

مقاله علمی-پژوهشی

کاهش آبشویی نیترات در سیستم آبیاری قطره‌ای و کشت گلخانه‌ای خیار با استفاده از زئولیت

معصومه شادان^۱، جواد بهمنش^{۲*}، سینا بشارت^۳، نسرین آزاد^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۱

چکیده

نیترژن یکی از مهمترین عناصر غذایی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی می‌باشد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر زئولیت کلینوپتیلولایت در جذب و نگهداری یون نیترات، شاخص‌های رشد و پارامترهای رشدی محصول خیار گلخانه‌ای شامل تعداد، وزن، طول و قطر خیار اجرا گردید. این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه و در قالب طرح کاملاً تصادفی با تیمار زئولیت در چهار سطح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در هر کیلوگرم خاک لوم شنی در سه تکرار با آبیاری قطره‌ای انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر مثبت کارایی زئولیت را در کاهش آبشویی نیترات در سطح احتمال یک درصد نشان داد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین تیمار شاهد و تیمار ۱۵ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک، از نظر آماری تفاوت معناداری حاصل شد. نتایج نشان داد اثر کاربرد زئولیت بر تعداد میوه، سطح برگ، قطر بوته و عملکرد محصول در سطح احتمال یک درصد و بر وزن میوه، قطر میوه، طول میوه و ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار بود ولی تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ نداشته است. با افزایش مقدار زئولیت، میزان عملکرد محصول با افزایش ۲/۶ برابری همراه بوده است.

واژه‌های کلیدی: آبشویی، آلودگی آب‌های زیرزمینی، زئولیت، خیار گلخانه‌ای، کود نیترژن

مقدمه

محیط‌زیست از جمله ایوتریفیکاسیون^۵، آلودگی آب‌های زیرزمینی و انتشار گازهای گلخانه‌ای و انتشار آمونیاک را در پی خواهد داشت (Sfechis et al., 2015; Peng et al., 2010). نیترات مانند سطوح کلونیدهای خاک دارای بار منفی است و به راحتی به وسیله آب باران و یا آبیاری، به آب‌های سطحی و زیرزمینی انتقال می‌یابد. به دلیل عدم نگهداشت نیترات توسط خاک، به اشتباه کشاورزان مقدار زیادی کود به کار می‌برند تا گیاه بتواند مقدار نیترژن مورد نیاز را جذب نماید. با مصرف بیشتر کود، غلظت نیترات در آب‌های سطحی و زیرزمینی افزایش می‌یابد که تأثیرات منفی بیشتری بر محیط‌زیست خواهد داشت (Oneil and Raucher, 1990). برای کاهش آبشویی نیترژن، روش‌های مختلفی استفاده شده‌اند که از جمله می‌توان به کودهای کندرشد، بازدارندگان نیتراتی و زئولیت‌ها اشاره کرد. از بین موارد مذکور، زئولیت‌ها به دلیل دسترسی راحت و ارزان بودن، بیشتر استفاده می‌شوند (Wan et al., 2017).

زئولیت‌ها مواد آلومینوسیلیکات هیدراته کریستالی هستند که با ظرفیت بالای تبادل کاتیونی، ظرفیت جذب زیاد و ظرفیت نگه‌داشت مناسب آب، برای کاربرد گسترده در کشاورزی توصیه شده‌اند (Malek et al., 2014). حضور کاتیون‌ها و سهولت تعویض آن‌ها در این کانی‌ها (زئولیت)، پدیده بسیار حائز اهمیت تبادل یونی را باعث

با توجه به اهمیت گیاهان جالیزی و افزایش روز افزون جمعیت در جهان، نیاز مردم به میوه‌ها و سبزی‌ها رو به افزایش است. میوه و سبزی بخش مهمی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهد. در این میان، خیار سبز (*Cucumis sativus* L.) از گیاهان مهم جالیزی با قابلیت کشت در فصل بهار و تابستان می‌باشد، که به شرایط با نور کم و درجه حرارت پایین، سازگاری دارد (Narayanankutty et al., 2013). نیترژن یکی از مهمترین عناصر در تغذیه خیار سبز و از جزء سازنده کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین و آنزیم‌های گیاهی است و عرضه مداوم و کنترل شده آن در طول فصل رشد، منجر به افزایش عملکرد و کیفیت خیار سبز می‌شود (Nijjar, 1985). کشاورزان برای به دست آوردن عملکرد بیشتر محصول، بیش از حد از کودهای نیترژن استفاده می‌کنند. کاربرد بیش از حد نیترژن منجر به کاهش راندمان مصرف شده و در نتیجه مخاطرات جدی برای

- ۱- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه
 - ۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
 - ۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
 - ۴- دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه
- *- نویسنده مسئول: (Email: j.behmanesh@urmia.ac.ir)

می‌شود که سبب کاربرد آن‌ها در مقیاس صنعتی و در نقش نگهدارنده رطوبت آب شده است (Van Reeuwij, 1972).

