

## اثر کاربرد زئولیت طبیعی و مدیریت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی

سیاهدانه (*Nigella sativa L.*)

علی بیکی و عباس خاشعی سیوکی<sup>۱\*</sup>

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

ali.beyki@mail.um.ac.ir

دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند.

abbaskhashei@birjand.ac.ir

### چکیده

این پژوهش با هدف مطالعه و بررسی اثر بر همکنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در طول یک فصل زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۷) انجام شد. طرح آزمایش بلوک‌های کاملاً تصادفی و بصورت کرت های خرد شده بود و تیمار آبیاری به عنوان تیمار فرعی در دو سطح (I<sub>1</sub> و I<sub>2</sub>: به ترتیب آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی) و تیمار زئولیت به عنوان تیمار اصلی در سه سطح (Z<sub>0</sub>: بدون مصرف و Z<sub>1</sub> و Z<sub>2</sub>: به ترتیب با استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح دو و چهار گرم به ازای هر کیلوگرم خاک) با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. تحت اثر بر همکنش زئولیت و تنش آبی، بیشترین مقادیر پارامترهای ارتفاع بوته ۱۶/۸۸ سانتیمتر، وزن تر و خشک، و وزن هزاردانه به ترتیب ۱۱/۹۶، ۹/۳۳، و ۱۳/۱۹ گرم، و تعداد کپسول در بوته و دانه در کپسول بترتیب ۱۰/۱۱ و ۵۲/۴۴ و عملکرد دانه ۸۷۴/۷۷ کیلوگرم در هکتار و کارآیی مصرف آب ۰/۱۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین مقادیر حاصله به ترتیب با مقادیر ۱۳/۳۳ سانتیمتر، ۷/۴، ۵/۰۵، ۱۱/۹۵ گرم، ۸/۳۳ و ۴۴/۴۴ برای تعداد کپسول در بوته و دانه در کپسول، ۷۴۸ کیلوگرم در هکتار و ۰/۱۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. تنش آبی منجر به کاهش خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه گردید بر این اساس، کاربرد زئولیت در سطوح زیاد (۱۵ تن در هکتار) و علی‌الخصوص تحت اثر آبیاری کامل گیاه می‌تواند منجر به حداکثر میزان عملکرد و خصوصیات رشد سیاهدانه شود.

واژه‌های کلیدی: بیرجند، تنش آبی، خصوصیات رشد

۱- آدرس نویسنده مسئول: گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

\*- دریافت: شهریور ۱۳۹۷ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

**مقدمه**

آب یکی از مهمترین عوامل محیطی در تولید محصولات مختلف می‌باشد. به طوری که کمبود آن می‌تواند صدمات شدیدی به رشد و نمو و همچنین ماده مؤثره گیاهان دارویی وارد نماید. آب نه تنها به لحاظ اکولوژیکی بلکه از نظر فیزیولوژیکی نیز برای گیاه دارای اهمیت است، زیرا در اکثر فرآیندهای داخلی گیاه دخالت داشته و تقریباً تمام فعالیت‌های متابولیکی سلول‌های گیاهی از جمله ساخت مواد مؤثره در گیاهان دارویی بستگی به وجود آب دارد (لتچامو و همکاران، ۱۹۹۵). افزایش جمعیت، عرضه ناکافی دارو، بالا بودن هزینه درمان‌های رایج، اثرات سوء جانبی داروها و شکل‌گیری مقاومت در عوامل مولد بیماری‌های عفونی نسبت به داروهای موجود منجر به افزایش تأکید بر استفاده از مواد گیاهی به عنوان منبع دارویی برای درمان انواع بیماری‌ها شده است (جوی و همکاران، ۲۰۰۱). با توجه به تأییدی که کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد دارد، گیاهان دارویی که محصولاتی کیفی می‌باشند، گزینه مناسبی برای این سیستم محسوب می‌شوند و به نظر می‌رسد که در چنین شرایطی، حداکثر رشد و عملکرد از آن‌ها حاصل گردد (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۲). افزودن ژئولیت به خاک، یکی از راهکارهای امکان‌پذیر برای کاهش اثرات کمبود آب بر تولید گیاهان زراعی می‌باشد. ژئولیت‌ها گروهی از کانی‌های متخلخل طبیعی هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود، اجازه عبور برخی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند. ژئولیت‌ها قادر هستند تا ۷۰ درصد حجم خود آب جذب کنند که این توانایی ناشی از تخلخل بالای آنها می‌باشد که از ساختمان بلوری آنها نشأت می‌گیرد. ژئولیت می‌تواند به عنوان تنظیم کننده آب عمل کند زیرا یکی از خصوصیات مهم آن توانایی جذب آب و پس دادن آب می‌باشد که می‌توان از آن برای بهبود تعادل آب در خاک در شرایط کمبود رطوبت، بویژه در مراحل رشدی حساس به کاهش رطوبت استفاده کرد

(هارب و محمود، ۲۰۰۹). مشخص شده است که کاربرد ژئولیت، ثابت ماندن مخزن آب در منطقه ریشه در طول دوران خشکی را تضمین کرده و به انتشار افقی آب در خاک کمک می‌کند (پولات و همکاران، ۲۰۰۴). محققان بسیاری گزارش نموده‌اند که ژئولیت نقش مؤثری در بهبود ساختار فیزیکی خاک، از طریق اصلاح ظرفیت تبادل کاتیونی خاک دارد که این موضوع به دلیل کاهش آبشویی نیتروژن و افزایش حضور کودها در ناحیه ریشه می‌باشد. بعلاوه ژئولیت می‌تواند باعث افزایش مقدار آب قابل دسترس برای گیاه شود (ایپولیتو و همکاران، ۲۰۱۱ و حضرتی و همکاران، ۲۰۱۵ و کریمی و همکاران، ۲۰۱۳). سیاهدانه (*Nigella sativa L.*) گیاهی یک‌ساله متعلق به تیره آلاله به ارتفاع ۶۰ تا ۷۰ سانتیمتر، برگ‌ها به رنگ سبز خاکستری دارای بریدگی‌های نخعی، گل‌ها به رنگ سفید تا آبی و میوه بصورت کپسول (فولیکول) می‌باشد که درون آن تعداد زیادی دانه سیاه و معطر قرار دارد (رضائی چیاپه و پیرزاد، ۱۳۹۳).

