as well as increasing the diameter of the basil stem by 33 and 29Percent respectively, increasing the number of lateral branches of basil in two years by 90 and 89Percent, respectively. The increase in the number of basil leaves was 49 and 76Percent, respectively, and the growth of the leaf surface was also increased by 25 and 19Percent, respectively. The dry weight of the plant increased by 40Percent and 30Percent, respectively, and the relative water content of the leaves increased by 14Percent and 7Percent in two consecutive years. In electrolyte leakage, contrary to the previous parameters, the application of superabsorbent reduced the ionic leakage of basil, but with the application of low irrigation, we saw an increase in this parameter. This study showed that there is a statistically significant difference ($P > 0.5$) in the yield of the crop among treatments Z5. There is no Z10.

Cite this article: Nouri, S., Bahmanesh, J., RezavardiNejad, V., Bolandnazar, S., Majnooni Haris, A., & Azad, N. (2024). Investigating Some Growth Indicators, Electrolyte Leakage and Relative Water Content of Basil Under Irrigation Levels and Nanozeolite. *Journal of Water and Irrigation Management*, 13 (4), 873-887. DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2023.360144.1082>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2023.360144.1082>

Publisher: The University of Tehran Press.



بررسی برخی شاخص‌های رشد، نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب ریحان تحت سطوح آبیاری و نانوزئولیت

سمانه نوری^۱ | جواد بهمنش^۲ | وحید رضاوردی نژاد^۳ | صاحبعلی بلندنظر^۴ | ابوالفضل مجنونی هریس^۵ | نسرين آزاد^۶

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران. رایانامه: n.noori@urmia.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران. رایانامه: j.behmanesh@urmia.ac.ir
۳. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران. رایانامه: v.verdinejad@urmia.ac.ir
۴. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران. رایانامه: bolandnazar@tabrizu.ac.ir
۵. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران. رایانامه: majnooni@tabrizu.ac.ir
۶. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران. رایانامه: n.azad@urmia.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

یکی از روش‌های نوین صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش هزینه‌های آبیاری استفاده از سوپرجاذب‌ها می‌باشد. از آنجاکه نانوذره زئولیت سطح ویژه بزرگ‌تری دارد، لذا می‌تواند آب و عناصر غذایی را جذب کرده و در زمان نیاز گیاه آزاد نماید. آزمایشی گلخانه‌ای دو ساله برای بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و نانوزئولیت بر شاخص‌های رشدی، محتوای نسبی آب و نشت یونی در گیاه ریحان اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح آبیاری در سه سطح (FC=0/75 یا I1 یا کم آبیاری، FC=FC یا I2 یا آبیاری نرمال و FC=1/25 یا I3 یا بیش آبیاری) و سطوح سوپرجاذب نانوزئولیت در چهار سطح (Z0 بدون سوپرجاذب، Z5 پنج گرم سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک، Z10 ۱۰ گرم سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک و Z15 ۱۵ گرم سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک) بود. نتایج نشان داد با افزایش شدت خشکی، رشد قطری و ارتفاعی و سایر صفات مانند تعداد برگ، سطح برگ، وزن ماده خشک (زیست‌توده) ریحان به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت سطح آبیاری ۷۵ درصد منجر به کاهش صفات رویشی، کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی گردید، همچنین نتایج نشان داد استفاده از نانوزئولیت اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر پارامترهای موردبررسی دارد، به‌طوری‌که کاربرد این سوپرجاذب به مقدار پنج و ۱۰ گرم در هر کیلوگرم خاک در تمام تیمارهای آبیاری (I1، I2 و I3) به‌ترتیب موجب افزایش ۲۲ و ۳۰ درصدی ارتفاع ساقه گیاه در دو سال متوالی، همچنین افزایش قطر ساقه ریحان به‌ترتیب به میزان ۳۳ و ۲۹ درصد، بالا رفتن تعداد شاخه‌های جانبی ریحان نیز در دو سال به‌ترتیب به مقدار ۹۰ و ۸۹ درصد، ازدیاد تعداد برگ‌های ریحان نیز به‌ترتیب برابر با ۴۹ و ۷۶ درصد، رشد سطح برگ نیز به‌ترتیب با افزایش ۲۵ و ۱۹ درصدی مواجه شد. وزن خشک گیاه نیز افزایش ۴۰ و ۳۰ درصدی را به‌ترتیب داشتند، محتوای نسبی آب برگ نیز با افزایش ۱۴ و هفت درصدی در دو سال متوالی روبه‌رو شد. در نشت الکترولیت برعکس پارامترهای قبلی، کاربرد سوپرجاذب باعث کاهش نشت یونی ریحان شد، اما با اعمال کم آبیاری شاهد افزایش این پارامتر بودیم. این مطالعه نشان داد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ($P > 0.05$) در عملکرد محصول در بین تیمارهای Z5 و Z10 وجود ندارد.

تاریخ دریافت: ۱۳/۰۳/۱۴۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۳/۰۵/۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۲۸/۰۵/۱۴۰۲

تاریخ انتشار: ۲۷/۱۰/۱۴۰۲

کلیدواژه‌ها:

رژیم‌های آبیاری

ریحان

شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه

نانوسوپرجاذب

استناد: نوری، سمانه؛ بهمنش، جواد؛ رضاوردی نژاد، وحید؛ بلندنظر، صاحبعلی؛ مجنونی هریس، ابوالفضل و آزاد، نسرين (۱۴۰۲). بررسی برخی شاخص‌های رشد، نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب ریحان تحت سطوح آبیاری و نانوزئولیت. نشریه مدیریت آب و آبیاری، ۱۳ (۴)، ۸۷۳-۸۸۷.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2023.360144.1082>



۱. مقدمه

تنش خشکی از بحرانی‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان و کاهش تولید محصول شناخته شده است (Bowden *et al.*, 2010). براساس مطالعات صورت‌گرفته در سطح جهان میزان کاهش عملکرد گیاه بر اثر تنش خشکی ۵۰ درصد گزارش شده است (Rahbarian *et al.*, 2011).

با توجه به مسأله تغییر اقلیم و خشکی که سطح وسیعی از کشورمان را در بر گرفته است، استفاده از سوپرچادب‌ها از جمله راه‌کارهای افزایش بهره‌وری آب است که منجر به بهبود عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی شده و باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌گردد (Sharifan *et al.*, 2013).

کاهش تلفات آب مصرفی همواره موردنظر متخصصین کشاورزی بوده است. یکی از روش‌های نوین صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش هزینه‌های آبیاری استفاده از سوپرچادب‌هاست که در اثر جذب آب متورم شده و پس از تخییر تدریجی آب به حالت اولیه خود باز می‌گردند. آب جذب‌شده به مرور زمان و با سرعتی کاملاً کنترل شده به محیط خشک اطراف نشت می‌کند، در نتیجه خاک به مدت نسبتاً طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند (Abhari *et al.*, 2017). مزایای کاربرد پلیمرهای سوپرچادب در کشاورزی عبارت است از استفاده بهینه از آب و کود، جلوگیری از تنش‌های ناشی از نوسان رطوبتی، بهبود شرایط فیزیکی خاک، بالابردن ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک و افزایش بازده محصول است (Moslemi *et al.*, 2011). زئولیت‌ها شامل گروه وسیعی از آلومینوسیلیکات‌های هیدراته هستند که یک شبکه تتراهدرال از اتم‌های اکسیژن در اطراف اتم‌های سلیسیم و آلومینیوم دارند. طبیعت متخلخل این کانی باعث افزایش سطح ویژه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی آن می‌شود (Litaor *et al.*, 2017). علاوه بر این، زئولیت‌ها اصلاح‌کننده‌هایی هستند که می‌توانند نقش مؤثری در کاهش آبهویی نیترات در خاک ایفا کنند (Malekian, 2011). توانایی تبادل یونی، جذب سطحی و نفوذ از مهم‌ترین خواص مواد میکرومتخلخل (نانوزئولیت) به‌شمار می‌رود (Baruah and Dutta, 2009). از آنجاکه نانوذره زئولیت سطح ویژه بزرگ‌تری دارد بسیاری از عناصر غذایی را جذب کرده و زمانی که گیاه لازم داشته باشد آزاد می‌کند (Naderi *et al.*, 2013). با مطالعه تأثیر نانوزئولیت روی *Rhapsody clementine* مشخص شد استفاده این ماده به میزان سه گرم در هر گلدان، افزون بر کاهش تأثیر منفی کم‌آبیاری، باعث افزایش چند برابری جذب عناصر سفر و پتاسیم در تیمارهای حاوی آن‌ها می‌شود. همچنین کاربرد آن افزایش سطح برگ، تاج پوشش و وزن تر و کاهش نشت یونی و افزایش کلروفیل برگ را در برداشته است (Khoshbin *et al.*, 2017).

