نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۱/ ۱۳۹۸

(DOI): 10.22092/JWRA.2019.119120

اثر کاربرد زئولیت طبیعی و مدیریت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa L.*)

علی بیکی و عباس خاشعی سیوکی [۱] *

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 (۱۳۹۷-۱۳۹۶) 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_1 و I_2؛ به‌ترتیب آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی) و تیمار زئولیت به عنوان تیمار اصلی در سه سطح (Z_0؛ بدون مصرف و Z_1 و Z_2؛ به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 ومهندسی 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 می-تواند 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 تأکیدی 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 زئولیت به خاک، یکی از راهکارهای امکان‌پذیر برای کاهش اثرات کمبود آب بر تولید گیاهان زراعی می‌باشد. زئولیت‌ها 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. زئولیت‌ها 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. زئولیت 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 زئولیت، 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، ۲۰۰٤). محققان بسیاری گزارش نموده‌اند که زئولیت 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 زئولیت 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 ٦۰ تا ۷۰ سانتیمتر، برگ‌ها به رنگ سبز خاکستری دارای بریدگی‌های نخی، گل‌ها به رنگ سفید تا آبی و میوه بصورت کپسول (فولیکول) می‌باشد که درون آن تعداد زیادی دانه سیاه و معطر قرار دارد (رضائی چیانه 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 زئولیت 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 (۱۳۹٦) نشان داد که افزایش میزان آب آبیاری به دلیل حضور زئولیت 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، زئولیت موجب تخفیف زیان ناشی از کمبود آب در صفات موردبررسی گردید. از این رو با توجه به نقش زئولیت در ایجاد شرایط لازم جهت رشد بهتر شاهدانه، کاربرد مقدار ۱۰ تن زئولیت در هکتار به ویژه در شرایط تنش شدید مفید به نظر می‌رسد. نتایج به دست‌آمده از اندازه گیری صفات وزن تر و وزن خشک بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گل، تعداد

میانگره و درصد اسانس در پژوهش قلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که مصرف زئولیت بر وزن خشک و تعداد میانگره تأثیر معنی‌دار نداشت ولی تأثیر آن روی سایر صفات در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر تنش خشکی (سطح تخلیه رطوبت خاک) روی چهار صفت سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گل و تعداد میانگره معنی‌دار نبود ولی بر وزن تر و خشک، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و درصد اسانس اثر معنی‌دار داشت. اثر متقابل زئولیت و سطوح مختلف تخلیه رطوبت خاک بر چهار عامل وزن تر، وزن خشک، تعداد گل و تعداد میانگره معنی‌دار نبود در حالی‌که روی سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد برگ و درصد اسانس اثر معنی‌دار داشت. طبق نتایج پژوهش ولدآبادی (۱۳۹۲) 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 معنی‌داری داشته است و کاربرد کودهای زیستی و زئولیت توانسته است اثرات سوء تنش خشکی را در گیاه مرزه در حد معنی‌داری 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 روش‌ها

این پژوهش در طول یک فصل زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۷) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت کرت‌های خرد شده در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند که در فاصله ۵ کیلومتریِ غرب شهر بیرجند در مسیر جاده بیرجند- طبس، مجاور روستای امیرآباد با عرض جغرافیایی ´۵۳ °۳۲ شمالی و طول جغرافیایی ´۱۳ °۵۵ شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا واقع شده، انجام شد. بدین منظور تیمار آبیاری در دو سطح (I_1 و I_2: آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی) و تیمار زئولیت در سه سطح (Z_0: بدون کاربرد زئولیت و Z_1 و Z_2: به‌ترتیب 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 آماده‌سازی کرت‌ها با ابعاد ۲×۲ متر مربع و با فاصله ۰/۵ متر از یکدیگر، زئولیت‌ها با توجه به نسبت مورد نظر با خاک مزرعه مخلوط شدند. سپس سیاهدانه (با حداکثر عمق ریشه ۲۵ سانتیمتر در کرت‌های موردنظر) بصورت دستی و با مقدار ۱۲ کیلوگرم بذر مصرفی در هکتار با فاصله ۲۰ سانتیمتری ردیف‌های کشت از همدیگر به تاریخ ۲۰ اسفند ماه ۱۳۹۶ کشت گردید. بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری انجام گردید که روش آبیاری بصورت کرتی بود و حجم آبیاری توسط کنتور حجمی اندازه گیری شد.