نتایج حاصل از پژوهش احمدی و همکاران (۱۳۹۲) نشان از این داشت که در گیاه دارویی بادرنجبویه استفاده از دو درصد وزنی ژئولیت تأثیر مثبت معنی‌داری بر وزن تر کل، وزن تر برگ، طول برگ و وزن خشک برگ نسبت به مقدار شش درصد وزنی نشان داد. نتیجه مطالعه بهادر و تدین (۱۳۹۶) نشان داد که افزایش میزان آب آبیاری به دلیل حضور ژئولیت در خاک اطراف ریشه باعث افزایش شیب رشد در ویژگی‌های شاخص و دوام سطح برگ، دوام زیست توده و سرعت رشد محصول و همچنین شاخص کلروفیل برگ در گیاه شاهدانه شد و بطور کلی، ژئولیت موجب تخفیف زیان ناشی از کمبود آب در صفات موردبررسی گردید. از این رو با توجه به نقش ژئولیت در ایجاد شرایط لازم جهت رشد بهتر شاهدانه، کاربرد مقدار ۱۰ تن ژئولیت در هکتار به ویژه در شرایط تنش شدید مفید به نظر می‌رسد. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری صفات وزن تر و وزن خشک بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گل، تعداد

عرض جغرافیایی  $32^{\circ}53'$  شمالی و طول جغرافیایی  $13^{\circ}55'$  شرقی و با ارتفاع  $1480$  متر از سطح دریا واقع شده، انجام شد. بدین منظور تیمار آبیاری در دو سطح  $I_1$  و  $I_2$ : آبیاری با تأمین  $100$  درصد و  $50$  درصد نیاز آبی) و تیمار زئولیت در سه سطح ( $Z_0$ : بدون کاربرد زئولیت و  $Z_1$  و  $Z_2$ : به ترتیب استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح دو و چهار گرم به ازای هر کیلوگرم خاک) با سه تکرار در نظر گرفته شد. پس از شخم اولیه و آماده سازی کرت ها با ابعاد  $2 \times 2$  متر مربع و با فاصله  $0/5$  متر از یکدیگر، زئولیت ها با توجه به نسبت مورد نظر با خاک مزرعه مخلوط شدند. سپس سیاهدانه (با حداکثر عمق ریشه  $25$  سانتیمتر در کرت های مورد نظر) بصورت دستی و با مقدار  $12$  کیلوگرم بذر مصرفی در هکتار با فاصله  $20$  سانتیمتری ردیف های کشت از همدیگر به تاریخ  $20$  اسفند ماه  $1396$  کشت گردید. بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری انجام گردید که روش آبیاری بصورت کرتی بود و حجم آبیاری توسط کنتور حجمی اندازه گیری شد.

$$H = \rho_b(\Theta_{F.C.} - \Theta_m)D \quad (1)$$

$$V = H \times A \quad (2)$$

در معادله های (۱) و (۲)،  $H$  میزان حداکثر عمق ذخیره سازی آب در خاک منطقه ریشه ( $m$ )،  $\rho_b$  جرم مخصوص ظاهری خاک ( $kg.m^{-3}$ )،  $\Theta_{F.C.}$  رطوبت در حد ظرفیت زراعی (بر حسب درصد وزنی)،  $\Theta_m$  رطوبت جرمی کرت مورد نظر در زمان آبیاری (بر حسب درصد وزنی)،  $D$  عمق توسعه ریشه ( $m$ )،  $V$  حجم آب آبیاری در کرت ( $m^3$ ) و  $A$  مساحت کرت مورد نظر ( $m^2$ ) است (ماهرخ و عزیزی،  $1393$ ). نیاز آبی از فرمول  $1$  محاسبه گردید. دور آبیاری ثابت از تقسیم مقدار آب مورد نیاز آبیاری بر مقادیر تبخیر و تعرق روزانه اندازه گیری شده توسط ایستگاه هواشناسی مجاور منطقه مورد مطالعه دور آبیاری هفت روز محاسبه گردید و اعمال تیمارهای تنش آبی پس از رسیدن گیاهان به مرحله چهار برگی حقیقی انجام پذیرفت. میزان آب مورد نظر تیمار شاهد بر اساس میزان نیاز آبی گیاه مصرفی در طول دوره هفت روزه محاسبه گردید که نمی بایست از

میانگرمه و درصد اسانس در پژوهش قلی زاده و همکاران ( $1385$ ) نشان داد که مصرف زئولیت بر وزن خشک و تعداد میانگرمه تأثیر معنی دار نداشت ولی تأثیر آن روی سایر صفات در سطح یک درصد معنی دار بود. اثر تنش خشکی (سطح تخلیه رطوبت خاک) روی چهار صفت سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گل و تعداد میانگرمه معنی دار نبود ولی بر وزن تر و خشک، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و درصد اسانس اثر معنی دار داشت. اثر متقابل زئولیت و سطوح مختلف تخلیه رطوبت خاک بر چهار عامل وزن تر، وزن خشک، تعداد گل و تعداد میانگرمه معنی دار نبود در حالی که روی سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد برگ و درصد اسانس اثر معنی دار داشت. طبق نتایج پژوهش ولدآبادی ( $1392$ ) تنش خشکی صفات مورد بررسی شامل وزن خشک برگ و بوته در واحد سطح، تعداد شاخه فرعی و نسبت وزن خشک برگ و گل به ساقه را تحت تأثیر قرار داده است و کاربرد کودهای بیولوژیک و زئولیت نیز بر وزن خشک برگ و بوته و نسبت وزن خشک برگ و گل به ساقه اثر معنی داری داشته است و کاربرد کودهای زیستی و زئولیت توانسته است اثرات سوء تنش خشکی را در گیاه مرزه در حد معنی داری کاهش دهد. در این پژوهش سعی گردید اثر زئولیت بر عملکرد و خصوصیات رشد گیاه سیاهدانه که تاکنون در منطقه بیرجند بررسی نگردیده است تا با هدف استفاده از پتانسیل بالای رشد گیاهان دارویی در محدوده منطقه مورد مطالعه و با توجه به لزوم صرفه جویی در مصرف آب و رسیدن به حداکثر محصول به ازای کمترین مقدار آب مصرفی، مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

#### مواد و روش ها

این پژوهش در طول یک فصل زراعی ( $1396$ ) - ( $1397$ ) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و به صورت کرت های خرد شده در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند که در فاصله  $5$  کیلومتری غرب شهر بیرجند در مسیر جاده بیرجند- طبس، مجاور روستای امیرآباد با

میزان H بیشتر شود و تیمارهای تنش بر اساس آن تعیین شد. خاک مورد استفاده از عمق (۰-۳۰) سانتیمتر زمین زراعی محل اجرای آزمایش با بافت متوسط (لوم رسی) تهیه شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام پژوهش