ریحان با نام علمی (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان بومی آسیا و از تیره نعناعیان است (Peyvandi *et al.*, 2011). اسانس گیاه ریحان در صنایع دارویی، غذایی، عطرسازی و بهداشتی به‌کار می‌رود. ریحان بیش از ۳۰ گونه دارد که از بین آن‌ها ریحان معمولی مهم‌ترین گونه اقتصادی است و کشت آن در سراسر دنیا انجام می‌گیرد. این گونه شامل بیش از ۶۰ واریته است و تقریباً در بیش‌تر نقاط ایران از جمله شمال غرب (تبریز و ارومیه)، شمال (مازندران)، شمال شرق (خراسان)، غرب (همدان و خرم‌آباد) و حوالی تهران (ورامین، شهر ری و کرج) کشت می‌شود. با توجه به تنوع آب‌وهوایی و شرایط اکولوژیکی متنوع در سراسر ایران، لزوم پژوهش‌های همه‌جانبه و بهره‌برداری بهینه از این نوع گیاهان دارویی ضروری است (Sarai Tabrizi *et al.*, 2016). مطالعه‌ای درخصوص اثر سوپرچادب (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد ارزن علوفه‌ای تحت تنش آبی (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) نشان داد که بین میزان کلروفیل و درصد نیتروژن برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0/97^{**}$) وجود داشت. همچنین، بین این دو پارامتر با وزن علوفه تر، خشک، عملکرد پروتئین و درصد لیاف خام علوفه نیز همبستگی معنی‌داری دیده شد. با افزایش

تنش خشکی، صفات اندازه‌گیری شده روند کاهش نشان دادند. پلیمر سوپرچاذب موجب افزایش وزن تر و خشک علفه، شاخص‌های رشد و خصوصیات کیفی ارزن علفه‌ای گردید. میانگین وزن علفه تر، میزان کلروفیل، محتوای پروتئین و درصد الیاف علفه در سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد تفاوتی نداشتند. استفاده از سوپرچاذب باعث ۲۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب شد (Keshavarz et al., 2013). De Smedt et al. (2017) در پژوهشی به بررسی اثر زئولیت (اسپری شده روی برگ) بر فتوسنتز گیاه پرداختند. نتایج نشان داد که زئولیت‌ها قادر به جذب CO₂ هوا هستند، که ممکن است روی فتوسنتز برگ تأثیر بگذارد، همچنین دمای برگ را با بازتاب مادون قرمز کاهش دهند که این خواص منجر به کاهش میزان تعرق شده و می‌تواند راندمان مصرف آب، عملکرد و کیفیت میوه را بهبود ببخشد. Zheng et al. (2018) در بررسی کاربرد زئولیت بر روی برنج تحت شرایط تنش کم‌آبی در تمام مراحل اندازه‌گیری شده به جز پنجه زنی، با اثرات معنی‌دار مصرف زئولیت بر صفاتی چون عملکرد، میزان فتوسنتز، کارایی مصرف آب و شاخص سطح برگ مواجه شدند. همچنین آنان نشان دادند که مصرف زئولیت به میزان ۱۵ تن در هکتار می‌تواند باعث کاهش مصرف آب آبیاری، افزایش عملکرد دانه و بهبود کیفیت دانه در برنج شود.

بررسی منابع نشان می‌دهد آثار مختلف سطوح آبیاری و سطوح سوپرچاذب بر گیاهان مختلف، متفاوت می‌باشد و برای در دست داشتن اطلاعات درست از کشت گلخانه‌ای و آثار موارد فوق بر شاخص‌های رشدی و فیتوشیمیایی گیاه ریحان باید آزمایش‌های جامعی صورت گیرد تا بتوان به نتایج قطعی‌تری دست یافت. لذا هدف اصلی از این پژوهش مطالعه بررسی تأثیر همزمان سطوح مختلف نانوزئولیت و آبیاری قطره‌ای بر روی شاخص‌های رشدی گیاه ریحان در کشت گلخانه‌ای می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱ دقیقه و ۲۲ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ۱۶ ثانیه شرقی و با ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا، در دوسال متوالی، تیرماه تا شهریورماه ۱۴۰۰ و خردادماه تا مردادماه ۱۴۰۱ انجام شد. جدول (۱) مقادیر روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در داخل گلخانه در طول مدت کشت را نشان می‌دهد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تیمار آبیاری در سه سطح (FC/۷۵۰ یا کم‌آبیاری، FC یا آبیاری نرمال و FC/۲۵۱ یا بیش‌آبیاری) و تیمار سوپرچاذب با ذرات نانوزئولیت در چهار سطح (صفر، پنج، ۱۰ و ۱۵ گرم در کیلوگرم سوپرچاذب به ترتیب Z0، Z5، Z10 و Z15) بود. تیمار آبیاری نرمال بدون سوپرچاذب به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

Table 1. Meteorological parameters for 2021-2022 growth season

Year	Month	Average air temperature (°C)	Average relative humidity (%)	Average pressure (hPa)	Radiation (w/m ²)
2021	July	26.78	45.36	830.95	346.20
2021	August	26.20	42.34	833.36	325.78
2022	June	27.81	38.71	831.35	399.83
2022	July	27.84	37.82	831.40	414.70

خاک موردنیاز برای پژوهش، از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی از عمق صفر-۳۰ سانتی‌متر تهیه شد. پس از هواخشک کردن و عبور خاک از الک دو میلی‌متری، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آن اندازه گرفته شد. با توجه به جدول (۲)، بافت خاک مورد مطالعه Sandy Loam می‌باشد.

Table 2. Some physical and chemical properties of the soil samples

Soil depth (cm)	FC (%Wt)	PWP (%Wt)	pb (gr/cm ³)	ps (gr/cm ³)	Ec (ds/m)	PH (1:10)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	T.N (%)	O.C (%)
0-30	16.8	11.90	1.38	2.61	1.58	7.65	62	24	14	0.05	0.48

سوپر جاذب مورد استفاده در این آزمایش نانوزئولیت کلینوپتیلولایت بود که از شرکت معدنی کسری کانی نصر واقع در آب سرد دماوند تهیه گردید. جدول (۳) خصوصیات شیمیایی نانوزئولیت را نشان می‌دهد.

Table 3. Chemical properties of nanozeolite

Sample	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	S (%)	L.O.I (%)	Sr (ppm)
Green	72.98	11.63	1.29	1.53	1.89	2.68	0.56	0.188	0.015	0.052	0.02	6.89	2514

جهت تشخیص اندازه ذرات سوپر جاذب از میکروسکپ الکترونی گسیل میدانی FESEM با مدل MIRA3TESCAN- XMU استفاده شد. همان‌طور که در تصاویر دریافتی از آنالیز SEM مشاهده می‌شود (شکل ۱)، اندازه ذرات در مقیاس نانو می‌باشد چراکه تمامی ابعاد ذرات زیر ۵۰ نانومتر می‌باشند. طبق اعلام کارشناسان مرکز رازی و اطلاعات قبلی ذراتی که ابعاد زیر ۵۰ نانومتر دارند در دسته نانوذرات قرار می‌گیرند (Heydari et al., 2017).

