



Effect of Zeolite on Improving Water Stress Resistance of Radish (*Raphanus sativus* L.)

M. Farasati*^{}, A. Nakhzari Moghaddam, M. Zakerinia, E. Gholamalipour Alamdari and T. Sheibak

Associate prof., Water Engineering department, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad Kavous University, Gonbad kavous, Iran. farasati2760@gmail.com

Associate prof., Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad Kavous University, Gonbad kavous, Iran. a_nakhzari@yahoo.com

Associate prof., Water Engineering department, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. mzakerinia@gmail.com

Associate prof., Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad Kavous University, Gonbad kavous, Iran. eg.alamdari@gonbad.ac.ir

BSc Student, Water Engineering department, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad Kavous University, Gonbad kavous, Iran. taibe.sheibak@gmail.com

Article Info

Research Article

Received: June 26, 2025

Accepted: November 16, 2025

Keywords: Radish irrigation, Permissible moisture depletion, Radish tolerance to moisture deficit

Corresponding author's email: farasati2760@gmail.com

Abstract

To investigate the effect of zeolite on improving the drought tolerance of radish (*Raphanus sativus* L.), a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications, at the research greenhouse of Gonbad Kavous University (Iran) in 2024. Experimental factors included drought stress at three levels of irrigation after 20%, 40%, and 60% of allowable moisture depletion, and zeolite at four levels of 0, 3%, 6%, and 9%. The analysis of variance showed that the effect of zeolite on fresh, and dry weight of root, fresh, and dry weight of shoot, and total plant fresh and dry weight was significant at the 1% probability level. Drought stress had a highly significant effect ($p < 0.01$) on root fresh weight, shoot fresh and dry weight, and total plant fresh and dry weight, and a significant effect ($p < 0.05$) on root dry weight. Mean comparison results indicated that zeolite application increased root, shoot, and total plant fresh and dry weights. Accordingly, the greatest fresh and dry weights of the root, shoot, and whole plant—measured at 13, 4.2, 11.6, 2.5, 24.6, and 4.9 g, respectively—were observed in the treatment receiving 9% zeolite. However, the lowest values belonged to the control (no zeolite). With increasing drought intensity from 20% to 60% allowable moisture depletion, the fresh and dry weights of root, shoot, and total plant decreased by 17.17%, 12%, 16.9%, 12%, 17.0%, and 14.1%, respectively. Despite the reduction in fresh and dry biomass caused by soil moisture deficit, the application of zeolite significantly enhanced the drought tolerance of radish plants.

Cite this article: Farasati, M., Nakhzari Moghaddam, A., Zakerinia, M., Gholamalipour Alamdari, E. and Sheibak, T., 2025. Effect of Zeolite on Improving Water Stress Resistance of Radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Water Research in Agriculture*, 39(3), pp. 251-260.



DOI: <https://doi.org/10.22092/jwra.2025.369853.1084>



نشریه پژوهش آب در کشاورزی

<https://wra.areeo.ac.ir/>

اثر کانی زئولیت بر مقاومت گیاه تربچه (*Raphanus sativus* L.) به تنش آبی

معصومه فراستی*^{ID}، علی نخزری مقدم، مهدی ذاکری نیا، ابراهیم غلامعلی پور علمداری و

طیبه شیبیک

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاوس، گنبدکاوس، ایران. Farasati2760@gmail.com

دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاوس، گنبدکاوس، ایران. a_nakhzari@yahoo.com

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. mzakerinia@gmail.com

دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاوس، گنبدکاوس، ایران. eg.alamdari@gonbad.ac.ir

دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاوس، گنبدکاوس، ایران. taibe.sheibak@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
مقاله پژوهشی	به منظور بررسی اثر زئولیت بر بهبود مقاومت گیاه تربچه (<i>Raphanus sativus</i> L.) به تنش کم آبی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه گنبدکاوس (ایران) انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل تنش کم آبی در سه سطح شامل آبیاری پس از تخلیه مجاز رطوبتی به میزان ۲۰٪، ۴۰٪ و ۶۰٪ و زئولیت در چهار سطح شامل صفر، ۳٪، ۶٪ و ۹٪ بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر زئولیت بر وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک بوته در سطح ۱٪ معنی دار بود. اثر تخلیه مجاز رطوبتی بر وزن تر ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک بوته در سطح ۱٪ و بر وزن خشک ریشه در سطح ۵٪ معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مصرف زئولیت باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک بوته شد به طوری که بیشترین وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل بوته، به ترتیب با مقادیر ۱۳، ۲/۴، ۱۱/۶، ۲/۵، ۲۴/۶ و ۴/۹ گرم به تیمار مصرف ۹٪ زئولیت اختصاص داشت. کمترین مقادیر هم متعلق به تیمار عدم مصرف زئولیت بود. با افزایش تنش کم آبی، وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و بوته کاهش یافت. این کاهش در تیمار تخلیه مجاز رطوبتی ۶۰٪ نسبت به ۲۰٪ به ترتیب ۱۷/۱٪، ۱۲٪، ۱۶/۹٪، ۱۲٪، ۱۷/۰٪ و ۱۴/۱٪ بود. با توجه به نتایج به دست آمده، اگرچه کاهش رطوبت خاک وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه را کاهش داد اما زئولیت دارای قابلیت خوبی در افزایش تحمل گیاه تربچه به تنش کم آبی بود.
واژه های کلیدی: آبیاری تربچه، تخلیه مجاز رطوبتی، تحمل تربچه به کم آبی	
آدرس ایمیل نویسنده مسئول: Farasati2760@gmail.com	

استناد: فراستی، معصومه، نخزری مقدم، علی، ذاکری نیا، مهدی، غلامعلی پور علمداری، ابراهیم، و شیبیک، طیبه، ۱۴۰۴. اثر کانی زئولیت بر مقاومت گیاه تربچه (*Raphanus sativus* L.) به تنش آبی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۹(۳)، صص ۲۵۱-۲۶۰.