ویژگی	شن	سیلت	رس	جرم مخصوص	EC	pH	کربن آلی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
واحد	%	%	%	gr/cm <sup>3</sup>	dS/m	***	%	mg/kg	mg/kg
مقدار	۲۹/۷	۳۴/۶	۳۵/۷	۱/۵	۱/۲	۷/۶۱	۵۳	۹/۲	۲۶۱

ارتفاع بوته (۱۳/۳۳ سانتی متر) نیز از تیمار I<sub>2</sub> (آبیاری با تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی) حاصل گردید. شرایط محیطی از جمله تنش خشکی، به میزان زیادی ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. طی بروز تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب بافت‌های مرستمی در طول روز موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول-ها می‌گردد. از آنجا که اندام‌های هوایی حساسیت بیشتری به تنش کم‌آبی دارند و محدودیت نمود گیاه در اثر کمبود رطوبت خاک در قسمت‌های هوایی زودتر اتفاق می‌افتد. هر گونه کمبود آب موجب تقلیل بیشتر آماس سلولی، کاهش تقسیم و توسعه سلولی به خصوص در ساقه و برگ-ها می‌شود. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع یا اندازه کوچک‌تر برگ‌ها تشخیص داد. در میان تیمارهای ژئولیت، بیشترین ارتفاع بوته (۱۷/۵ سانتی متر) مربوط به تیمار Z<sub>2</sub> (استفاده از ژئولیت پتاسیمی در سطح چهار گرم به ازای هر کیلوگرم خاک) و کمترین ارتفاع بوته (۱۲/۸۳ سانتی متر) متعلق به تیمار Z<sub>0</sub> (شاهد) می‌باشد. مطابق شکل ۱ با افزایش سطح ژئولیت افزوده شده به خاک در هر دو سطح آبیاری، افزایش ارتفاع بوته مشاهده شد که اختلاف آن‌ها معنی‌دار می‌باشد. همچنین آهنگ افزایش ارتفاع تحت تأثیر آبیاری کامل نسبت به حالت تنش آبی (I<sub>2</sub>) بیشتر است. مقادیر بالای ژئولیت با تنش رابطه خوبی نداشته و تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع نداشته اما در حالت آبیاری کامل گیاه می‌تواند بیشترین ارتفاع بوته را نتیجه دهد.

برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. وجین علف‌های هرز بصورت دستی در دو مرحله در طول فصل رشد انجام گردید. محصول نیز در تاریخ ۹۷/۴/۲ برداشت گردید. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای از بوته‌های واقع در یک متر مربع وسط هر کرت برداشت انجام گردید. عملکرد دانه از حاصلضرب وزن کل دانه‌ها بر حسب کیلوگرم در مساحت یک هکتار (۱۰۰۰۰ مترمربع) محاسبه گردید. شاخص کارآیی مصرف آب نیز پس از بدست آوردن وزن محصول نهایی و تبدیل آن به کیلوگرم و سپس تقسیم این مقدار بر کل مقدار آب مورد استفاده در طول فصل رشد بر حسب مترمکعب به دست آمد. تجزیه واریانس دو طرفه داده‌ها (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها بر اساس روش دانکن با استفاده از ماکرووی DSAASTAT نرم افزار MS Excel 2013 در سطح پنج درصد انجام گرفت.

## نتایج و بحث

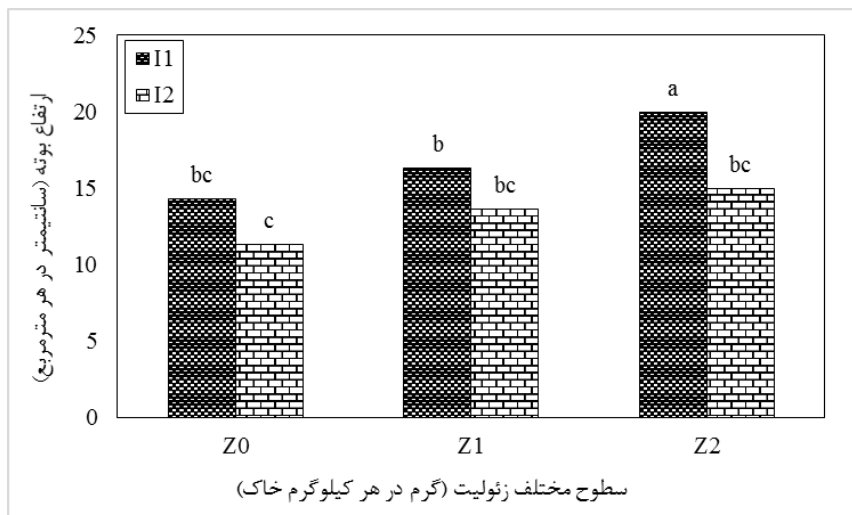
### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش آبی و ژئولیت به ترتیب در سطوح پنج درصد و یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲) سطح معنی‌داری پنج درصد ناشی از اثر تنش آبی مطابق با نتایج پژوهش ماهرخ و عزیز (۱۳۹۳) بر ارتفاع بوته است. مطابق جدول ۳ بین تیمارهای آبیاری، بیشترین ارتفاع بوته (۱۶/۸۸ سانتی متر) از تیمار I<sub>1</sub> (آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و کمترین

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه تحت تأثیر تنش آبی و زئولیت

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته (cm)	وزن تر (gr)	وزن خشک (gr)	وزن هزاردانه (gr)	تعداد کیسول در بوته	تعداد دانه در هر کیسول	عملکرد دانه (kg/hk)	شاخص کارایی مصرف آب (kg/m <sup>3</sup> )
تکرار	۲	۱۲/۳۸	۳۵/۲۰	۲۶/۶۰	۰/۳۱۶	۷/۳۸	۶/۰۵	۱۴۱/۵۵	۰/۰۰۰۰۰۸۶
تنش آبی	۱	۵۶/۸۸*	۹۳/۸۴	۸۲/۵۶	۶/۸۴*	۱۴/۲۲	۲۸۸*	۷۳۳۲۶/۷۳*	۰/۰۰۰۱۳*
خطا	۲	۱/۷۲	۱۱/۱۰	۶/۸	۰/۱۶۹	۱۱/۰۵	۶/۵	۲۱۳۴/۲۲	۰/۰۰۰۰۵۷
زئولیت	۲	۳۲/۷۳**	۱۰۷/۲۳*	۸۳/۶**	۳/۲۳*	۱۰/۸۸	۱۰۱/۷۲	۱۰۴۱۲۴/۲۳**	۰/۰۰۰۲۷**
تنش آبی × زئولیت	۲	۲/۳۸	۲۷/۳۶	۲۸/۲۷	۰/۹۸۱	۲۰/۲۲	۱۱/۱۶	۱۲۴۸۹/۵۵	۰/۰۰۰۴۸
ضریب تغییرات (%)	-	۱۲/۰۳	۳۹/۲۷	۴۱/۰۰۴	۵/۳۵	۳۰/۱۳	۱۱/۸۹	۹/۰۹	۹/۸۴