پژوهش در گلدان‌هایی با ابعاد قطر بالایی ۲۳ سانتی‌متر، ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر و قطر پایینی ۱۸ سانتی‌متر انجام شد. در کف گلدان‌ها به ارتفاع دو سانتی‌متر، شن درشت به‌عنوان زهکش قرار گرفت تا باعث بهبود زهکشی خاک گلدان شود. پس از اختلاط خاک با نانوذرات سوپر جاذب براساس تیمارهای آزمایش، در گلدان‌ها ریخته شد. به‌منظور کشت گیاه، ابتدا بذر ریحان در سینی‌های کشت با بستر ترکیب پیت‌ماس و پرلیت کشت شد. بعد از رسیدن میانگین ارتفاع بوته‌ها به ۷ تا ۸ سانتی‌متر (سه هفته بعد از کشت بذر در سینی)، بوته‌ها به بستر اصلی انتقال داده شدند. برای کوددهی براساس آنالیز خاک و نیاز کودی گیاه ریحان (Daneshian et al., 2009)، حین انتقال بوته‌های ریحان سوپرفسفات‌تریپل به میزان ۰/۱۵ گرم در هر گلدان و آمونیوم‌نیترات در سه نوبت به‌صورت کودآبیاری به میزان تقریباً دو گرم در هر گلدان در طول فصل کشتانجام شد.

در طول دوره رشد و انتهای رشد شاخص‌های رشدی و مورفولوژیک گیاه ریحان اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع ساقه از خط‌کش استفاده شد. قطر ساقه با کولیس دیجیتالی، سطح برگ با دستگاه Leaf Area meter مدل LI 3100 AREA METER و وزن تر و خشک گیاه با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. هم‌چنین تعداد برگ و تعداد ساقه جانبی شمارش شد. محتوای نسبی آب برگ‌ها (RWC) طبق روش Barrs et al. (1962) اندازه‌گیری شد. به این منظور، قطعات برگ‌ها ابتدا با ترازوی حساس وزن شدند و وزن آن‌ها به‌عنوان وزن تر در نظر گرفته شد. سپس برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت درون پتری‌دیش حاوی آب مقطر قرار داده شدند. پس از توزین، وزن نمونه‌ها به‌عنوان وزن تورژسانس (آماس) در نظر گرفته شد. در مرحله بعدی، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار

گرفتند و وزن حاصل از آن‌ها به‌عنوان وزن خشک در نظر گرفته شد. میزان محتوای نسبی آب برحسب درصد و از طریق رابطه (۱) به‌دست آمد.

$$\text{رابطه (۱)} \times 100 = \frac{(\text{وزن خشک} - \text{وزن آماس})}{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})} = \text{محتوای نسبی آب برگ (درصد)}$$

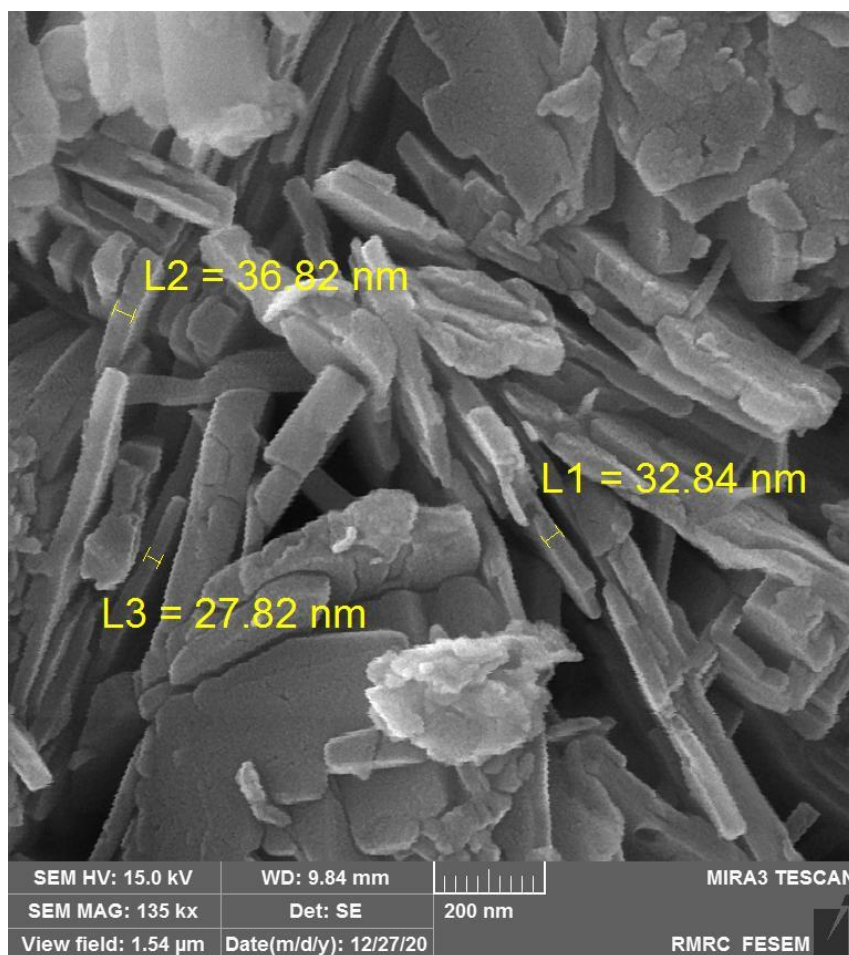


Figure 1. Analysis of super absorbent nano particles by SEM method

در پژوهش میزان نشت الکترولیت‌ها از بافت برگ به‌عنوان شاخصی از میزان پایداری غشای سلولی^۳ (CMS) اندازه‌گیری گردید (Borojerdnia *et al.*, 2016). به این منظور از هر گلدان دو برگ کاملاً توسعه یافته انتخاب و روی یخ قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه اقدام به تهیه چند دیسک از هر نمونه گردید و سپس دیسک‌ها داخل فالكون ۱۰ میلی‌لیتری حاوی آب مقطر قرار گرفت. پس از گذشت ۲۴ ساعت که فالكون‌ها در اتاق تاریک با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشتند، هدایت الکتریکی محلول‌ها اندازه‌گیری شد (EC₁)^۴. سپس فالكون‌ها در دستگاه بن‌ماری با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد از گذشت ۹۰ دقیقه، دوباره هدایت الکتریکی محلول‌ها اندازه‌گیری شد (EC₂). در نهایت به‌منظور تعیین میزان نشت الکترولیت‌ها^۵ (EL) از بافت برگ، از رابطه (۲) استفاده شد:

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{EL} = \frac{EC_1}{EC_2} * 100$$

در این پژوهش برای آبیاری گلدان‌ها از سیستم آبیاری قطره‌ای با قطره‌چکان‌های درون خطی با دبی ۲ لیتر در ساعت استفاده شد. آبیاری در فواصل سه روزه انجام شد. در این آزمایش رطوبت خاک با روش‌های مختلف اندازه‌گیری شد و روش TDR^۶ به‌عنوان پایه آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. برخی از خواص شیمیایی آب آبیاری در جدول (۴) آورده شده است.