$$H = \rho_b(\Theta_{F.C.}-\Theta_m)D \quad (۱)$$

$$V = H \times A \quad (۲)$$

در معادله های (۱) و (۲)، H میزان حداکثر عمق ذخیره سازی آب در خاک منطقه ریشه (m)، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک ($kg.m^{-3}$)، $\Theta_{F.C.}$ رطوبت در حد ظرفیت زراعی (بر حسب درصد وزنی)، Θ_m رطوبت جرمی کرت موردنظر در زمان آبیاری (بر حسب درصد وزنی)، D عمق توسعه ریشه (m)، V حجم آب آبیاری در کرت (m^3) و A مساحت کرت موردنظر (m^2) است (ماهرخ و عزیزی، ۱۳۹۳). نیاز آبی از فرمول ۱ محاسبه گردید. دور آبیاری ثابت از تقسیم مقدار آب موردنیاز آبیاری بر مقادیر تبخیر و تعرق روزانه اندازه گیری شده توسط ایستگاه هواشناسی مجاور منطقه موردمطالعه 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

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^3	dS/m	***	٪	mg/kg	mg/kg
مقدار	۲۹/۷	۳۴/۶	۳۵/۷	۱/۵	۱/۲	۷/۶۱	۵۳	۹/۲	۲۶۱

برای اندازه گیری وزن خشک، نمونه ها 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. به‌منظور 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 بدست‌آوردن 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 ماکروی DSAASTAT نرم افزار MS Excel 2013 در سطح پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

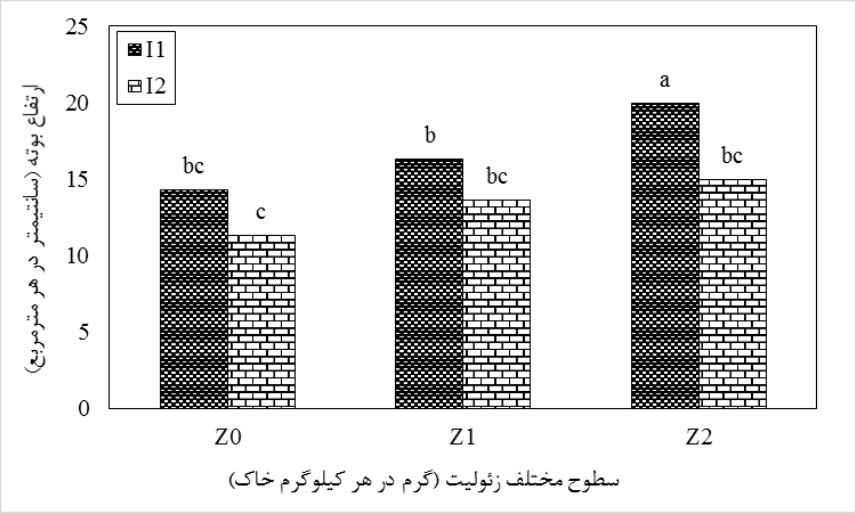
ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش آبی و زئولیت به‌ترتیب 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 عزیزی (۱۳۹۳) بر ارتفاع بوته است. مطابق جدول ۳ بین تیمارهای آبیاری، بیشترین ارتفاع بوته (۱۶/۸۸ سانتی متر) از تیمار I_1 (آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و کمترین ارتفاع بوته (۱۳/۳۳ سانتی متر) نیز از تیمار I_2 (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 مریستمی 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 نموی 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 زئولیت، بیشترین ارتفاع بوته (۱۷/۵ سانتی متر) مربوط به تیمار Z_2 (استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح چهار گرم به ازای هر کیلوگرم خاک) و کمترین ارتفاع بوته (۱۲/۸۳ سانتی متر) متعلق به تیمار Z_0 (شاهد) می‌باشد. مطابق شکل ۱ با افزایش سطح زئولیت 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_2) بیشتر است. مقادیر بالای زئولیت با تنش رابطه خوبی نداشته و تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع نداشته اما در حالت آبیاری کامل گیاه می‌تواند بیشترین ارتفاع بوته را نتیجه دهد.