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح پنج و یک درصد



شکل ۱- بر هم کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر ارتفاع بوته

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه تحت تأثیر تنش آبی و زئولیت\*

کارایی مصرف آب (kg/m <sup>3</sup> )	عملکرد دانه (kg/ha)	تعداد دانه در هر کیسول	تعداد کیسول در بوته	وزن هزار دانه (gr)	وزن خشک (gr)	وزن تر (gr)	ارتفاع بوته (cm)	ویژگی تیمار
۰/۱۱۸ <sup>a</sup>	۸۷۴/۷۷ <sup>a</sup>	۵۲/۴۴ <sup>a</sup>	۱۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱۳/۱۹ <sup>a</sup>	۹/۳۳ <sup>a</sup>	۱۱/۹۶ <sup>a</sup>	۱۶/۸۸ <sup>a</sup>	تنش آبی I1
۰/۱۳۵ <sup>a</sup>	۷۴۸ <sup>a</sup>	۴۴/۴۴ <sup>a</sup>	۸/۳۳ <sup>a</sup>	۱۱/۹۵ <sup>a</sup>	۵/۰۵ <sup>a</sup>	۷/۴ <sup>a</sup>	۱۳/۳۳ <sup>a</sup>	I2
۰/۱۰۴ <sup>b</sup>	۶۷۳/۱۶ <sup>b</sup>	۴۴/۶۶ <sup>a</sup>	۹ <sup>a</sup>	۱۱/۷۳ <sup>a</sup>	۴/۰۶ <sup>a</sup>	۶/۳۳ <sup>a</sup>	۱۲/۸۳ <sup>a</sup>	زئولیت Z0
۰/۱۳۰ <sup>ab</sup>	۸۲۵/۵ <sup>ab</sup>	۴۷/۸۳ <sup>a</sup>	۸ <sup>a</sup>	۱۲/۹۰ <sup>a</sup>	۶/۱۸ <sup>a</sup>	۸/۲۸ <sup>a</sup>	۱۵ <sup>a</sup>	Z1
۰/۱۴۶ <sup>a</sup>	۹۳۵/۵ <sup>a</sup>	۵۲/۸۳ <sup>a</sup>	۱۰/۶۶ <sup>a</sup>	۱۳/۰۸ <sup>a</sup>	۱۱/۳۳ <sup>a</sup>	۱۴/۴۳ <sup>a</sup>	۱۷/۵ <sup>a</sup>	Z2

\* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند

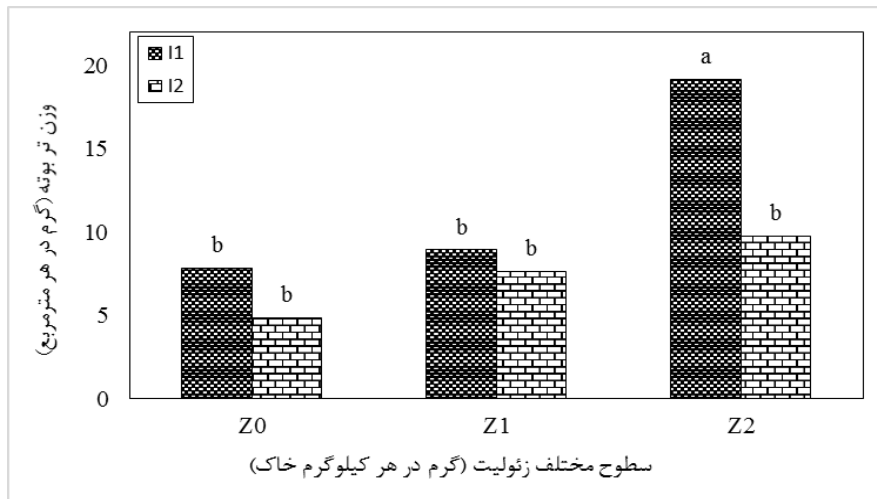
### وزن تر و خشک بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تنها اثر زئولیت در سطح پنج درصد بر وزن تر بوته معنی دار بوده است. تأثیر مقدار زئولیت نیز بر وزن تر معنی - دار بود که می‌توان آنرا ناشی از خاصیت جذب آب زئولیت و پس دادن آب در هنگام نیاز گیاه به آب دانست که مطابق

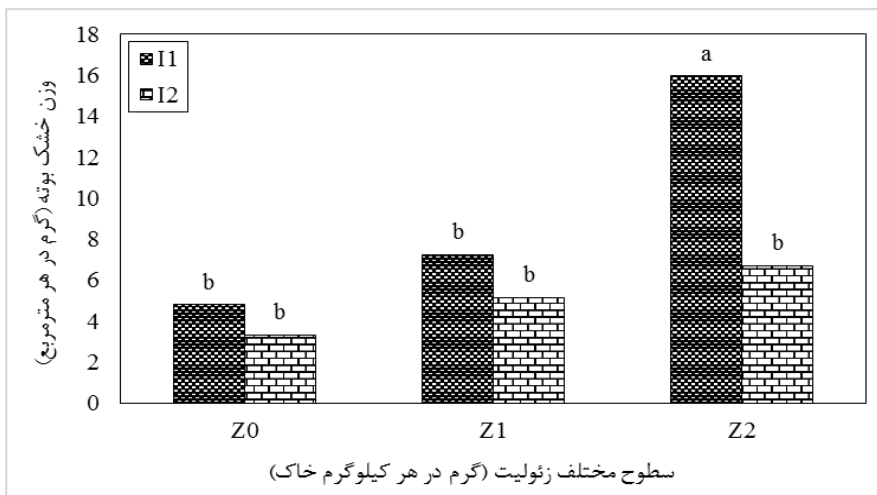
با نتایج پژوهش احمدی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی گیاه بادرنجبویه می‌باشد که در سطح پنج درصد می‌باشد. برای تیمارهای تنش آبی بیشترین و کمترین وزن تر بوته بر حسب گرم به ترتیب با ۱۱/۹۶ و ۷/۴ برای تیمار I1 و I2 به دست آمدند. برای تیمارهای مختلف زئولیت نیز بیشترین وزن تر بوته بر حسب گرم با مقدار ۱۴/۴۳ مربوط به Z2 و

حالت آبیاری کامل حدود ۲/۴۵ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش وزن تر و ۳/۳ برابر افزایش وزن خشک را شاهد هستیم که دارای تفاوت معنی‌داری هستند و در تیمار ۵۰ درصد آبیاری، وزن تر و خشک در سطح شاهد زئولیت افزوده شده به خاک در پایین‌ترین مقدار خود بوده و بیشترین مقادیر آن‌ها در تیمار زئولیت  $Z_2$  مشاهده می‌شود. همچنین از مقایسه مقادیر وزن تر و خشک تحت تأثیر آبیاری کامل و آبیاری در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی در بالاترین سطح زئولیت تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود.