Table 4. Results of chemical analysis of irrigation water in the greenhouse

F ⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	Br ⁻ (ppm)	NO ₂ ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁺ (ppm)	Li ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ⁺ (ppm)	Mg ⁺ (ppm)	Ec (µS/cm)	PH
0.22	12.86	0.04	0.90	7.74	19.49	0.02	24.90	5.49	32.93	10.40	300	6.95

برای تعیین میزان آب آبیاری، سطوح رطوبتی گلدان‌ها در روزهای آبیاری قبل از شروع آبیاری با دستگاه TDR150 اندازه‌گیری می‌شد. دستگاه شامل یک پروب ۱۲ سانتی‌متری بود که رطوبت خاک را به‌صورت درصد حجمی اندازه‌گیری می‌کرد. با توجه به میزان رطوبت خاک و تیمار آبیاری، مقدار آب مورد نیاز هر گلدان تعیین و سپس آبیاری انجام می‌شد. آبیاری در ساعت ۱۷-۱۸ عصر روزهای آبیاری صورت می‌گرفت. قبل از شروع آزمایش، دستگاه با روش oven-drying (105 °C, 8 h) کالیبره شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به‌کمک نرم‌افزار SAS صورت گرفت و از آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. ارتفاع بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) بیانگر معنی‌دار بودن اثر آبیاری و نانوزئولیت بر ارتفاع گیاه ریحان در سطح احتمال یک درصد در سال اول و دوم کشت بود. همچنین ارتفاع بوته تحت تأثیر برهم‌کنش (اثر متقابل) سطوح آبیاری و نانوزئولیت در سطح احتمال یک درصد در دو سال متوالی بود (جدول ۷). در بررسی اثرات متقابل دو تیمار آبیاری و سوپرچاد (جدول ۷)، تیمار I3Z10 (تیمار بیش‌آبیاری و زئولیت ۱۰ گرم در کیلوگرم خاک) در دو فصل کشت بیش‌ترین مقدار را داشت که به‌ترتیب ۵۷ درصد و ۳۴ درصد افزایش را نسبت به تیمار شاهد I2Z0 (تیمار آبیاری نرمال و تیمار شاهد سوپرچاد) داشت و تیمار I1Z0 (تیمار کم‌آبیاری و تیمار شاهد بدون زئولیت) در این دو سال کم‌ترین مقدار را در ارتفاع ساقه داشت که به‌ترتیب ۲۱ درصد و ۲۶ درصد کاهش را نسبت به شرایط کنترل داشت. پژوهش Mehrabi *et al.* (2012) در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنگد تحت تنش کم‌آبی نشان داد تأثیر رژیم آبیاری بر ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، تعداد دانه درکپسول معنی‌دار بود. همچنین Khashei Siuki *et al.* (2020) با بیان این‌که استفاده از دو ماده (زئولیت و پلیمر سوپرچاد) به‌عنوان بهساز در مناطق گرم و خشک و نیمه‌خشک می‌تواند نقش مؤثری در رشد گیاه داشته باشد نیز به نتایج مشابهی رسیدند و تأکید کردند ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و بهسازهای خاک می‌باشد. به عقیده این پژوهش‌گران زئولیت از طریق بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک سبب دسترسی بهتر و آسان‌تر گیاه به آب و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و در نتیجه افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته گیاه می‌شود که این نتایج با نتایج پژوهش حاضر همخوانی و مشابهت دارد، همچنین تیمار کم‌آبیاری، گیاه برای کاستن از میزان تعرق و تحمل تنش، ارتفاع و قطر و تعداد شاخه‌های فرعی خود را کاهش می‌دهد و در تیمار

بیش آبیاری (شرایط بدون تنش آب)، افزایش رشد و سطح برگ بر افزایش جذب انرژی خورشیدی تأثیر مستقیمی داشته و باعث افزایش ارتفاع و جثه گیاه می‌گردد (Guldani et al., 2014).

۲.۳. تعداد ساقه جانبی

در بررسی نتایج آزمون تجزیه واریانس تعداد ساقه‌های جانبی ریحان، تیمارهای آبیاری و نانوزئولیت در دو سال کشت گلخانه‌ای هریک به صورت جداگانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد و اثرات متقابل این دو فاکتور غیرمعنی‌دار گردید (جدول ۵). نتایج مقایسات میانگین نشان داد در بین تیمارهای آبیاری، در دو سال کشت، بیش‌ترین تعداد ساقه جانبی در تیمار بیش‌آبیاری بود که به ترتیب ۲۰ درصد و ۱۷ درصد نسبت به تیمار شاهد (I2) افزایش داشت. تیمار کم‌آبیاری هم به ترتیب با کاهش هشت درصد و هفت درصد نسبت به نمونه شاهد، تعداد شاخه جانبی کم‌تری داشت. نتایج نشان داد نانوزئولیت نیز باعث افزایش تعداد شاخه‌های جانبی ریحان گردید که در سال اول تیمار Z10 با افزایش ۹۰ درصد در تعداد شاخه جانبی نسبت به تیمار کنترل و Z5 با افزایش ۸۱ درصد نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت و در سال دوم نیز به ترتیب Z10 و Z5 با افزایش ۸۹ درصد و ۸۵ درصد نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار با هم نداشت و در جهت افزایش تعداد شاخه جانبی عمل نمودند. در نتایج پژوهش Ahmadi Azar et al. (2015) از سه سطح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و پنج سطح سوپرچاذب (صفر، دو، چهار، شش و هشت گرم)، بالاترین میزان اندام هوایی، ریشه، طول ساقه، هدایت روزنه‌ای، بالاترین میانگین نشت الکتروولت، بیش‌ترین مقدار کلروفیل a و b متعلق به میزان ۸ گرم زئولیت و ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بود. بالاترین میزان قندهای محلول و کم‌ترین میزان نسبی آب برگ متعلق به عدم کاربرد زئولیت و ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بود. پلیمرهای سوپرچاذب با تأثیر بر افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی و همچنین بهبود خواص فیزیکی خاک (Raju et al., 2002) سبب رشد بیش‌تر اندام هوایی و در نتیجه افزایش تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه می‌شوند. نتایج Ahmadi et al. (2015) در گیاه سویا نشان داد تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب نسبت به تیمار عدم مصرف آن تعداد شاخه جانبی بیش‌تری داشت. Ziaei et al. (2016) نیز در گیاه رزماری بالاتر بودن تعداد شاخه جانبی با کاربرد سوپرچاذب را افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش آب قابل دسترس و بهبود رشد گیاه بیان کرده‌اند.

۳.۳. قطر ساقه

باتوجه به جدول (۵) تیمارهای آبیاری و نانوزئولیت هر کدام در سطح یک درصد اثر معنی‌داری بر قطر ساقه ریحان در دو سال کشت داشت. همچنین اثر متقابل این دو تیمار نیز در سال اول با سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۷) نشان داد تحت تأثیر توأم سطوح آبیاری و سطوح سوپرچاذب (اثر متقابل) تیمار I3Z10 در سال اول ۴۸ درصد و در سال دوم ۵۴ درصد افزایش قطر ساقه نسبت به تیمار شاهد I2Z0 داشت و همچنین در تیمار I1Z0 کاهش قطر ساقه نسبت به نمونه شاهد بود که میزان کاهش آن در سال اول ۱۹ درصد و در سال دوم ۱۵ درصد بود. یافته‌های Rahimi and Hemmatinifar (2018) مبنی بر افزایش قطر ساقه در اثر استفاده از سوپرچاذب مطابقت دارد. آن‌ها در بررسی تأثیر سطوح مختلف سوپرچاذب بر کارایی مصرف آب و صفات کمی سورگوم در رژیم‌های مختلف آبیاری به این نتیجه رسیدند که تیمار دارای بیش‌ترین مقدار سوپرچاذب (۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد (بدون سوپرچاذب) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین قطر ساقه را ایجاد کردند. در گزارش Malekian et al. (2012) نیز قطر ساقه ذرت به طور معنی‌داری تحت تأثیر مقدار سوپرچاذب پومیس قرار گرفت و افزودن پومیس قطر ساقه ذرت را افزایش داد

که این پژوهش‌گران دلایل افزایش قطر ساقه گیاهان با استفاده از ژئولیت را، جذب آب و عناصر غذایی مطرح کرده‌اند، چراکه این سوپرچادها در داخل خاک به‌صورت یک ژل جامد درآمده و منبع آب و عناصر غذایی برای گیاه به‌حساب می‌آیند.