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 کپسول در بوته	تعداد دانه در هر کپسول	عملکرد دانه (kg/hk)	شاخص کارآیی مصرف آب (kg/m^3)
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*	۷۲۳۲۶/۷۲*	۰/۰۰۱۳*
خطا	۲	۱/۷۲	۱۱/۱۰	۶/۸	۰/۱۶۹	۱۱/۰۵	۶/۵	۲۱۳۴/۲۲	۰/۰۰۰۰۵۷
زئولیت	۲	۳۲/۷۲**	۱۰۷/۲۳*	۸۳/۶**	۳/۲۲*	۱۰/۸۸	۱۰۱/۷۲	۱۰۴۱۲۴/۲۲**	۰/۰۰۲۷**
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 ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد



شکل ۱- بر هم‌کنش 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*

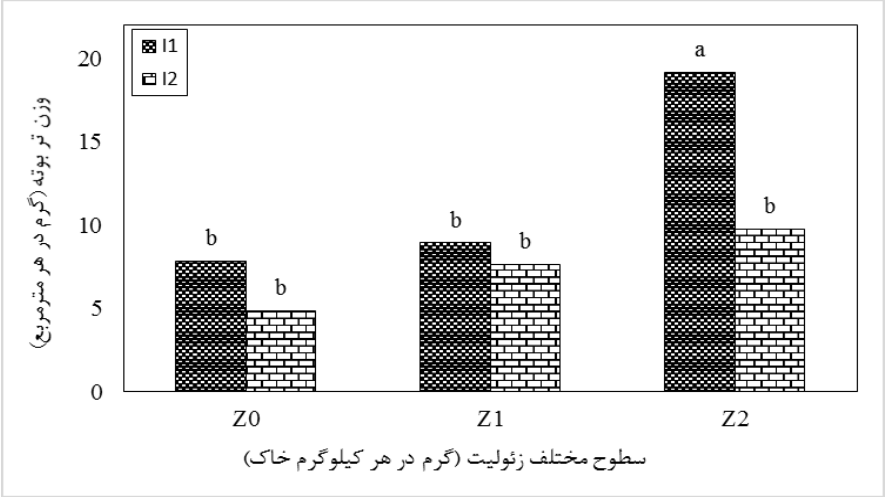
ویژگی / تیمار	ارتفاع بوته (cm)	وزن تر (gr)	وزن خشک (gr)	وزن هزار دانه (gr)	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در هر کپسول	عملکرد دانه (kg/ha)	کارآیی مصرف آب (kg/m^3)
تنش آبی								
I_1	۱۶/۸۸^a	۱۱/۹۶^a	۹/۳۳^a	۱۳/۱۹^a	۱۰/۱۱^a	۵۲/۴۴^a	۸۷۴/۷۷^a	۰/۱۱۸^a
I_2	۱۳/۳۳^a	۷/۴^a	۵/۰۵^a	۱۱/۹۵^a	۸/۳۳^a	۴۴/۴۴^a	۷۴۸^a	۰/۱۳۵^a
زئولیت								
Z_0	۱۲/۸۳^a	۶/۳۳^a	۴/۰۶^a	۱۱/۷۳^a	۹^a	۴۴/۶۶^a	۶۷۳/۱۶^b	۰/۱۰۴^b
Z_1	۱۵^a	۸/۲۸^a	۶/۱۸^a	۱۲/۹۰^a	۸^a	۴۷/۸۳^a	۸۲۵/۵^{ab}	۰/۱۳۰^{ab}
Z_2	۱۷/۵^a	۱۴/۴۳^a	۱۱/۳۲^a	۱۳/۰۸^a	۱۰/۶۶^a	۵۲/۸۳^a	۹۳۵/۵^a	۰/۱۴۶^a