کمترین مقدار این پارامتر با ۶/۳۳ گرم مربوط به تیمار  $Z_0$  می‌باشد (جدول ۳). همچنین مطابق نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ برای پارامتر وزن خشک بوته، اثر زئولیت در سطح یک درصد بر وزن خشک بوته معنی‌دار است. همچنین مطابق جدول ۳ برای تیمارهای تنش آبی، بیشترین و کمترین وزن خشک بوته به ترتیب با ۹/۳۳ و ۵/۰۵ گرم برای تیمار  $I_1$  و  $I_2$  به دست آمدند و برای تیمارهای مختلف زئولیت، بیشترین و کمترین وزن خشک بوته به ترتیب با ۱۱/۳۲ و ۴/۰۶ گرم برای تیمار  $Z_2$  و  $Z_0$  به دست آمدند. مطابق شکل‌های (۲) و (۳) در بالاترین سطح زئولیت در



شکل ۲- برهم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر وزن تر بوته

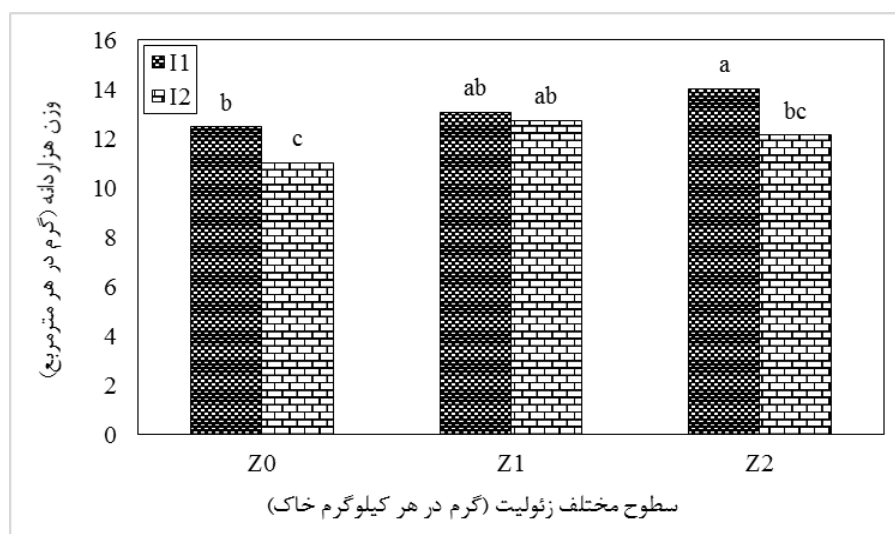


شکل ۳- برهم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر وزن خشک بوته

## وزن هزاردانه

معنی دار می‌باشد؛ که می‌تواند بعلت وجود خطا در آزمایش باشد. سطح زئولیت  $Z_2$  تحت اثر تیمار آبیاری  $I_1$  بیشترین مقدار وزن هزاردانه را در بر داشته است. (شکل ۴). در تیمارهایی که رطوبت خاک مناسب بود باعث افزایش رشد سبزینه ای و به دنبال آن افزایش تعداد چتر در بوته حاصل شد که خود پتانسیل تولید بیشتر تعداد دانه در بوته را افزایش داد و در نتیجه باعث شد که بین دانه‌های در حال پرشدن که مخزن‌هایی قوی برای جذب مواد فتوسنتزی می‌باشند رقابت شدید ایجاد شود که حاصل آن تولید تعداد زیادی دانه‌های کوچک با وزن کم بود. به نظر می‌رسد که بدلیل اثر منفی تنش خشکی بر میزان فتوسنتز و تولید ناکافی مواد لازم برای پر شدن دانه‌ها، میانگین وزن هر دانه کاهش یافته و باعث کاهش وزن هزار دانه شده است. همچنین تنش خشکی احتمالاً باعث کاهش طول دوره پرشدن دانه و در نتیجه وزن دانه گردیده است.

اثر اعمال تنش آبی و اثر زئولیت هر دو در سطح پنج درصد بر وزن هزار دانه معنی دار است (جدول ۲) که سطح اثر پنج درصدی اعمال تنش آبی مطابق با نتایج پژوهش ماهرخ و عزیزی (۱۳۹۳) می‌باشد. در بین تمام تیمارهای تنش خشکی و زئولیت بیشترین وزن هزار دانه در تیمارهای  $I_1$  و  $Z_2$  به ترتیب با مقادیر  $13/19$  و  $13/08$  بر حسب گرم به دست آمد و در مقابل آن کمترین وزن هزاردانه در دو تیمار  $I_2$  و  $Z_0$  (تیمار شاهد زئولیت) با مقادیر  $11/95$  و  $11/73$  بر حسب گرم حاصل گردید (جدول ۳). افزایش سطح زئولیت به بالاترین سطح در تیمار آبیاری کامل افزایش معنی داری بر وزن هزار دانه نشان داد و در تیمار  $I_2$  در حالت  $Z_1$  به بیشترین مقدار خود رسید و سپس با کاهش روبرو شد که این کاهش و افزایش نوسانی نیز



شکل ۴- بر هم کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر وزن هزار دانه