۴.۳. تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو فصل کشت، اثر آبیاری و نانوزئولیت بر تعداد برگ ریحان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسات میانگین نشان داد در سال اول تیمار I3Z5 با میانگین ۸۶/۶۷ نسبت به تیمار شاهد (I2Z0) ۷۷ درصد افزایش داشته در مقابل تیمار I1Z0 با میانگین ۴۴/۳۳ نسبت به تیمار شاهد ۱۰ درصد کاهش داشته است. همچنین در سال دوم نیز تیمار I3Z10 با میانگین ۸۹ نسبت به تیمار شاهد I2Z0 ۱۲۴ درصد افزایش داشته، در سمت مقابل تیمار I1Z0 با میانگین ۳۳ نسبت به تیمار کنترل ۱۷ درصد کاهش داشته است که با نتایج Chehelgardi and Saffar (2013) در مورد گیاه ارزن مطابقت دارد که صفات مورد مطالعه عبارت بودند از عملکرد علوفه تر و خشک، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، قطر ساقه و نسبت برگ به ساقه، نتایج حاصله نشان داد که با کاهش میزان آبیاری میانگین تمام صفات مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد، به‌جز نسبت برگ به ساقه که افزایش یافت. همچنین بالاترین میانگین در صفات عملکرد علوفه تر و خشک، ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته مربوط به پلیمر سوپرچاد بود. Sing (1987) گزارش داد که در شرایط تنش خشکی، برگ‌ها کوچک‌تر و تعداد آن‌ها کم‌تر می‌شود.

۵.۳. سطح برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس می‌که در فصل اول کشت، اثر آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و نانوزئولیت در سطح احتمال یک درصد بر روی سطح برگ‌های ریحان معنی‌دار گردید. همچنین در فصل دوم نیز آبیاری و نانوزئولیت در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری بر روی سطح برگ داشتند (جدول ۵). براساس جدول مقایسه میانگین فصل اول، در تیمار بیش آبیاری افزایش ۴۶ درصد سطح برگ نسبت به تیمار شاهد و همچنین کاهش ۴۳ درصد سطح برگ در تیمار کم آبیاری را شاهد بودیم. در نتایج مربوط به تیمار سوپرچاد، Z10 افزایش ۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (Z0) را داشت. در فصل دوم کشت نیز، در بین تیمارهای آبیاری I3 (بیش آبیاری) نسبت به تیمار کنترل افزایش ۵۰ درصد در سطح برگ ریحان را داشته و در مقابل تیمار I1 (کم آبیاری) کاهش ۵۴ درصد نسبت به تیمار شاهد بود و در بین تیمارهای نانوزئولیت Z10 افزایش ۱۹ درصد در مساحت برگ‌های ریحان را دارا بود که با نتایج Tongo *et al.* (2014) در مورد گیاه آکاسیا ویکتوریا مطابقت دارد. کاهش شاخص سطح برگ در شرایط کمبود آب یک دلیل اصلی برای کاهش عملکرد علوفه است (Huttermann *et al.*, 2006). احتمالاً، کاهش سطح برگ در پاسخ به تنش برای تطبیق شرایط کمبود آب و بقا از طریق کاهش فشار آماس سلول است (Khadem *et al.*, 2010).

۶.۳. محتوای نسبی آب (RWC)

نتایج نشان داد در فصل اول کشت گلخانه‌ای سطوح آبیاری نرمال (I=FC) و بیش آبیاری (I=1.25 FC) بدون اختلاف معنی‌دار محتوای نسبی آب بالاتری (به ترتیب ۲۹ و ۳۳ درصد) نسبت به کم آبیاری (I=0.75FC) داشتند، همچنین هر سه سطح پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد نانوزئولیت بدون وجود اختلاف معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ را افزایش دادند، بدین ترتیب محتوای نسبی آب برگ در سه تیمار پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد نانوزئولیت مخلوط در خاک گلدان به ترتیب ۰/۷۹، ۰/۸ و ۰/۸۲ بود، در حالی که مقدار این صفت در شرایط عدم استفاده از سوپرچاد ۰/۷۲ اندازه‌گیری شد (جدول ۶). در سال دوم کشت بیش آبیاری و آبیاری نرمال

نسبت به کم آبیاری محتوای نسبی آب بالاتری (به ترتیب ۲۹ و ۲۳ درصد) داشتند. سطوح سوپرچاذب استفاده شده در این پژوهش هر سه محتوای نسبی آب بالاتری نسبت به تیمار شاهد بدون سوپرچاذب تولید کردند که میزان آن‌ها نسبت به تیمار کنترل به ترتیب برابر با ۰/۷۴، ۰/۸ و ۰/۸ بود، در مقابل مقدار این پارامتر در شرایط عدم استفاده از نانوذولیت ۰/۷۴ بود. در هر دو فصل کشت اثر تیمارهای آبیاری و سوپرچاذب به صورت مجزا در سطح یک درصد معنی دار گردید. نتایج پژوهش *Nazarifar et al.* (2012) در مورد گیاه لوبیا، کاهش محتوای آب نسبی را در شرایط تنش خشکی را نشان داد، اما در پژوهشی که *Martinez et al.* (2007) انجام داده بودند تفاوتی در مقدار محتوای آب نسبی گیاهان در شرایط تنش و شاهد مشاهده نشده بود. نتایج پژوهش *Mojdam et al.* (2017) نشان داد که کم بودن محتوای نسبی آب برگ در هنگام تنش شدید رابطه نزدیکی با پتانسیل آب گیاه دارد، تنش کم آبی باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش توسعه برگ‌ها می‌شود و به دلیل کاهش دی‌اکسید کربن در دسترس گیاه میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد. در نهایت می‌توان گفت محتوای نسبی آب برگ بیش تر احتمالاً از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و یا توانایی ریشه در جذب آب حاصل می‌شود که به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیش تری آب در شرایط تنش است. پلیمر سوپرچاذب با قراردادن آب کافی در اختیار ریشه گیاه، باعث افزایش سرعت جذب آب و کارایی مصرف آب توسط گیاه می‌شود، در نتیجه کاربرد پلیمر سوپرچاذب باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط کمبود آب می‌شود که با نتایج حاصل از (Janson and Leah, 1990) مبنی بر افزایش محتوای نسبی آب برگ با افزایش مصرف پلیمر سوپرچاذب مطابقت دارد.

۳.۶. نشت یونی

بررسی نتایج نشت یونی نشان داد کاهش میزان آب آبیاری منجر به افزایش نشت یونی در سلول‌های برگ ریحان شده است. به طوری که با افزایش شدت تنش از ۱۰۰ درصد به ۷۵ درصد، میزان نشت یونی در فصل اول از ۲۹/۷۰ درصد به ۴۶/۵۰ درصد و در فصل دوم از ۴۴/۲۰ درصد به ۵۸/۳۱ درصد افزایش یافت (جدول ۶). هم‌چنین کم‌ترین میزان نشت الکترولیت (یونی) مربوط به تیمار بیش آبیاری می‌باشد که مقدار آن به ترتیب در دو سال ۱۷/۸۱ درصد و ۴۱/۱۲ درصد به دست آمده است که در مقایسه با دو تیمار ذکر شده کم‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است. دو سطح به کار برده شده نانوذولیت (Z5 و Z10) در دو سال متوالی باعث کاهش نشت یونی نسبت به حالت عدم کاربرد سوپرچاذب شده‌اند که مقادیر کاهش آن‌ها به ترتیب برابر است با ۲۴/۳۳ درصد و ۲۸/۴۵ درصد در اولین سال کشت، ۲۲ درصد و ۳۳ درصد در دومین سال کشت است. با توجه به جدول تجزیه واریانس در سال اول و دوم کشت، تیمارهای آبیاری و نانوذولیت هر یک در سطح ۱ درصد اثر معنی داری بر نشت یونی داشتند، هم‌چنین اثر متقابل این دو تیمار نیز در سطح ۱ درصد اثر معنی داری روی این پارامتر داشتند. در بررسی اثرات متقابل در هر دو سال، تیمار IIZ15 بیش ترین میزان نشت الکترولیت را داشت که مقدار آن به ترتیب برابر با ۶۳/۹۲ درصد و ۶۶/۹۷ درصد بود. در پژوهشی *Laboski et al.* (1998) دریافتند بیش ترین میزان نشت یونی از غشای سلول‌ها در بیش ترین سطح خشکی اتفاق می‌افتد. هم‌چنین *Molaahmad Nalousi et al.* (2014) در پژوهش خویش بر روی چمن آگرواستیس و فستوکای بلند دریافتند تنش خشکی مقدار نشت الکترولیتی را به طور معنی داری افزایش می‌دهد. تمام سطوح نانوذولیت مورد استفاده در این پژوهش بر کاهش نشت یونی مؤثر بودند، این نتیجه با یافته‌های *Selahvarzi et al.* (2020) مطابقت داشته، به طوری که در بررسی‌های آن‌ها، زئولیت ۱۰ و ۲۰ درصد مقدار نشت را از ۳۶/۱ درصد در شرایط عدم استفاده از زئولیت به ۲۳/۹ و ۱۴/۷ درصد کاهش داده است.