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

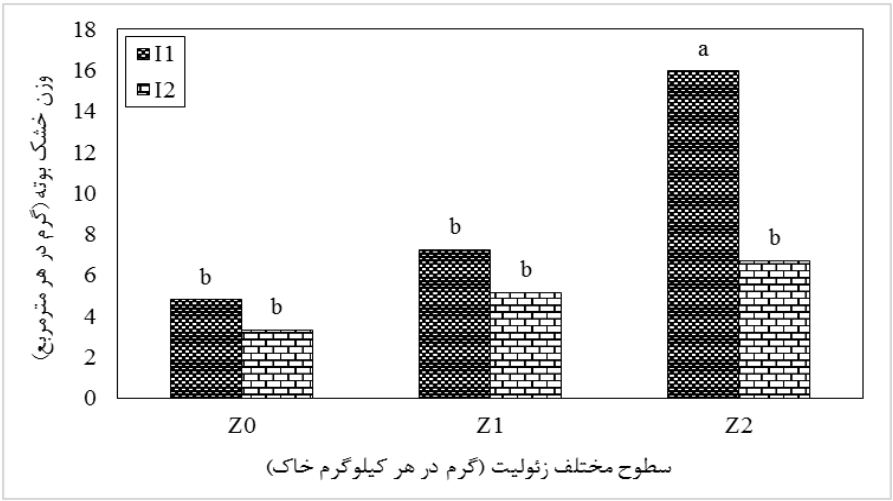
وزن تر و خشک بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تنها اثر زئولیت در سطح پنج درصد بر وزن تر بوته معنی‌دار 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 به‌ترتیب با ۱۱/۹۶ و ۷/٤ برای تیمار I_1 و I_2 به دست آمدند. برای تیمارهای مختلف زئولیت نیز بیشترین وزن تر بوته بر حسب گرم با مقدار ۱٤/٤۳ مربوط به Z_2 و

کمترین مقدار این پارامتر با ٦/٣٣ 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب با ۱۱/۳۲ و ٤/٠٦ گرم برای تیمار Z_2 و Z_0 به دست آمدند. مطابق شکل‌های (۲) و (۳) دربالاترین سطح زئولیت در حالت آبیاری کامل حدود ۲/٤٥ 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.



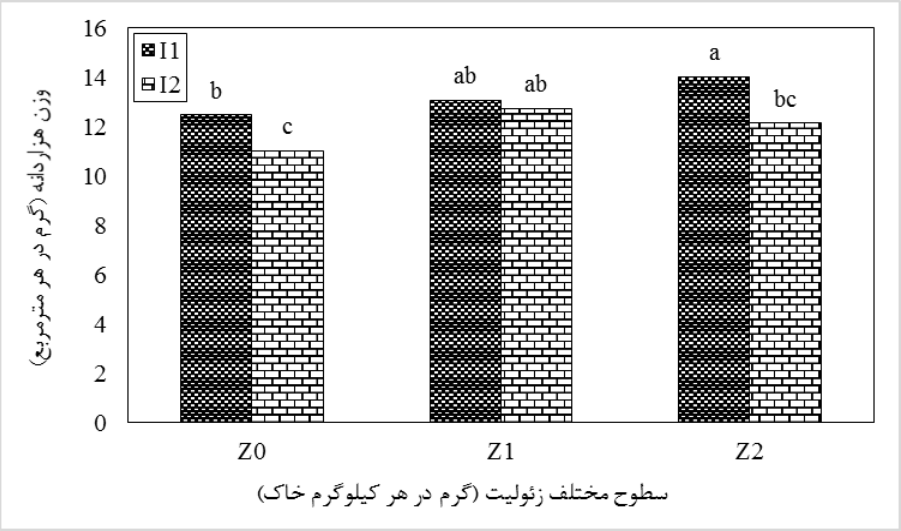
شکل ۲- بر هم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر وزن تر بوته



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

وزن هزاردانه

اثر اعمال تنش آبی و اثر زئولیت هر دو در سطح پنج درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار 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 به‌ترتیب با مقادیر ۱۳/۱۹ و ۱۳/۰۸ 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 ۱۱/۹۵ و ۱۱/۷۳ بر حسب گرم حاصل گردید (جدول ۳). افزایش سطح زئولیت به بالاترین سطح در تیمار آبیاری کامل افزایش معنی‌داری 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 معنی‌دار می‌باشد؛ که می تواند 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 ٤). 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 می-باشند 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.