DOI: <https://doi.org/10.22092/jwra.2025.369853.1084>

مقدمه

تربچه جزء سبزی‌هایی است که ریشه خوراکی دارد و بومی جنوب آسیا و اروپا است. این گیاه از خانواده شب بو (*Brassicaceae*) است و از نظر ظاهر و بافت شبیه چغندر و شلغم است ولی طعم متفاوتی دارد. این گیاه دارای گونه‌های مختلف بوده و در هر آب و هوایی می‌روید. طعم تند تربچه مربوط به ماده *Senovol* و رنگ قرمز و بنفش آن در اثر وجود نوعی آنتوسیانین به نام *Malvin* است.

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده محیطی است که موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌شود. خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد گیاه و تولید محصول را به‌طور نامطلوبی تحت تأثیر قرار می‌دهد. بیش از ۵۴ درصد از زمین‌های کشاورزی به‌طور دائم در معرض خشکی قرار دارند و ۸۸ درصد جمعیت دنیا در این مکان‌ها ساکن هستند (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). آبیاری تکمیلی در مراحل بحرانی رشد گیاه می‌تواند شدت خسارت تنش را کاهش داده و عملکرد را افزایش دهد. اسماعیل‌پور و همکاران (۱۳۹۹) با بررسی تأثیر عصاره جلبک دریایی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی رشد مطلوب را در شرایط آبیاری کامل گزارش کردند. در بررسی طباطبایی و همکاران (۱۳۹۳) با کاهش مصرف آب در گیاه فلفل به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، عملکرد محصول به‌ترتیب ۲۶/۹۸، ۵۰/۹۲ و ۶۹/۴۹ درصد کاهش یافت. در بررسی گویلی و همکاران (۱۳۹۷) اعمال تنش رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار سطح برگ، هدایت روزنه ای، آب مصرفی، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی گیاه اسفناج در مقایسه با عدم تنش شد. در بررسی سمسارزاده و همکاران (۱۴۰۲) در تیمار عدم تنش (۱۰۰ درصد نیاز آبی) وزن تر و خشک بوته گیاه گشنیز بیش از تیمارهای تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی) و تنش شدید (۵۰ درصد نیاز آبی) بود.

از جمله راهکارهای جدیدی که برای افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از هدرروی رطوبت و کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است به‌کارگیری ترکیبات طبیعی چون کانی‌های ژئولیت در مزارع کشاورزی است (پولاد و همکاران، ۲۰۰۴). ژئولیت‌ها مواد متخلخل با ساختمان کریستالی هستند که به‌دلیل روزنه‌های باز در ساختار خود اجازه عبور بعضی از یون‌ها را داده و مانع عبور بعضی از یون‌های دیگر می‌شوند. با توجه به این‌که کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی باعث کاهش فعالیت بیولوژیک خاک، کاهش کیفیت خاک، کاهش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک و عدم تعادل شدید مواد مغذی گیاهی می‌شود، ژئولیت‌ها به‌دلیل هزینه پایین و قابلیت انعطاف‌پذیری بالا می‌توانند نقش مهمی در بهبود شرایط کشت داشته باشند (گی و همکاران، ۲۰۱۰). در ایران، استان‌های آذربایجان شرقی، سمنان، خراسان و یزد از مهم‌ترین مناطق دارای ذخایر ژئولیت طبیعی هستند. آن‌ها غیرسمی هستند و پس از استفاده می‌توانند بازیافت شوند. سمنان یکی از بزرگ‌ترین شهرهای ژئولیتی ایران است که معادن آن غنی از ژئولیت با خلوص ۹۸٪ است. ژئولیت سمنان به لحاظ کیفی در سطح صادراتی و نوع بسیار مرغوب است. ژئولیت استخراج‌شده از معادن سمنان حاوی درصد بالایی از پتاسیم، اکسیژن، نیتروژن، سیلیسیم، آهن و منیزیم بوده و جهت مصرف در بخش کشاورزی و امور دامداری بسیار مفید و مناسب است.

دهقانپور و همکاران (۱۳۹۷) تأثیر ژئولیت بر کاهش اثرات تنش کم‌آبی در تربچه را مورد بررسی قرار دادند. آبیاری بر طول ریشه و تعداد برگ تأثیر معنی‌دار داشت و باعث افزایش آن‌ها شد. ژئولیت نیز تعداد برگ در بوته را افزایش داد. ترکیب این دو عامل، ماده خشک گیاه را ۲۱ درصد افزایش داد. در گیاه سیب‌زمینی، مصرف ۳۰۰۰ کیلوگرم ژئولیت نسبت به عدم مصرف و مصرف ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار میزان محصول را افزایش داد. این میزان در تیمار مصرف ۳۰۰۰ کیلوگرم نسبت به عدم مصرف ۲۹/۱۳ درصد بیشتر بود. مصرف ژئولیت وزن خشک اندام

هوایی (برگ و ساقه) را نیز افزایش داد (مدنی و همکاران، ۱۳۸۹). در بررسی بلندنظر و همکاران (۱۳۹۵) مصرف زئولیت نسبت به عدم مصرف آن وزن تر بوته شاهی را افزایش داد. بررسی اثر بیوپچار بر مقاومت گیاه اسفناج به تنش آبی نشان داد که بیوپچار درختان جنگلی در مقاومت گیاه اسفناج به تنش آبی بسیار مؤثر بود (رجب نیا و همکاران، ۲۰۲۴). سمسارزاده و همکاران (۱۴۰۲) تأثیر مصرف شش تن زئولیت بر وزن تر و خشک بوته گیاه گشنیز را بیش از هشت، چهار و دو تن گزارش کردند.