۷.۳. وزن خشک بوته

با مشاهده جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود که در سال اول کشت تیمار آبیاری در سطح پنج درصد و تیمار سوپرچادب در سطح یک درصد اثر معنی‌داری بر وزن خشک بوته داشته، همچنین در سال دوم نیز آبیاری در سطح احتمال یک درصد و نانوزئولیت در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر روی وزن خشک داشتند. بالاترین وزن خشک در هر دو سال (به ترتیب ۱۳/۴۸ و ۹/۸۱ گرم در بوته) مربوط به تیمار بیش آبیاری که به ترتیب افزایشی برابر با ۴۳ درصد و ۶۱ درصد نسبت به تیمار شاهد داشتند، همچنین بالاترین وزن در بین تیمارهای سوپرچادب مربوط به تیمار Z10 (به ترتیب ۱۱/۵۸ و ۷/۳۶ گرم در بوته) بود که افزایش آن‌ها به ترتیب برابر با ۴۰ درصد و ۳۰ درصد نسبت به حالت عدم کاربرد سوپرچادب (تیمار شاهد) در هر دو سال می‌باشد. کاهش معنی‌دار وزن خشک در سطح مقدار آب مصرفی ۵۰ درصد می‌تواند به این علت باشد که کاهش زیاد رطوبت خاک باعث کاهش اندازه یا توقف رشد برگ و کاهش بخش فتوسنتزکننده گیاه می‌شود (Taiz and Zeiger, 1998). یکی از اثرات آشکار تنش خشکی، کاهش وزن خشک بخش هوایی گراس‌ها می‌باشد، در واقع در بیش‌تر گراس‌ها پاسخ مذکور، به‌عنوان یک سازوکار مناسب با شرایط تنش شدید گزارش شده است (Kaiser, 1987). افزودن زئولیت به خاک گلدان منجر به افزایش وزن تر و خشک گیاه گردید، در این بخش نیز تیمار Z10 بیش‌تر از بقیه تیمارهای سوپرچادب در افزایش وزن خشک نسبت به حالت شاهد مؤثر بود که این نتیجه با پژوهش Selahvarzi *et al.* (2020) همسو بوده است.

Table 5. Analysis of variance of irrigation and Nano Zeolite on aerial characteristics of basil (Mean square)

Source	df	Plant height	Stem diameter	Number of lateral stems	Number of Leaves	Leaf Area	Dry weight	Electrolyte leakage	Relative water content
First Season									
Repetition	2	44.4653*	0.2586*	14.1111**	332.5834*	737942.80ns	82.2807ns	17.3635ns	0.0008 ns
Irrigation	2	1032.4236**	3.5462**	48.5278**	1177.75**	1774758.5521*	181.0427*	2494.2518**	0.1654**
Ei	4	4.4757	0.0167	0.3613	21.7084	194154.140	19.5954	14.3086	0.0006
Nano Zeolite	3	268.5185**	2.7086**	179.1389**	1606.6297**	69336.0479**	22.539**	319.8888**	0.0185**
Irrigation *NanoZeolite	6	9.1644**	0.078**	0.9722 ns	87.8241**	12402.376ms	6.6959ns	174.9497**	0.0062 ns
Error	18	1.4350	0.1400	0.8330	5.3700	10856.787	3.2220	16.6010	0.0020
Coefficient of variation (%)	-	2.22	9.3341	6.2823	3.61	11.96	18.8040522	13	5.711
Second Season									
Repetition	2	63.2708**	0.2655*	103.861**	551.6944*	383616.72ns	60.7656*	34.6495**	0.0005 ns
Irrigation	2	1490.0834**	3.4197**	31.861**	2010.11**	1162457.6703*	122.368**	1007.9137**	0.1219**
Ei	4	3.2604	0.0334	1.4860	49.2778	110747.548	6.3639	7.3732	0.0006
Nano Zeolite	3	355.9514**	1.5006**	154.704**	1609.0649**	20708.4671*	5.4140*	192.2909**	0.006**
Irrigation *NanoZeolite	6	18.6111**	0.0657*	2.454 ns	432.1482**	3141.5276ms	0.5996ms	82.6534**	0.0003ns
Error	18	1.9120	0.4164	1.6480	27.4540	6894.323	1.0890	12.7400	0.0010
Coefficient of variation (%)	-	2.77	20.0522	9.20613602	10.59	14.11	16.16865014	7.455382555	3.812896808

ns, *, ** denotes not significant, significant differences at $P \leq 0.05$, and significant differences at $P \leq 0.01$ respectively.

Table 6. The results of the comparison of the average effect of the treatments on the growth and physiological traits of basil using Duncan's multi-range test.

Source	Number of Lateral stems	Leaf Area	Dry Weight	Relative Water Content
First Season				
I1	12.83 c ± 2.37	490.7775 c ± 60.9	5.71 c ± 0.65	0.65 b ± 0.06
I2	14 b ± 2.27	863.83 b ± 110.19	9.43 b ± 1.44	0.84 a ± 0.02
I3	16.75 a ± 2.65	1259.81 a ± 258.63	13.48 a ± 3.14	0.86 a ± 0.02
Z0	9.89 c ± 1.1	798.23 b ± 270.2	8.27 b ± 3.15	0.72 b ± 0.09
Z5	17.89 a ± 1.21	858.16 b ± 211.91	10.01 ab ± 2.44	0.79 a ± 0.06
Z10	18.78 a ± 1.68	997.89 a ± 300.99	11.58 a ± 2.71	0.8 a ± 0.05
Z15	11.56 b ± 0.82	831.61 b ± 210.91	8.3 b ± 2.47	0.82 a ± 0.05
Second Season				
I1	12.58 b ± 2.93	273.25 c ± 36.96	3.46 c ± 0.7	0.667 c ± 0.02
I2	13.5 b ± 2.41	596.45 b ± 86.12	6.087 b ± 1.24	0.8202 b ± 0.02
I3	15.75 a ± 2.74	895.57 a ± 184.68	9.81 a ± 1.9	0.85778 a ± 0.01
Z0	9.33 c ± 1.87	555.57 b ± 206.76	5.64 c ± 2.17	0.744 b ± 0.05
Z5	17.22 a ± 1.8	578.92 ab ± 174.5	6.79 ab ± 2.07	0.783 a ± 0.06
Z10	17.67 a ± 2	658.78 a ± 190.12	7.36 a ± 2.17	0.7969 a ± 0.05
Z15	11.56 b ± 1.64	560.43 b ± 209.55	6.01 bc ± 1.89	0.801 a ± 0.06

The means with the same letters are not significantly different at $P > 0.05$.