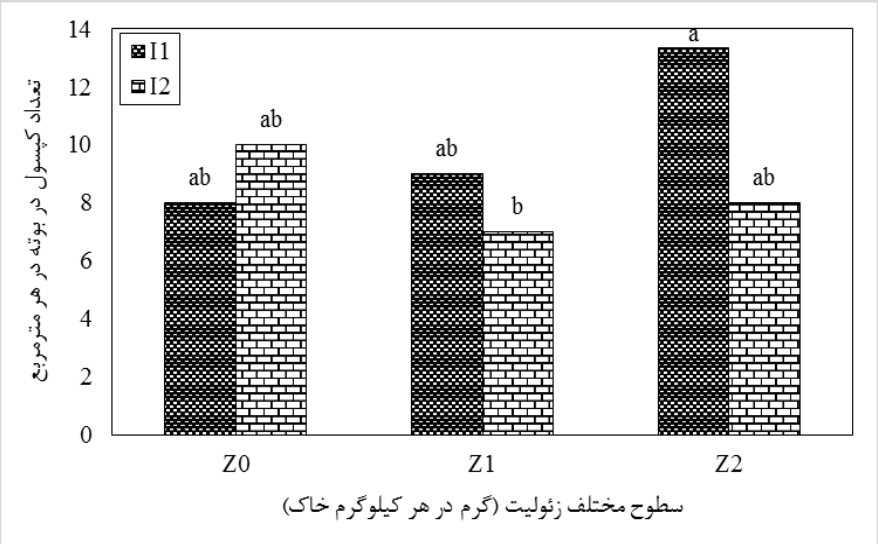


شکل ۴- بر هم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر وزن هزار دانه

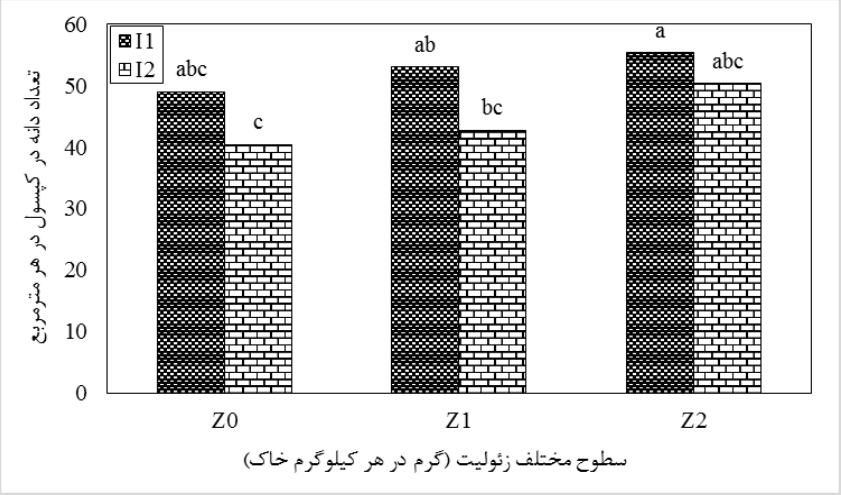
تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در هر کپسول

مطابق با نتایج حاصل از تجزیه واریانس موجود در جدول ۲ هیچ‌یک از منابع تغییر بر تعداد کپسول در هر بوته معنی‌دار 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 ۱۰/۱۱۱ و کمترین مقدار مربوط به I_2 با مقدار ۸/۳۳ و از بین سه تیمار مختلف زئولیت، بیشترین مقدار تعداد کپسول در بوته و کمترین تعداد آن به‌ترتیب مربوط به تیمار Z_2 و Z_1 با مقادیر ۱۰/٦٦٦ و ۸ بدست آمد. تنها تأثیر تنش آبی در سطح پنج درصد بر تعداد دانه در هر کپسول معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). از بین دو تیمار مختلف تنش خشکی بیشترین تعداد دانه در هر کپسول مربوط به تیمار I_1 با مقدار ٥٢/٤٤ و کمترین مقدار مربوط به I_2 با مقدار ٤٤/٤٤ و از بین سه تیمار مختلف زئولیت، بیشترین مقدار تعداد دانه در هر کپسول و کمترین تعداد آن به‌ترتیب مربوط به تیمار Z_2 و

Z_0 با مقادیر ۵۲/۸۳ و ٤٤/٦٦ بدست آمد (جدول ۳). همچون پارامترهایی که پیشتر توضیح داده شد اثر افزایش سطح زئولیت تحت تأثیر آبیاری کامل گیاه نیز بر افزایش تعداد کپسول (فولیکول) مشهود است. بیشترین تعداد کپسول در بوته در حالت I_1Z_2 و کمترین تعداد کپسول در حالت I_2Z_1 به دست آمد (شکل ۵). افزایش تعداد دانه در کپسول‌ها در حالت آبیاری کامل در بالاترین سطح زئولیت بیشترین مقدار است که نسبت به تیمار شاهد افزایش دارد که چندان زیاد نبوده و معنی‌دار هم نیست اما افزایش دانه-های کپسول‌ها تحت تأثیر آبیاری ۵۰ درصد از سمت تیمار شاهد زئولیت به سمت بیشترین سطح زئولیت معنی‌دار می-باشد و بیشترین تعداد دانه در کپسول در این حالت در تیمار بیشترین مقدار زئولیت مشاهده گردید (شکل ٦).