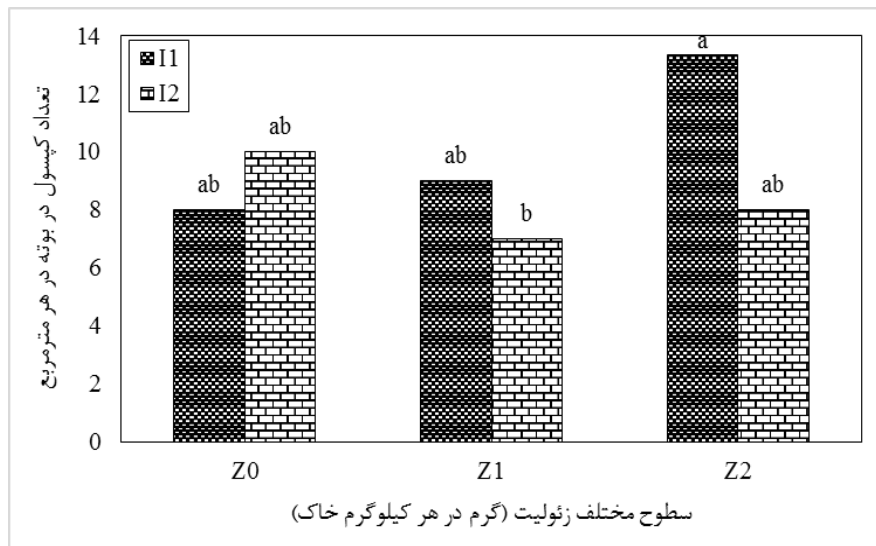
تعداد آن به ترتیب مربوط به تیمار  $Z_2$  و  $Z_1$  با مقادیر  $10/666$  و  $8$  بدست آمد. تنها تأثیر تنش آبی در سطح پنج درصد بر تعداد دانه در هر کپسول معنی دار می‌باشد (جدول ۲). از بین دو تیمار مختلف تنش خشکی بیشترین تعداد دانه در هر کپسول مربوط به تیمار  $I_1$  با مقدار  $52/44$  و کمترین مقدار مربوط به  $I_2$  با مقدار  $44/44$  و از بین سه تیمار مختلف زئولیت، بیشترین مقدار تعداد دانه در هر کپسول و کمترین تعداد آن به ترتیب مربوط به تیمار  $Z_2$  و

## تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در هر کپسول

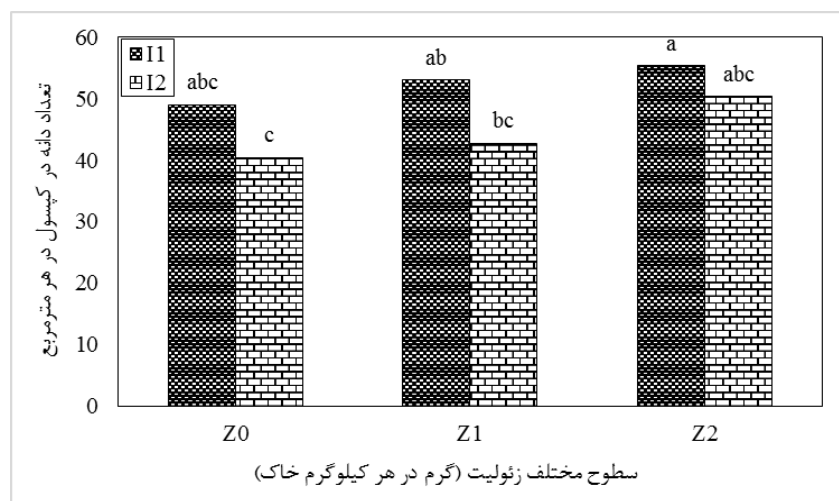
مطابق با نتایج حاصل از تجزیه واریانس موجود در جدول ۲ هیچ‌یک از منابع تغییر بر تعداد کپسول در هر بوته معنی دار نبود اما با توجه به مقادیر موجود در جدول ۳ از بین دو تیمار مختلف تنش خشکی بیشترین تعداد کپسول در بوته مربوط به تیمار  $I_1$  با مقدار  $10/111$  و کمترین مقدار مربوط به  $I_2$  با مقدار  $8/33$  و از بین سه تیمار مختلف زئولیت، بیشترین مقدار تعداد کپسول در بوته و کمترین

بیشترین مقدار است که نسبت به تیمار شاهد افزایش دارد که چندان زیاد نبوده و معنی دار هم نیست اما افزایش دانه-های کیسول‌ها تحت تأثیر آبیاری ۵۰ درصد از سمت تیمار شاهد ژئولیت به سمت بیشترین سطح ژئولیت معنی دار می-باشد و بیشترین تعداد دانه در کیسول در این حالت در تیمار بیشترین مقدار ژئولیت مشاهده گردید (شکل ۶).

$Z_0$  با مقادیر ۵۲/۸۳ و ۴۴/۶۶ بدست آمد (جدول ۳). همچون پارامترهایی که پیشتر توضیح داده شد اثر افزایش سطح ژئولیت تحت تأثیر آبیاری کامل گیاه نیز بر افزایش تعداد کیسول (فولیکول) مشهود است. بیشترین تعداد کیسول در بوته در حالت  $I_1Z_2$  و کمترین تعداد کیسول در حالت  $I_2Z_1$  به دست آمد (شکل ۵). افزایش تعداد دانه در کیسول‌ها در حالت آبیاری کامل در بالاترین سطح ژئولیت



شکل ۵- برهم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف ژئولیت بر تعداد کیسول در بوته



شکل ۶- برهم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف ژئولیت بر تعداد دانه در هر کیسول

این سطح این معنی‌داری به ترتیب پنج درصد و یک درصد بدست آمد (جدول ۲) که سطح معنی‌داری یک درصد ناشی از تأثیر ژئولیت مطابق با نتایج پژوهش اسکندری زنجانی و همکاران (۱۳۹۰) است. مطابق نتایجی که در جدول ۳ موجود است مقدار ۸۷۴/۷۷ کیلوگرم بر هکتار به عنوان

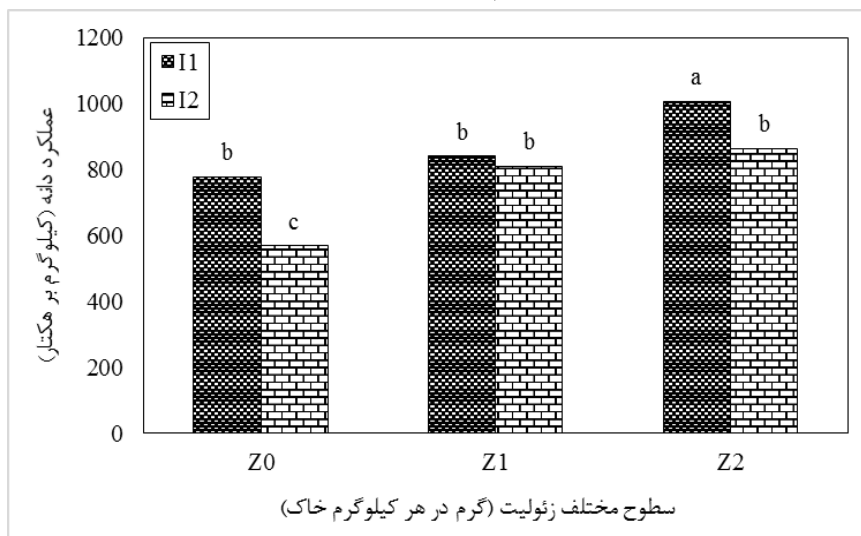
#### عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد اعمال تنش خشکی و افزودن ژئولیت به خاک در مراحل مختلف رشدی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه سیاهدانه دارد که