متانت و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی اثر آب مغناطیسی و پرایمینگ بر عملکرد صفات مورفولوژیکی گیاه تربچه تحت تنش خشکی پرداختند. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی، گیاه تربچه را به عنوان یک محافظ در برابر تنش خشکی محافظت می کند و باعث افزایش عملکرد گیاه می شود. خیام و همکاران (۱۴۰۰) به تعیین کارایی مصرف آب و تابع تولید آب-نیترژن برای گیاه تربچه پرداختند. نتایج نشان داد که با کاربرد تیمار آبیاری I₃ (۱۴۲ میلی متر) و کود نیترژنی بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب به دست آمد. طالقانی و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی تحمل تنش خشکی ژنوتیپ های چغندر قند (*Beta vulgaris*) (L. در روش های آبیاری جویچه ای و قطره ای نواری (تیپ) پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهش روش آبیاری قطره ای نواری بعد از ۳۰ میلی متر تبخیر و تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، مناسب ترین روش برای اعمال تنش خشکی در چغندر قند شناخته شد. خان احمدی و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی اثر تنش آبی و کود کمپوست بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه گل گاوزبان ایرانی پرداختند. نتایج نشان داد که کمپوست اثر بسیاری بر مقاومت گل گاوزبان به تنش خشکی دارد.

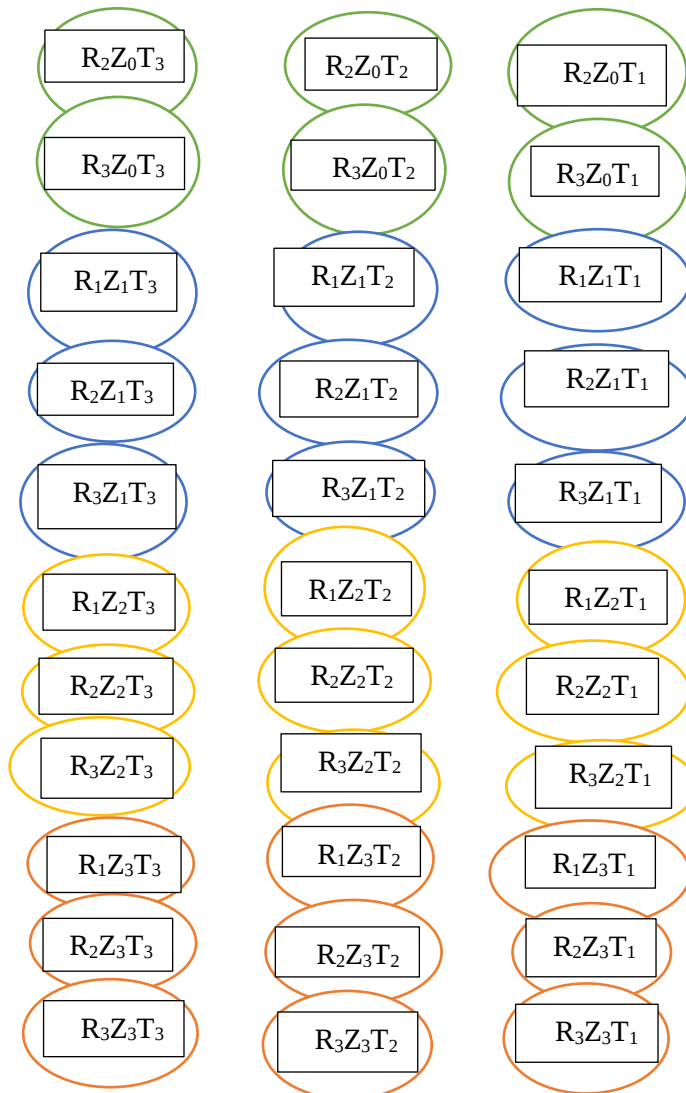
در بررسی ملکی و همکاران (۱۳۹۷) مصرف زئولیت باعث افزایش وزن بوته نخود زراعی و عملکرد آن در تمام تیمارهای آبیاری به دلیل افزایش رطوبت قابل دسترس خاک شد. احمدی آذر و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی تنش خشکی و کاربرد زئولیت معدنی بر رشد و

برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه پنیرک (*Malva sylvestris*) گزارش کردند که کاربرد سطوح مختلف زئولیت در هر سه شرایط رطوبتی خاک سبب بهبود در بسیاری از صفات مورد بررسی شد زیرا از هدر رفت آب در شرایط کم آبی جلوگیری کرده و آن را بهتر و بیشتر در دسترس گیاه قرار داد. نتایج بررسی کرمی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که افزایش فواصل آبیاری به ویژه آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده منجر به کاهش عملکرد خشک علوفه تاج خروس (۴۰ درصد) نسبت به تیمار آبیاری شاهد شد اما کاربرد زئولیت در شرایط تنش کم آبیاری منجر به افزایش عملکرد خشک علوفه شد. نتایج ذکر شده نشان می دهد که کاربرد زئولیت با حفظ مدت زمان بیشتر رطوبت در خاک بر رشد و نمو گیاهان مؤثر است و می تواند بخشی از تنش کم آبی را کاهش دهد. با توجه به این که زئولیت در خاک مصرف می شود و باعث مطلوب تر شدن خصوصیات فیزیکی خاک (افزایش خلل و فرج) می گردد که این امر بخصوص برای رشد و تولید گیاهان ریشه ای و غده ای بسیار مفید است (شکل مناسب از نظر ظاهر، افزایش حجم و بازارپسندی ریشه و غده) و تاکنون تحقیقات کمی در رابطه با اثر زئولیت بر کاهش تنش آبی در تربچه انجام شده است. این آزمایش به منظور بررسی اثر زئولیت بر بهبود مقاومت گیاه تربچه به تنش کم آبی انجام شد.

مواد و روش ها

این تحقیق در پاییز سال ۱۴۰۳ در گلخانه دانشگاه گنبد کاووس در فصل پاییز به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. خاک استفاده شده در این تحقیق از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس از عمق ۳۰ - ۰ سانتی متر تهیه، مخلوط و از الک هشت میلی متری عبور داده و سپس در گلدان ها ریخته شد. برای انجام آزمایش از گلدان های با قطر و ارتفاع ۱۵ سانتی متر استفاده شد. در هر گلدان سه کیلوگرم خاک خشک ریخته شد. نمونه های خاک بعد از هوا خشک و مخلوط شدن، در

داخل گلدان‌ها ریخته شد. شکل ۱، نحوه چینش گلدان‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱- نوع چینش گلدان‌ها

خصوصیات خاک مورد استفاده

خصوصیات خاک مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. خاک مورد استفاده دارای بافت لومی بوده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

مقادیر اندازه گیری شده	خصوصیات خاک
0-30	عمق لایه خاک (cm)
0.18	هدایت الکتریکی (dS/m)
1.15	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)
22.2	شن (%)
72	سیلت (%)
5.8	رس (%)
22	ظرفیت زراعی (%)
8	نقطه پژمردگی (%)
7.1	pH
300	کلسیم Ca (ppm)
200	منیزیم Mg (ppm)
865/9	سدیم Na (ppm)
140.5	پتاسیم K (ppm)
1200	کلر Cl (ppm)

به طوری که بتواند در فاصله دو آبیاری متوالی برای نگهداری محیط زیست گیاهی بدون تنش و یا با تنش اندک برای رشد گیاه تخلیه گردد (فیفا، و همکاران، ۱۳۹۴).

برای محاسبه میزان آب مورد نیاز برای رسیدن خاک آزمایشی به نقطه ظرفیت زراعی (FC)، سه گلدان از خاک آزمایشی که سایر گلدانها نیز از همان خاک پر شدند انتخاب و سپس آبیاری به صورت اشباع انجام شد به گونه ای که آب ثقلی از زیر گلدانها خارج شود. پس از طی چند روز و رسیدن خاک به ظرفیت زراعی (عدم خروج آب از گلدان)، گلدانها مجدداً توزین شد. خاک موجود در گلدان تخلیه و درون آون در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت سه روز قرار داده شد تا آب موجود درون خاک به طور کامل تبخیر شود. سپس وزن خاک خشک شده درون آون اندازه گیری شد. میزان کاهش وزن خاک نسبت به خاک قبل از خشک کردن بیانگر آب مورد نیاز برای خاک مورد نظر تا رسیدن به ظرفیت زراعی مزرعه (FC) بود. برای تعیین زمان آبیاری در هر یک از تیمارها، بعد از آبیاری رطوبت خاک به طور مرتب و روزانه تا عمق گلدان (سه نقطه: وسط گلدان، بین وسط تا کف گلدان و بین وسط تا سطح گلدان) با استفاده از دستگاه TDR اندازه گیری و زمانی که تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک به اندازه تیمارهای آبیاری رسید، گلدانها با توجه به میزان تخلیه رطوبت، آبیاری شد.

عوامل های مورد بررسی شامل مقدار ژئولیت در چهار سطح شامل صفر، سه، شش و نه درصد وزن خاک هر گلدان و تخلیه مجاز رطوبتی خاک در سه سطح شامل تخلیه ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد آب بود. در این بررسی از ۳۶ گلدان (۳×۴×۳) استفاده شد. عملیات کاشت در مهرماه ۱۴۰۳ و همزمان با کاهش دمای هوا انجام شد. برای به دست آوردن تراکم مطلوب، در داخل هر گلدان پنج عدد بذر تربچه به صورت دایره ای کشت شد. برای سبز شدن یکنواخت در شرایط تنش و بدون تنش، چند آبیاری اول با آب شهری انجام شد. در مرحله چهار برگی، با توجه به سطح گلدانها و تراکم بهینه تربچه، در هر گلدان دو بوته باقی گذاشته و بقیه حذف شدند (تراکم بالا باعث تولید ریشه های کوچک و کشیده تر بجای گرد می شد. در تراکم کم هم ریشه ها خیلی درشت و پوک می شدند. عموماً از تولید این نوع تربچه (به علت عدم بازارپسندی) خودداری می شود. آنچه مدنظر بود بازارپسندی و قطر طبیعی بود).