شکل ۵- بر هم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر تعداد کپسول در بوته

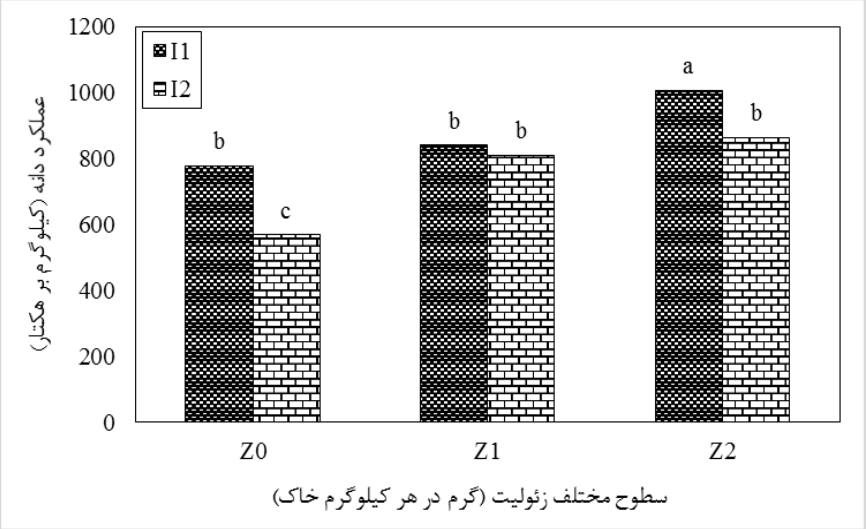


شکل ۶- بر هم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر تعداد دانه در هر کپسول

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد اعمال تنش خشکی و افزودن زئولیت به خاک در مراحل مختلف رشدی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه سیاهدانه دارد که این سطح این معنی‌داری به‌ترتیب پنج درصد و یک درصد بدست آمد (جدول ۲) که سطح معنی‌داری یک درصد ناشی از تأثیر زئولیت مطابق با نتایج پژوهش اسکندری زنجانی و همکاران (۱۳۹۰) است. مطابق نتایجی که در جدول ۳ موجود است مقدار ۸۷٤/۷۷ کیلوگرم بر هکتار به عنوان

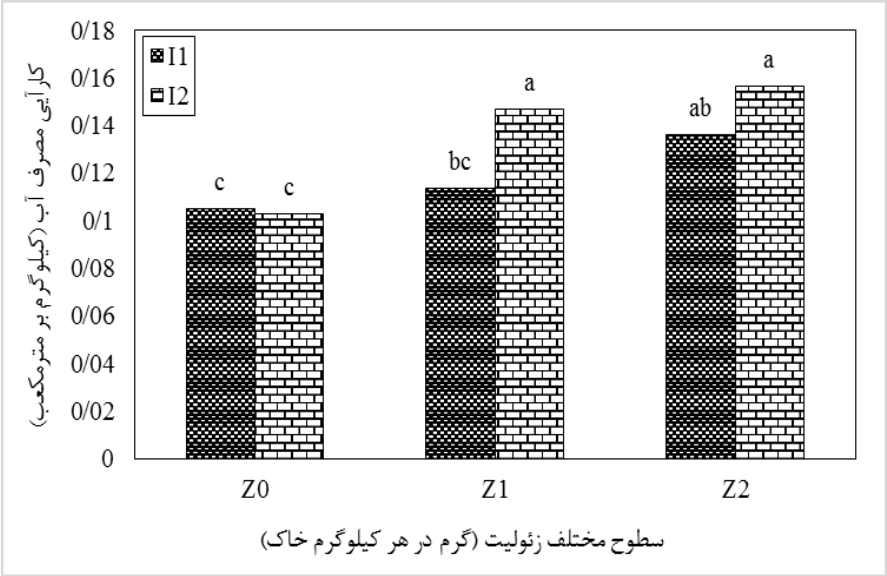
بالاترین عملکرد دانه برای تیمار I_1 و مقدار ۷۴۸ کیلوگرم بر هکتار به عنوان پایین‌ترین عملکرد دانه برای تیمار I_2 در بین دو تیمار تنش خشکی مشاهده گردید و در بین سطوح مختلف زئولیت، بیشترین و کمترین عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم بر هکتار به‌ترتیب با مقادیر ۹۳۵/۵ و ۶۷۳/۱۶ مربوط به سطوح زئولیت Z_2 و Z_0 حاصل شد. افزایش میزان عملکرد دانه با واحد سنجش کیلوگرم بر هکتار تحت اثر تیمار آبیاری I_1 و کاهش این پارامتر تحت اثر رژیم آبیاری I_2 از سمت تیمار شاهد زئولیت به بالاترین سطح آن در شکل ۷ مورد مشاهده بوده که هیچکدام معنی‌دار نیستند. کمترین عملکرد دانه در تیمار I_1Z_1 مشاهده می‌شود. 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 می‌شود (خاشعی سیوکی و احمدی، ۱۳۹۴).