آبیاری I<sub>2</sub> از سمت تیمار شاهد زئولیت به بالاترین سطح آن در شکل ۷ مورد مشاهده بوده که هیچکدام معنی دار نیستند. کمترین عملکرد دانه در تیمار I<sub>1</sub>Z<sub>1</sub> مشاهده می شود. استفاده از زئولیت سبب افزایش رشد ریشه، خلل و فرج و تبادل کاتیونی گردیده و بدین ترتیب باعث افزایش جذب آب و مواد معدنی توسط گیاه شده که این امر منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می شود (خاشعی سیوکی و احمدی، ۱۳۹۴).

بالاترین عملکرد دانه برای تیمار I<sub>1</sub> و مقدار ۷۴۸ کیلوگرم بر هکتار به عنوان پایین ترین عملکرد دانه برای تیمار I<sub>2</sub> در بین دو تیمار تنش خشکی مشاهده گردید و در بین سطوح مختلف زئولیت، بیشترین و کمترین عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم بر هکتار به ترتیب با مقادیر ۹۳۵/۵ و ۶۷۳/۱۶ مربوط به سطوح زئولیت Z<sub>2</sub> و Z<sub>0</sub> حاصل شد. افزایش میزان عملکرد دانه با واحد سنجش کیلوگرم بر هکتار تحت اثر تیمار آبیاری I<sub>1</sub> و کاهش این پارامتر تحت اثر رژیم

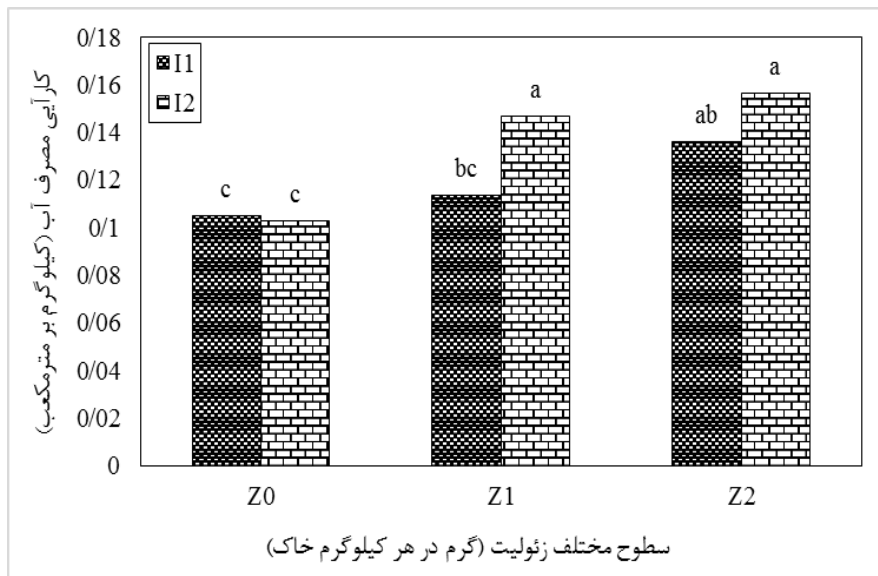


شکل ۷- برهم کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر عملکرد دانه

کیلوگرم بر مترمکعب برای سطح تنش I<sub>2</sub> و I<sub>1</sub> قابل مشاهده است و از میان سه سطح زئولیت بیشترین مقدار این شاخص برای سطح Z<sub>2</sub> با مقدار ۰/۱۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین مقدار آن برای سطح Z<sub>0</sub> با مقدار ۰/۱۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد.

#### شاخص کارآبی مصرف آب

این شاخص تحت تأثیر تنش آبی و زئولیت قرار گرفته و به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی دار گردید (جدول ۲) و مطابق جدول ۳ از بین دو سطح تنش آبی، بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب ۰/۱۳۵ و ۰/۱۱۸



شکل ۸- برهم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر شاخص کارایی مصرف آب

مشاهده گردید و بیشترین مقادیر آن‌ها در سطح زئولیت  $Z_2$  و رژیم آبیاری کامل ( $I_1$ ) مشاهده گردید که نمایانگر این موضوع است که زئولیت و مقدار آن تحت تأثیر خاصیت جذب آب و پس دادن آب در هنگام نیاز گیاه به آب بر رشد بافت‌های مختلف گیاهی و تولید محصول بیشتر، مؤثر واقع شده است اما بیشترین مقدار شاخص کارایی مصرف آب در سطح زئولیت  $Z_0$  و سطح تنش آبی ۵۰ درصد آبیاری ( $I_2$ ) ثبت شد. بیشترین اختلاف بین مقادیر مختلف منابع متغیر تحت اثر دو تیمار مختلف آبیاری به غیر از شاخص کارایی مصرف آب در سطح زئولیت  $Z_2$  مشاهده شد که برای شاخص کارایی مصرف آب در سطح زئولیت  $Z_1$  بیشترین اختلاف مشاهده شد. در پارامترهای ارتفاع بوته و وزن تر و خشک مقادیر بالای زئولیت با تنش رابطه خوبی نداشته و نیز تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشته اما در حالت آبیاری کامل گیاه می‌تواند بیشترین مقادیر را نتیجه دهد. می‌توان گفت کاربرد زئولیت در سطوح بالا (۱۵ تن در هکتار) و علی‌الخصوص تحت اثر آبیاری کامل گیاه می‌تواند منجر به حداکثر میزان عملکرد و خصوصیات رشد سیاهدانه شود.

شاخص کارایی مصرف آب در حالت  $I_2Z_2$  در بیشترین مقدار و در تیمار  $I_1Z_2$  در کمترین حالت خود قرار دارد. بین دو حالت  $I_2Z_1$  و  $I_1Z_1$  نیز تفاوت معنی‌داری را مشاهده می‌کنیم. افزایش سطح زئولیت افزایش این شاخص را در هر دو سطح آبیاری نشان می‌دهد که افزایش این شاخص در حالت  $I_2$  نشان از تأثیر مثبت زئولیت بر تعدیل تنش آبی برای گیاه دارد (شکل ۸). تحقیقات نشان داده است که هر عامل مدیریتی که بدون افزایش تبخیر و تعرق محدودیت‌های رشد گیاه را کاهش دهد، باعث افزایش کارایی مصرف آب خواهد شد (هاتیفیلد و همکاران، ۲۰۰۱).