تیمارهای آبیاری

تخلیه مجاز رطوبت خاک، متداول ترین معیار برای تعیین زمان آبیاری به ویژه در زمان استفاده از روش های بیلان آب در برنامه ریزی های آبیاری به شمار می آید. این معیار بیانگر بخشی از ظرفیت ذخیره آب قابل دسترس یا قابل استخراج به وسیله گیاه در ناحیه توسعه ریشه است

در طول پنج هفته اول رشد گیاه تربچه، آبیاری گلدان‌ها به‌صورت مرتب به‌منظور اطمینان از سبز شدن آن‌ها انجام شد. سپس به‌شرح زیر تنش خشکی اعمال شد: تیمار ۱: آبیاری بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی ۲۰ درصد تیمار ۲: آبیاری بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی ۴۰ درصد تیمار ۳: آبیاری بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی ۶۰ درصد

جداسازی اندام هوایی، شستشو و آماده‌سازی ریشه

در آذرماه عملیات برداشت گیاهان هم‌زمان با بازارپسند بودن ریشه‌ها (بخش متورم شده ابتدای ریشه که مصرف خوراک انسان دارد) انجام شد. بعد از برداشت گیاهان، ابتدا قسمت‌های هوایی (قسمت‌های قابل برداشت گیاه که شامل برگ (اندام اصلی فتوسنتز کننده گیاه) و بخش بسیار کمی از ساقه بود که برگ‌ها از آن خارج شدند) جدا شد. برای جداسازی ریشه گیاهان، ابتدا خاک درون گلدان که حاوی ریشه بود به آرامی روی پلاستیک ریخته شد و ریشه موجود در آن با دقت از خاک جدا گردید. سپس ریشه‌های متورم شده که قابل عرضه به بازار بود با دقت با آب شستشو و آب اضافی آن‌ها با دستمال گرفته شد.

تعیین وزن تر و خشک اندام‌ها

آنچه مدنظر بود بازارپسندی یعنی گرد بودن مهم بود. درشت شدن تربچه باعث پوکی ریشه می‌شود لذا قطر طبیعی تربچه مدنظر بود. قسمت اصلی مورد استفاده تربچه ریشه (قسمت متورم ابتدایی آن) است اما برگ‌های آن قبل از ساقه‌دهی نیز مورد استفاده انسان قرار می‌گیرند. به‌همین دلیل، ریشه متورم و قسمت‌های هوایی (برگ‌ها و قسمت

اتصال برگ‌ها به ساقه در قسمت طوقه) مدنظر قرار گرفتند لذا صفات مورد بررسی شامل وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک بوته (برگ و اندام هوایی) بود که با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وزن خشک، ریشه و اندام هوایی در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و سپس در دمای معمولی قرار داده شدند و پس از تعادل دمایی با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند.

تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver.9.4 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی تحت تأثیر ژئولیت و تخلیه مجاز رطوبت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژئولیت بر وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر تخلیه مجاز رطوبت بر وزن تر ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک بوته در سطح یک درصد و بر وزن خشک ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل ژئولیت × تخلیه مجاز رطوبت در مورد هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن تر و خشک گیاه تربچه تحت تأثیر ژئولیت و تخلیه مجاز رطوبت

منابع تغییر	صفات	درجه آزادی	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن تر بوته (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)
تکرار	2	0.312	2.307	4.038	0.096	0.131*	0.025	
ژئولیت (Z)	3	15.25**	14.43**	59.24**	0.665**	0.277**	1.736**	
تخلیه مجاز (AD)	2	14.19**	10.96**	50.07**	0.253*	0.496**	1.457**	
(AD) × (Z)	6	0.1	0.08	0.138	0.014	0.004	0.013	
خطا (Error)	22	0.58	1.272	3.028	0.066	0.036	0.139	
CV 5%	-	6.6	10.9	7.94	11.26	8.22	8.13	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار

با توجه به نتایج جدول ۲، درصد تغییرات وزن تر ریشه از وزن خشک آن خیلی کمتر هست. وقتی از ماده جاذب یا مواد دیگر برای کاهش آثار تنش استفاده می شود، درصد رطوبت گیاه را بالا می برد اما درصد ماده خشک گیاه هماهنگ با درصد وزن تر نیست و این موضوع اختلاف در مقدار ماده خشک و... را ایجاد می کند.

مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت تأثیر زئولیت و

تخلیه مجاز رطوبت

زئولیت

با توجه به جدول ۳، کمترین مقدار وزن تر و خشک ریشه ترتیب با ۱۰/۰۲ و ۱/۹۵۲ گرم مربوط به تیمار عدم مصرف زئولیت و بیشترین وزن تر و وزن خشک ریشه به ترتیب با ۱۳/۰ و ۲/۵۴۵ گرم مربوط به تیمار مصرف نه درصد زئولیت بود. بین تیمارهای شش و نه درصد زئولیت تفاوت معنی داری از نظر وزن خشک ریشه مشاهده نشد.

بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی به ترتیب با ۱۱/۶۴ و ۲/۵ گرم از تیمار مصرف نه درصد زئولیت و کمترین مقادیر از تیمار عدم مصرف زئولیت به ترتیب با ۸/۷۴۴ و ۲/۰۹۵ گرم حاصل شد. وزن تر و خشک اندام هوایی هم با افزایش درصد زئولیت افزایش یافت.