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

شاخص کارآیی مصرف آب

این شاخص تحت تأثیر تنش آبی و زئولیت قرار گرفته و به‌ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲) و مطابق جدول ۳ از بین دو سطح تنش آبی، بیشترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب ۰/۱۳۵ و ۰/۱۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب برای سطح تنشی I_2 و I_1 قابل مشاهده است و از میان سه سطح زئولیت بیشترین مقدار این شاخص برای سطح Z_2 با مقدار ۰/۱۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین مقدار آن برای سطح Z_0 با مقدار ۰/۱۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد.



شکل ۸- بر هم‌کنش تنش آبی و سطوح مختلف زئولیت بر شاخص کارآیی مصرف آب

شاخص کارآیی 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_1Z_1 و I_2Z_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 محدودیت¬های رشد گیاه را کاهش دهد، باعث افزایش کارآیی 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 کارآیی مصرف آب در سطح زئولیت Z_1 و سطح تنش آبی ۵۰ درصد آبیاری (I_2) 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 کارآیی 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 کارآیی مصرف آب در سطح زئولیت Z_2 مشاهده شد که برای شاخص کارآیی 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 می-تواند منجر به حداکثر میزان عملکرد و خصوصیات رشد سیاهدانه شود.

فهرست منابع

۱. احمدی، م.ع، خاشعی سیوکی.ع، شهیدی، ۱۳۹۲. بررسی تأثیر زئولیت 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، ۱۳۹٦، اثر کم‌آبیاری و سطوح زئولیت بر فنولوژی، عملکرد روغن و کارآیی مصرف آب شاهدانه، نشریه علوم گیاهان زراعی ایران، شماره ۳، ۳۸-۲۵.

۳. خاشعی سیوکی، ع. م، احمدی، ۱۳۹٤. زئولیت ها: معرفی، خواص و کاربرد آن، انتشارات دانشگاه بیرجند، چاپ اول.

٤. رضائی چیانه، 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، ٤۳۷-٤۲۷.

۵. قلی زاده، آ، م، اصفهانی، م، عزیزی، ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (Dracocephalum moldavica)، نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۳، ۱۰۲-۹٦.

٦. ماهرخ، ع، ف، عزیزی، ۱۳۹۳. تأثیر کاربرد زئولیت طبیعی بر تحمل به تنش کم‌آبیاری در ذرت دانه‌ای، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص ۳۰٤-۲۹٦.

۷. ولدآبادی، ع، ۱۳۹۲. بررسی تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیک و زئولیت 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 زئولیت و تیمارهای متفاوت آبیاری بر صفات مورفولوژیک و داروئی 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. Lehrsch. 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 essentional 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 [1] [*]

M.Sc student, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad.
ali.beyki@mail.um.ac.ir
Associate Professor, Water Engineering Department, University of Birjand.
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 $gr.kg^{-1}$ 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 $kg.ha^{-1}$ and water use efficiency (WUE) was 0.135 $kg.m^{-3}$, 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 $kg.ha^{-1}$ and WUE of 0.118 $kg.m^{-3}$,. 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

[1] - Corresponding author: Water Engineering Department, University of Birjand.
[*] - Received: September 2018, and Accepted: May 2019