Table 7. The results of comparing the average effects of irrigation and nanozeolite on plant height, stem diameter, number of leaves, and electrolyte leakage of basil leaves, Duncan's test

Irrigation	NanoZeolite	Plant height	Stem Diameter	Number of Leaves	Electrolyte Leakage
First Season					
I1	Z0	36.5 f ± 0.87	2.95 h ± 0.04	44.33 f ± 1.2	46.578 b ± 3.03
	Z5	49.67 cd ± 0.33	3.9 d ± 0.09	59 d ± 3.79	39.4351 c ± 1.22
	Z10	51 cd ± 0.58	4.097 cd ± 0.03	66.67 c ± 1.2	36.09 cd ± 1.27
	Z15	39.33 e ± 0.88	3.164 g ± 0.03	45.33 ef ± 2.91	63.92 a ± 3.13
I2	Z0	49.17 d ± 1.42	3.62 e ± 0.17	49 e ± 2.52	37.62 cd ± 1.2
	Z5	59 b ± 1	3.97 d ± 0.04	82.33 ab ± 2.6	30.63 de ± 4.3
	Z10	59.67 b ± 0.67	4.62 b ± 0.17	79 b ± 3.06	25.3 ef ± 1.55
	Z15	52 c ± 0.76	3.39 f ± 0.01	50 e ± 2.08	25.27 ef ± 1.55
I3	Z0	59 b ± 2.65	3.987d ± 0.1	59.33 d ± 2.91	25.52 ef ± 3.78
	Z5	65.67 a ± 0.33	4.764 b ± 0.04	86.67 a ± 5.33	15.28 gh ± 0.48
	Z10	66.33 a ± 1.86	5.35 a ± 0.18	80.33 b ± 3.84	11.61 h ± 1.24
	Z15	59.33 b ± 2.35	4.287 c ± 0.16	68 c ± 6.11	18.83 fg ± 1.47
Second Season					
I1	Z0	32.67g ± 0.93	2.45 h ± 0.01	33 c ± 4.93	62.56 a ± 2.49
	Z5	41.17e ± 0.73	2.78 fg ± 0.07	36.33 c ± 1.67	49.28 bc ± 2.72
	Z10	43.17e ± 1.2	3.07 de ± 0.02	40 c ± 2.64	54.43 b ± 2.21
	Z15	35.5f ± 1	2.53 gh ± 0.06	35 c ± 1.15	66.97 a ± 4.96
I2	Z0	41.17e ± 0.83	2.87 ef ± 0.22	39.67 c ± 2.9	46.15 cde ± 5.06
	Z5	58.5 b ± 0.87	3.24 d ± 0.04	56 b ± 2.31	39.91 ef ± 1.37
	Z10	59.33 b ± 2.91	3.7 c ± 0.09	63.33 b ± 6.44	42.15 def ± 0.89
	Z15	45.83d ± 1.42	2.85 ef ± 0.02	42.67 c ± 0.66	48.6 bc ± 1.11
I3	Z0	54.33 c ± 2.4	3.35 d ± 0.21	36.33 c ± 3.38	47.42 cd ± 1.26
	Z5	64 a ± 0.58	4.04 b ± 0.04	79.67 a ± 7.84	44.72 cdef ± 1.04
	Z10	64.67 a ± 2.24	4.43 a ± 0.04	89 a ± 10	32.97 g ± 1.53
	Z15	58.17 b ± 1.45	3.28 d ± 0.26	42.67 c ± 5.92	39.37 f ± 1.67

The means with the same letters are not significantly different at $P > 0.05$.

۴. نتیجه گیری

نتایج به این صورت بود که در بین سطوح مختلف سوپرچادب تیمار Z5 و Z10 تأثیر به سزایی بر موارد فوق داشتند و باعث افزایش و بهبود صفات رشدی گیاه ریحان شدند، در مقابل تیمار Z0 و Z15 همسو با هم عمل کرده و اختلاف معنی داری در تأثیر بر روی پارامترهای رشدی نداشتند. هرچند در تیمارهای آبیاری، کم آبیاری موجب کاهش عملکرد صفات و تضعیف آنها شد، اما کاربرد نانوزئولیت گاهی باعث جبران تنش حاصل از کم آبی شد که این امر در اثرات متقابل تیمارها کاملاً روشن می باشد. در مورد نشت یونی تیمارهای Z0 و Z15 تأثیر بیش تری در افزایش نشت الکترولیت ها داشتند، که در مقایسه با اندازه گیری های فوق این امر کاملاً برعکس بوده زیرا در شرایط تنش خشکی، رطوبت نسبی خاک و گیاه کاهش می یابد و نشت الکترولیت ها در این حالت افزایش پیدا می کند، تیمار شاهد چون بدون سوپرچادب بوده، جذب و نگهداشت آب در آن نسبت به بقیه تیمارها پایین بوده در نتیجه نشت یون ها در آن بالاتر رفته، در مورد تیمار Z15 نیز این قضیه برقرار است. چون مقدار بهینه نانوزئولیت مصرفی در این پژوهش بین Z5 و Z10 متغیر است و بالاتر از این میزان عملاً تأثیری در گیاه نداشته، به همین دلیل Z15 کاملاً هم راستا و هم سو با تیمار شاهد رفتار کرده و در مورد نشت یونی نیز مقادیر بالاتری نسبت به دو تیمار ۱۰ درصد و پنج درصد داشته است.

۵. پی نوشت ها

1. Scanning Electron Microscope
2. Relative Water Content
3. Cell Membrane Stability
4. Electrical Conductivity
5. Electrolyte Leakage
6. Time-Domain Reflectometer
7. Volumetric water content

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Abhari, A., & Haresabadi, B. (2017). The effect of super absorbent on yield and yield components of chickpea under season terminal drought stress conditions. *Crop Production*, 10(1), 191-202. (In Persian).
- Ahmadi Azar, F., Hasanloo, T., & Feizi, V. (2015). Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of Mallow (*Malva sylvestris*). *Journal of plant research (Iranian Journal of biology)*, 28(3), 459-474. (In Persian).
- Ahmadi, A., Arabi, Z., & Siahmargue, A. (2015). The response of yield and quality of soybean to different sources of biological fertilizer, vermicompost and different levels of chemical fertilizer in the presence of super absorbent hydrogel. *Journal of Management and Sustainable Production*. 5, 211-224. [In Persian with English Summary]
- Baruah, S., & Dutta, J. (2009). Nanotechnology applications in pollution sensing and degradation in agriculture: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 7, 191-204.
- Barrs, H. D., & Weatherley, P. E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, 15(3), 413-428.
- Boroujerdnia, M., Bihanta, M. R., Alami Said, K., & Abdossi, V. (2016). Effect of drought tension on proline content, soluble carbohydrates, electrolytes leakage and relative water content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Physiology Journal*, 8(29), 23-41. (In Persian).
- Bowden, C. L., Evanylo, G. K., Zhang, X., Ervin, E. H., & Seiler, J. R. (2010). Soil carbon and physiological responses of corn and soybean to organic amendments. *Compost Science & Utilization*, 18(3), 162-173.
- Chehelgardi, A., & Saffari, M. (2013). Investigating the effect of organic fertilizers, potassium sulfate and superabsorbent nano polyester on some morphological traits of *Setaria italica* under drought stress. The 2nd International Conference on Plant, Water, Soil and Weather Modeling, 8 May, Kerman.
- Daneshian, A., Gurbuz, B., Cosge, B., & Ipek, A. (2009). Chemical components of essential oils from basil (*Ocimum basilicum* L.) grown at different nitrogen levels. *International Journal of Natural & Engineering Sciences*, 3(3)pp.
- De Smedt, C., Steppe, K., & Spanoghe, P. (2017). Beneficial effects of zeolites on plant photosynthesis. *Advanced Materials Science*, 2(1), 1-11.
- Farzaneh, A., Ghani, A., & Azizi, M. (2010). The effect of water stress on morphological characteristic and essential oil content of improved sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal Of Plant Production (Journal Of Agricultural Sciences And Natural Resources)*. 17 (1), 103-111. (In Persian).
- Gupta, A., Ahmad, M.F., & Bhat, F. (2010). Studies on yield, quality, water and fertilizer use efficiency of capsicum under drip irrigation and fertigation. *Indian Journal of Horticulture*, 67(2), 213-218.
- Guldani, M., & Fazeli Kakhaki, S.F. (2014). Evaluation of the effect of chemical and organic fertilizers on growth characteristics, yield and yield components of three ecotypes of sesame (*Sesamum indicum* L.), *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12 (1), 127-136. (In Persian).
- Hemmatinafar, K., & Rahimi, M.M. (2018). Effect of Different Superabsorbent Levels on Water Use Efficiency and Quantitative Sorghum Traits in Different Irrigation Regimes. *Journal of Plant Growth and Aquaculture*, 9(31), 32-41. (In Persian).