مجموع وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی مشخص کننده وزن تر و خشک بوته است. افزایش وزن ریشه و اندام هوایی با افزایش مصرف زئولیت باعث شد وزن تر و خشک بوته هم افزایش یابد. در تیمار عدم مصرف زئولیت، وزن تر و خشک بوته حداقل و به ترتیب ۱۸/۷۶ و ۴/۰۴۸ گرم بود در حالی که در تیمار مصرف نه درصد زئولیت، بیشترین وزن تر و خشک بوته به ترتیب با ۲۴/۶۳ و ۴/۹۵۳ گرم حاصل شد. اگرچه بین تیمارهای شش و نه درصد زئولیت تفاوت معنی داری مشاهده نشد اما به نظر می رسد که مصرف زئولیت توانست با جذب رطوبت خاک و قرار دادن آن در اختیار گیاه تربچه، شرایط را برای رشد بهتر تربچه فراهم کند به طوری که وزن ریشه و اندام هوایی

با افزایش مصرف زئولیت افزایش یافت. به عبارت دیگر، افزایش وزن تر و خشک بوته حاکی از آن است که استفاده از زئولیت می تواند رطوبت خاک را برای مدت بیشتری حفظ و در اختیار گیاه قرار دهد و اثرات سوء تنش خشکی را تعدیل بخشد. بررسی دهقانپور و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که زئولیت می تواند تعداد برگ در بوته و در نتیجه وزن قسمت هوایی تربچه را افزایش دهد. در بررسی مدنی و همکاران (۱۳۸۹) نیز مصرف زئولیت تأثیر مثبت بر عملکرد محصول داشت به طوری که مصرف ۳۰۰۰ کیلوگرم نسبت به عدم مصرف باعث شد میزان محصول ۲۹/۱۳ درصد بیشتر شود. مصرف زئولیت وزن برگ و ساقه (وزن خشک اندام هوایی) را نیز افزایش داد. سمسارزاده و همکاران (۱۴۰۲) افزایش وزن تر و خشک بوته گیاه گشنیز را در اثر استفاده از زئولیت کردند. گزارش شده است که مصرف هشت تن در هکتار زئولیت در شرایط ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (FC) توانست ارتفاع بوته ای آفتابگردان را ۷۳/۱۳ درصد افزایش دهد (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۰). توحیدی مقدم و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر پلیمر سوپر جاذب را بر رشد و عملکرد کلزا در شرایط تنش کم آبی مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که تنش کم آبی بیوماس کل، عملکرد و اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت و حجم کلروفیل را کاهش داد اما کاربرد این مواد در شرایط تنش آبی موجب بهبود بیوماس کل، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت شد. به نظر آنان، این مواد با افزایش ذخیره آب در خاک و قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب تر در اختیار گیاه توانستند میزان ساخت رنگیزه ها را افزایش داده، انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت تر نمایند و موجب رشد و عملکرد بیشتر کلزا در شرایط تنش آبیاری و آبیاری مطلوب (بدون تنش) شوند. ملکی و همکاران (۱۳۹۷) افزایش رطوبت قابل دسترس خاک در اثر مصرف زئولیت را عامل افزایش وزن بوته و عملکرد نخود زراعی ذکر کردند.

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن تر و خشک ریشه، اندام‌هوائی و بوته گیاه تربچه تحت تأثیر ژنولیت

صفات	وزن تر	وزن تر	وزن تر	وزن خشک	وزن خشک اندام	وزن خشک	ژنولیت (%)
	ریشه (گرم)	اندام هوائی (گرم)	بوته (گرم)	ریشه (گرم)	هوائی (گرم)	بوته (گرم)	
0	10.02	8.744	18.76	1.952	2.095	4.048	
3	11.09	9.974	21.06	2.165	2.24	4.405	
6	12.2	11.01	23.21	2.456	2.39	4.935	
9	13.0	11.64	24.63	2.545	2.5	4.953	
LSD 5%	0.75	1.1	1.7	0.25	0.19	0.36	

تخلیه مجاز رطوبت

مقایسه میانگین اثر تخلیه مجاز رطوبت بر خصوصیات گیاه نشان داد که با افزایش تخلیه مجاز از ۲۰ به ۶۰ درصد، وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوائی، وزن تر بوته، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوائی و وزن

خشک بوته کاهش یافت (جدول ۴). این کاهش در تیمار ۶۰ درصد نسبت به ۴۰ و ۲۰ درصد به ترتیب برای صفات فوق ۹/۸۲ و ۸۱/۴۹ درصد، ۹/۳۳ و ۸/۴۱ درصد، ۹/۶۱ و ۸/۲۷ درصد، ۶/۲۸ و ۶/۱ درصد، ۹/۶۲ و ۷/۳۱ درصد و ۷/۹۶ و ۶/۷۲ درصد بود.