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که تنش آبی منجر به کاهش خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه شد. کمترین مقادیر پارامترهای محاسبه شده در این پژوهش بجز شاخص کارایی مصرف آب در سطح زئولیت  $Z_1$  و سطح تنش آبی ۵۰ درصد آبیاری ( $I_2$ )

## فهرست منابع

۱. احمدی، م. ع.، خاشعی سیوکی، ع.، شهیدی، ۱۳۹۲. بررسی تأثیر ژئولیت طبیعی بر شاخص‌های رشد گیاه دارویی بادرنجبویه (*Mellisa officinalis L.*)، اولین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار، همدان.
۲. بهادر، م. تدین، م. ر.، ۱۳۹۶، اثر کم‌آبیری و سطوح ژئولیت بر فنولوژی، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب شاهدانه، نشریه علوم گیاهان زراعی ایران، شماره ۳، ۲۵-۳۸.
۳. خاشعی سیوکی، ع. م.، احمدی، ۱۳۹۴. ژئولیت‌ها: معرفی، خواص و کاربرد آن، انتشارات دانشگاه بیرجند، چاپ اول.
۴. رضائی چپانه، ا. ع.، پیرزاد، ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس سیاهدانه (*Nigella sativa L.*) در شرایط تنش کم‌آبی، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۲، شماره ۳، ۴۳۷-۴۲۷.
۵. قلی زاده، آ. م.، اصفهانی، م.، عزیزی، ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد ژئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*)، نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۳، ۱۰۲-۹۶.
۶. ماهرخ، ع. ف.، عزیزی، ۱۳۹۳. تأثیر کاربرد ژئولیت طبیعی بر تحمل به تنش کم‌آبیری در ذرت دانه‌ای، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص ۳۰۴-۲۹۶.
۷. ولدآبادی، ع.، ۱۳۹۲. بررسی تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیک و ژئولیت بر خواص کمی مرزه در شرایط تنش خشکی، همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در علوم و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان.
۸. یاری، س. پ.، مرادی. ف.، خلیقی سیگارودی، ۱۳۹۲. اثر سطوح مختلف ژئولیت و تیمارهای متفاوت آبیاری بر صفات مورفولوژیک و دارویی گیاه آلوئه ورا (*Aloe vera L.*)، دومین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.
9. Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of mentol mint (*Mentha arvensis*) under field condition. *Journal of Bioresource Technology*, 81: 77-79.
10. Harb, E. M. Z., and M. A. Mahmoud. 2009. Enhancing of growth, essential oil yield and components of yarrow plant (*Achillea millefolium L.*) growth under safe agriculture conditions using zeolite and compost. 4th Conference on Recent Technologies in Agriculture, Giza, Egypt.
11. Hatfield, J., T. J. Sauer and J. H. Pruger. 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency. *A Review. Agronomy*. 93: 271-280.
12. Hazrati, S., Z. Tahmasebi-Sarvestani, S. A. M. Modarres-Sanavy, A. Mokhtassi-Bidgoli and S. Nicola. 2015. Evaluation of light intensity and water deficiency stress with application of zeolite on physiological and phytochemical functions of Aloe Vera medicinal plant, Ph. D Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran.
13. Ippolito, A. J., D. D. Tarkalson and G. A. Lehrs. 2011. Zeolite soil application method affects inorganic nitrogen, moisture, and corn growth. *Soil Sci.* 176(3): 136-142.
14. Joy, P.P., Thomas, J., Mathew, S. and Skaria, B. P. 2001. *Medicinal Plants*. Calcutta: Naya Prokash, page 210.
15. Karimi, S., M. Nasri and F. Ghoshchi. 2013. Investigation of drought stress on agro-physiological indices of sunflower (*Helianthus annuus L.*) with zeolite application tested in the region of Varamin. *Int. J. Agric. Sci.* 3(12): 894-903.
16. Letchamo, W., H. L. Xu, and A. Gosselin. 1995. Variations in photosynthesis and essential oil in Thyme. *J. Plant physiol*, 147:29-37.

17. Polat, E., Karaca, M., Demir, H., and A., Naci-Onus. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 183-189.

## Application of Clinoptilolite Natural Zeolite and Irrigation Management on Yield and Yield Components of Black Cumin Plant (*Nigella sativa L.*)

A. Beyki and A. Khashei Siuki<sup>1</sup>\*

M.Sc student, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad.  
[ali.beyki@mail.um.ac.ir](mailto:ali.beyki@mail.um.ac.ir)

Associate Professor, Water Engineering Department, University of Birjand.  
[abbaskhashei@birjand.ac.ir](mailto:abbaskhashei@birjand.ac.ir)

### Abstract

This research was conducted with the aim of studying the effect of interaction of water stress and different levels of zeolite on growth and yield characteristics of black cumin (*Nigella sativa L.*) plant during cropping season of 2018. The study was based on completely randomized block design as split plots, with irrigation at two levels (I1 and I2: irrigation with 100% and 50% water requirement, respectively) and zeolite treatment at three levels (Z0: without Z1 and Z2: using potassium zeolite at 2 and 4 gr.kg<sup>-1</sup> soil, respectively), with three replications at Research Farm of Faculty of Agriculture, University of Birjand. Under the influence of interaction between zeolite and irrigation management, the highest plant height was 16.88 cm, and weight of fresh and dry yield and 1000-seed were, respectively, 11.96, 9.33, and 13.19 g. Also the number of capsules per plant and seeds per capsules were, respectively, 10.11 and 52.44. The maximum grain yield was 874.77 kg.ha<sup>-1</sup> and water use efficiency (WUE) was 0.135 kg.m<sup>-3</sup>, respectively. The lowest values for the corresponding parameters were 13.13 cm, 7.4, 5.05, and 11.95 g, respectively, and 8.33 and 44.44 for the number of capsules per plant and seeds per capsule, yield of 748 kg.ha<sup>-1</sup> and WUE of 0.118 kg.m<sup>-3</sup>. Water stress led to a decrease in the characteristics of growth and yield of black cumin. Therefore, application of zeolite at high levels (15 tons per hectare), especially under full irrigation of the plant, could lead to maximum yield and characteristics of black cumin growth.

**Keywords:** Birjand, Growth Characteristics, Water stress

---

<sup>1</sup> - Corresponding author: Water Engineering Department, University of Birjand.

\* - Received: September 2018, and Accepted: May 2019