- Heydari, M., Mir, N., & Moussavinik, S.M. (2017). The effect of phosphorus nanofertilizer modified with a novel organic compound on qualitative parameters of two types of beans. *Journal of Crops Improvement*, 19(2), 517-530. (In Persian).
- Huttermann, A., Zommodi, M., & Reise, K. (2006). Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Journal Soil and Tillage Research*, 50, 295-304.
- Johnson, M. S., & Leah, R.T. (1990). Effects of Super absorbent Polyacrylamides on efficiency of Water use by Crop Seedlings. *J.Sci. Food Agr*, 52, 431-434.
- Kaiser, W. M. (1987). Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiologia plantarum*, 71(1), 142-149.
- Keshavarz, L., Farahbakhsh, H., & Golkar, P. (2013). Effect of Hydrogel and Irrigation Regimes on Chlorophyll Content, Nitrogen and Some Growth Indices and Yield of Forage Millet (*Pennisetum glaucum* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 3 (9), 147-161. (In Persian).
- Khadem, S. A., Galavi, M., Ramrodi, M., Mousavi, S. R., Rousta, M. J., & Rezvani-Moghadam, P. (2010). Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. *Australian journal of crop science*, 4(8), 642-647.
- Khashei Siuki, A., Shahidi, A., & Dastourani, M. (2020). Investigating the Effect of Amendments of Zeolite, Superabsorbent Polymer, and Different Amounts of Irrigation on Sesame Yield. *Journal of Water Research in Agriculture*, 34 (2), 243-255. (In Persian).
- Khoshbin, S., Solgi, M., Taghizadeh, M., & Barati, A. (2017). The effect of nanocomposite containing zeolite nanoparticles and some nutrients on the growth characteristics of African violets (*Saintpaulia ionantha* 'Rhapsody Clementine'). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(4), 835-843. (In Persian).
- Laboski, C.A.M., Dowdy, R.H., Allmaras, R.R., & Lamb, J.A. (1998). Soil strength and water content influences on corn root distribution in a sandy soil. *Plant and Soil*, 203(2), 239-247.
- Litaor, M. I., Katz, L., & Shenker, M. (2017). The influence of compost and zeolite co-addition on the nutrients status and plant growth in intensively cultivated Mediterranean soils. *Soil Use and Management*, 33(1), 72-80.
- Malekian, R., Abedi-Koupai, J., & Eslamian, S. S. (2011). Influences of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. *Journal of hazardous materials*, 185(2-3), 970-976.
- Malekian, A., Valizadeh, E., Dastoori, M., Samadi, S., & Bayat, V. (2012). Soil water retention and maize (*Zea mays* L.) growth as affected by different amounts of pumice. *Australian Journal of Crop Science*, 6(3), 450-454.
- Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F., & Pinto, M. (2007). Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy* 26(1), 30-38.
- Mehrabi zadeh, Z., & Ehsan Zade, P. (2012). A study on physiological attributes and grain yield of sesame cultivars under different soil moisture regimes. *Journal Of Improvement*, 13 (2), 75-88. (In Persian).
- Mojdam, M., Payandeh, Kh., Lek, Sh., & Marashi, K. (2017). Effect of superabsorbent polymer on grain yield and some physiological characteristics of spring corn under water stress conditions. *Scientific Research Journal of Crop Physiology*, 8(32), 61-73
- Molaahmad Nalousi, A., Hatamzadeh, A., Ghasemnezhad, M., & Biglouei, M.H. (2014). Effects of Exogenous Sodium Nitroprusside on Drought Resistance of Creeping Bentgrass and Tall Fescue. *Journal of Horticultural Science and Technology*, 14 (4), 427-438. (In Persian).

- Moslemi, Z., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Ardakani, M. R., Mohammadi, A., & Sakari, A. (2011). Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 6(19), 4471-4476.
- Naderi, M. R., & Danesh-Shahraki, A. (2013). Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 5(19), 2229-2232..
- Nazarifar, M.H., Behbahani, S.M.R., & Momeni, R. (2012). Evaluation of Different Deficit Irrigation Scenarios and Determine of Optimal Hydromodoul and Area of Eropping Pattern in the Deficit Irrigation Conditions. *Journal Of Irrigation Science and Engineering*, 35 (2), 91-106. (In Persian).
- Peyvandi, M., Parande, H., & Mirza, M. (2011). Comparison of Nano Fe Chelate with Fe Chelate Effect on Growth Parameters and Antioxidant Enzymes Activity of Ocimum Basilicum. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*.1(4),89-98.(In Persian).
- Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., & Najafi, F. (2011). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta biologica Cracoviensia. Series botânica*, 53(1), 47-56.
- Rahbarian, P., & Afsharmanesh, G. (2011). Effects of water deficit and manure on yield and morphological characters some of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in Jiroft Area. *Journal of Crop Ecophysiology*, 5(17 (1)), 41-52.(In Persian).
- Raju, K.M., Raju, M.P., & Mohan, Y.M. (2002). Synthesis and water absorbtion of cross linked superabsorbent polymer. *Journal of Applied Polimer Science*, 85(8), 1795-1801.
- Sarai Tabrizi, M., Babazadeh, H., Homae, M., Kaveh, F. K., & Parsinejad, M. (2016). Determining the Threshold Value of Basil Yield Reduction and Evaluation of Water Uptake Models under Salinity Stress Condition. *Water and Soil*, 30(1), 30-40.(In Persian).
- Selahvarzi, Y., Sarfraz, S., Zabihi, M., & Kamali, M. (2019). Investigating the effect of zeolite and soil texture on the quantitative and qualitative characteristics of new leaf hedge plant (*Ligustrum vulgare*) at different levels of irrigation. *Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries)*, 34(3), 451-463.
- Sharifan, H., Mokhtari, P., & Hezarjaribi, A. (2013). The Effect of Super Absorbent A200 on the Infiltration Parameters. *Water and Soil*, 27(1), 205-212.(In Persian).
- Singh, K. B. (1987). Chickpea breeding. In Saxena M. C. and K. B. Singh (Eds.). *The Chickpea C.A.B. International, Wallingford, U.K.* pp: 127-142.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (1998) *Plant Physiology*. 2nd Edition, Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts
- Tongo, A., Mahdavi, A., & Sayad, E. (2014). Effect of superabsorbent polymer aquasorb on chlorophyll, antioxidant enzymes and some growth characteristics of *Acacia victoriae* seedlings under drought stress. *Ecopersia*, 2(2), 571-583.
- Ziaei, A., Moghaddam, M., & Kashefi, B. (2016). The effect of superabsorbent polymers on morphological traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) under drought stress. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 7, 99-11. [In Persian with English Summary].
- Zhang, S., Zhang, H., Liu, X., Zhu, S., Hu, L., & Zhang, Q. (2018). Upgrading of bio-oil from catalytic pyrolysis of pretreated rice husk over Fe-modified ZSM-5 zeolite catalyst. *Fuel Processing Technology*, 175, 17-25