جدول ۴- مقایسه میانگین وزن تر و خشک ریشه، اندام‌هوائی و بوته گیاه تربچه تحت تأثیر تخلیه مجاز رطوبت

صفات	وزن تر	وزن تر	وزن تر	وزن خشک	وزن خشک	وزن خشک	تخلیه مجاز (%)
	ریشه (گرم)	اندام هوائی (گرم)	بوته (گرم)	ریشه (گرم)	اندام هوائی (گرم)	بوته (گرم)	
20	12.64	11.3	23.94	2.426	2.502	4.928	
40	11.61	10.35	21.96	2.278	2.319	4.597	
60	10.47	9.384	19.85	2.135	2.096	4.231	
LSD 5%	0.65	0.05	1.47	0.22	0.16	0.32	

تنش خشکی موجب کاهش سرعت رشد، تعداد برگ و شاخه در بوته می‌شود و گیاه زودتر مرحله گل‌دهی خود را شروع می‌کند. در شرایط دیم، سطح برگ کاهش می‌یابد و با طولانی شدن دوره تنش خشکی، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک برگ کاهش می‌یابد که این امر باعث کاهش وزن بوته می‌شود. در بررسی متانت و همکاران (۱۳۹۹) آب مغناطیسی گیاه تربچه را به عنوان یک محافظ در برابر تنش خشکی محافظت می‌کند و باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. در بررسی خیام و همکاران (۱۴۰۰)، با کاربرد تیمار آبیاری I3 (۱۴۲ میلی‌متر) و کود نیتروژنی بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب به دست آمد. در بررسی دهقانپور و همکاران (۱۳۹۷) آبیاری بر طول ریشه و تعداد برگ تربچه تأثیر معنی‌دار داشت و باعث افزایش آن‌ها شد. ملکی و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی تأثیر کاربرد ژنولیت و پتاسیم بر برخی از صفات و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در مدیریت‌های مختلف آبیاری، افزایش وزن بوته و عملکرد نخودزراعی را در

تیمارهای آبیاری نسبت به عدم آبیاری گزارش کردند. تأثیر دو مرتبه آبیاری بیش از یک مرتبه آبیاری بود.

نتیجه‌گیری

تنش خشکی با تأثیر منفی بر فعالیت آنزیم‌ها و همچنین جذب آب و مواد غذایی در گیاه موجب کاهش تعداد و وزن اندام‌های آن می‌شود. این امر در بررسی حاضر مشهود بود به طوری که همه صفات مورد بررسی با افزایش تخلیه مجاز رطوبتی کاهش نشان دادند. انتظار می‌رفت این کاهش در تخلیه مجاز رطوبتی ۶۰ درصد خیلی زیاد باشد اما کشت تربچه در گلدان باعث شد زمان رسیدن به تخلیه مجاز رطوبتی ۶۰ درصد کوتاه باشد و آبیاری بعدی در فاصله زمانی کوتاهی انجام شود لذا آن‌گونه که باید آثار تنش کم‌آبی برور نکرد. به طور کلی، از بررسی صفات اندازه‌گیری شده چنین می‌توان نتیجه گرفت که تنش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک ریشه و همچنین وزن تر و خشک اندام هوائی شد که نتیجه آن کاهش وزن تر و خشک بوته بود. بر عکس، مصرف ژنولیت باعث

عدم استفاده از زئولیت) خسارت تنش را کاهش داد و باعث شد صدمه کم‌آبی به گیاه کمتر شود و وزن اندام‌های گیاه و در نتیجه وزن گیاه نسبت به تیمار عدم مصرف زئولیت افزایش یابد.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

افزایش صفات فوق شد به‌طوری‌که بیشترین وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و بوته به‌ترتیب با ۱۳، ۲/۴۵۴، ۱۱/۶۴، ۲/۵، ۲۴/۶۳ و ۴/۹۵۳ گرم به تیمار مصرف نه درصد زئولیت تعلق داشت. کمترین مقادیر هم متعلق به تیمار عدم مصرف زئولیت بود. مصرف زئولیت باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک بوته شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، زئولیت دارای قابلیت خوبی در تحمل گیاه تربچه به تنش کم‌آبی بود. زئولیت، با نگهداری بخشی از آب در خاک (نفوذ کمتر به عمق خاک و تبخیر کمتر نسبت به تیمار

فهرست منابع

۱. احمدی‌آذر، فرزاد، حسنلو، طاهره، ایمانی، علی و فیضی‌اصل، ولی. ۱۳۹۴. تنش خشکی و کاربرد زئولیت معدنی بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه پنیرک (*Malva sylvestris*). پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۲۸(۳): ۴۷۴-۴۵۹. DOI: 20.1001.1.23832592.1394.28.3.1.0.459-474
۲. اسماعیل‌پور، بهروز، فاطمی، حمیده و مرادی، معصومه. ۱۳۹۹. تأثیر عصاره جلبک دریایی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریحان در شرایط تنش کم‌آبی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱۱(۱): ۶۹-۵۹. DOI: 10.47176/jspi.11.1.10288
۳. خرسندی، صمد، بلندنظر، صاحبعلی، عدلی‌پور، محمد، ۱۳۹۵. اثر کادمیوم و زئولیت بر صفات رشد شاهی (*Lepideum sativum* L.) و تربچه (*Raphanus sativus* L.). فناوری تولیدات گیاهی ۱۶(۱): ۱۴۶-۱۳۷. DOI: 10.22084/PPT.2016.1770
۴. خان‌احمدی، تقی، فراستی، معصومه، نخزری مقدم، علی، ذاکری‌نیا، مهدی، ۱۴۰۳. بررسی اثر تنش آبی و کود کمپوست بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه گل گاو زبان ایرانی. نشریه رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست. ۳(۲): ۱۷-۲۳. DOI: 10.22034/nawee.2024.434886.106123-17
۵. خیام، سلیمان، مشعل، محمود، علی‌نیایی فرد، ساسان، وراوی‌پور، مریم، ۱۴۰۰. تعیین کارایی مصرف آب و تابع تولید آب-نیروژن برای گیاه تربچه. مجله مدیریت آبیاری و آب. ۲(۱۱): ۳۱۵-۳۲۴. DOI: 10.22059/JWIM.2021.312061.834.
۶. دهقانپور، صدیقه، شمیلی، منصوره و میرزاعلیان دستجردی، عبدالمجید، ۱۳۹۷. تأثیر زئولیت بر کاهش اثرات تنش کم‌آبی در تربچه (*Raphanus sativus* var. *radicula* L.). دومین همایش بین‌المللی و سومین همایش ملی کشاورزی، محیط‌زیست و امنیت غذایی. ۱۵ اسفند ماه، جیرفت، ایران.
۷. سمسارزاده، مهدیه، سیف‌زاده، سعید، درویشی زیدآبادی، داوود، ذاکرین، حمید رضا و حدیدی ماسوله، اسماعیل، ۱۴۰۲. تأثیر زئولیت بر خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱۲(۵۳): ۹۱-۱۰۵. DOI: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4.91-105
۸. طباطبایی، سید حسن، مردانی‌نژاد، سارا و زارع‌ابیان، حمید، ۱۳۹۳. اثر تنش آبی بر رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب فلفل در شرایط گلخانه‌ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸(۱): ۶۳-۷۱.

DOI: 10.22092/JWRA.2015.101165.

۹. طالقانی، داریوش، سالمی، حمیدرضا، فرزاد نیا، مسعود، صدوقیان، سیدحسین، ۱۴۰۰. ارزیابی تحمل تنش خشکی ژنوتیپ های چغندر قند روش های آبیاری جویچه ای و قطره ای نواری (تیپ). فصلنامه علوم زراعی زراعی ایران.

DOI: 20.1001.1.15625540.1400.23.1.1.5.۱-۱۳:۲۳(۱)

۱۰. فیفا، رضا، فتوحی قزوینی، رضا، گلچین، بهروز و حمیداوغلی، یوسف، ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی بر مقدار پرولین، قندهای محلول، مالون دی آلدئید و رنگدانه ها در پایه های تجاری مرکبات شمال کشور. به زراعی کشاورزی. ۱۷(۴):

<https://doi.org/10.22059/jci.2015.55142.۹۳۹-۹۵۲>

۱۱. کرمی، سمیه، هادی، هاشم، تاج بخش شیشوان، مهدی، و مدرس ثانی، سید علی، ۱۳۹۷. اثر سطوح مختلف نیتروژن و ژئولیت بر محتوای کلروفیل، کمیت و کیفیت علوفه تاج خروس تحت تنش کم آبیاری. به زراعی کشاورزی. ۲۰(۱):

DOI: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.44.1.۶۷-۸۴

۱۲. گویلی، ادریس، موسوی، سید علی اکبر و کامگارحقیقی، علی اکبر، ۱۳۹۵. اثر بیوچار کود گاوی و تنش رطوبتی بر ویژگی های رشد و کارایی مصرف آب اسفناج در شرایط گلخانه ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب). ۳۰(۲): ۲۵۹-۲۴۳.

DOI: 10.22092/JWRA.2016.106647.۲۴۳-۲۵۹

۱۳. متانت، معصومه، بانزاد، حسین، گلدانی، مرتضی، قلی زاده، مصطفی، ۱۳۹۹. بررسی اثر آب مغناطیسی و پرایمینگ بر عملکرد صفات مورفولوژیکی گیاه تربچه تحت تنش خشکی. مجله مدیریت آبیاری و آب. ۱۰(۱): ۷۵-۸۷

DOI: 10.22059/JWIM.2020.292673.729

۱۴. مدنی، حمید، مقیمی، آرشد و ساجدی، نورعلی، ۱۳۸۹. تأثیر مقادیر مختلف ژئولیت و دور آبیاری بر عملکرد و برخی صفات سیب زمینی. یافته های نوین کشاورزی ۴(۳): ۲۸۹-۲۹۱.

۱۵. ملکی، سوده، نخزری مقدم، علی، صباغ پور، سید حسین، نوری نیا، عباسعلی و صبوری، حسین، ۱۳۹۷. بررسی تأثیر کاربرد ژئولیت و پتاسیم بر برخی از صفات و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در مدیریت های مختلف آبیاری.

DOI: 10.22067/IJPR.V9I2.61250.۱۱۴-۱۲۵: (۲)۹

۱۶. یوسفوند، پیمان، ساجدی، نورعلی و میرزاخانی، محمد، ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی، مصرف ژئولیت و سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. یافته های نوین کشاورزی: ۳۲۵-۳۳۹.

17. Ashraf, M. and Foolad, M.R., 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 59(2): 206-216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>
18. Ge, G., Li, Z., Fan, F., Chu, G., Hou, Z. and Liang, Y., 2010. Soil biological activity and their seasonal variations in response to long-term application of organic and inorganic fertilizers. *Plant and Soil*. 326: 31-44. <https://www.jstor.org/stable/24130418>.
19. Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Onus, A. Naci., 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 12: 183-189.
20. Rajabnia, M., Farasati, M., Nakhzari Moghaddam, A., Heshmatpour, A., 2024. Effects of biochar, foliar application of amino acid, and drought stress on physiological and morphological traits, yield components, and water use efficiency in *Spinacia Oleracea*. *Water Harvesting Research*. 2(7): 210-219. DOI: 10.22077/JWHR.2024.8139.1153
21. Tohidi-Moghadam, H.R., Shirani-Rad, A.H., Nour-Mohammadi, G., Habibi, D., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mashhadi-Akbar-Boojari, M. and Dolatabadian, A., 2009. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 39(3): 243-250.