وان و همکاران به بررسی اثر ژئولیت بر بهینه‌سازی منابع کودی نیتروژن و فسفر پرداختند. نتایج نشان داد که آمونیوم توسط ژئولیت جذب و کلسیم آن آزاد شده و باعث کاهش آبشویی نترات در مزارع می‌گردد (Wan et al., 2017). مرادزاده و همکاران در یک پژوهش نشان دادند که افزایش مقدار ژئولیت کلینوپتیلولایت پتاسیمی (ژئولیت کلینوپتیلولایت به عنوان یکی از بهترین انواع ژئولیت با قابلیت مصرف گسترده در کشاورزی، و از نظر تیپ به چندین نوع و از نظر نوع کاتیون‌ها، به سه دسته عمده سدیک، پتاسیک و کلسیک تقسیم می‌شود) در خاک باعث کاهش شستشوی نترات و افزایش نگهداشت آن در خاک شده و از انتقال آنها به آب‌های زیرزمینی و در نتیجه آلودگی آن جلوگیری می‌نماید. در تحقیق آنان، به ترتیب کاربرد، ۲، ۴ و ۸ گرم ژئولیت در کیلوگرم خاک باعث کاهش شستشوی نترات در خاک به میزان، ۲۱/۲۷، ۳۶/۴۹ و ۸۹/۴۲ درصد نسبت به شاهد گردید (مرادزاده و همکاران، ۱۳۹۱). فاکسینی و همکاران نشان دادند که به رغم استفاده کمتر کود در خاک‌های اصلاح شده با ژئولیت، این امر باعث کاهش عملکرد ذرت و سورگوم نشده بود (Faccini et al., 2018). ایبولیتو و همکاران در یک مطالعه دیگر، گزارش کردند که امکان به دام انداختن کاتیون‌ها در حضور مقادیر بیشتر ژئولیت در خاک باعث می‌شود که آمونیوم مدت بیشتری در خاک نگهداری شده و تبدیل فوری نترات را طی فرآیند نیتریفیکاسیون به تأخیر می‌اندازد و از طرفی، کاهش تلفات نیتروژن به وسیله آبشویی و بخار را سبب می‌شود که در نتیجه راندمان کود بیشتر خواهد شد (Ippolito et al., 2011).

در تحقیقی دیگر، آبرتو و همکاران گزارش نمودند که ژئولیت با بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی از طریق قابلیت جذب فسفر، آمونیوم و نترات و همچنین با کاهش آبشویی و اتلاف کاتیون‌های تبدیلی، به‌خصوص پتاسیم، سبب افزایش عملکرد دانه برنج گردید (Alberto et al., 2010). نتایج حاصل از آزمایش‌های متشرعزاده و اصغری لجایر نشان دادند که غنی‌سازی کنترل شده ژئولیت با موادالی، خاک فسفات و اوره، در اغلب موارد سبب بهبود شاخص‌های رشد و پاسخ‌های تغذیه گیاه ذرت می‌گردد. نتایج آنان نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در کشت گلدانی در تیمار ۱۰٪ وزنی ژئولیت و در رقم ذرت سینگل کراس (۷۰۴) به میزان ۴۸/۴۱ گرم در گلدان به‌دست آمد (متشرعزاده و اصغری لجایر، ۱۳۹۲). دی اسمیت و همکاران در تحقیقی به بررسی اثر ژئولیت (اسپری شده روی برگ) بر فتوسنتز گیاه پرداختند. نتایج آنان نشان داد که ژئولیت‌ها 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 (De Smedt et al., 2017). کوتولاس و همکاران در پژوهشی روی ژئولیت کلینوپتیلولایت غنی شده با آمونیوم بیان نمودند که ژئولیت به طور قابل توجه باعث رشد سریع‌تر گیاه گندم و منجر به افزایش عملکرد شد. همچنین این نوع ژئولیت از آنجائی که از ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی برخوردار است، می‌تواند ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را بهبود و عناصر مورد نیاز گیاه را در دسترس آن قرار دهد (Kotoulas et al., 2019). ژنگ و همکاران در بررسی کاربرد ژئولیت روی برنج تحت شرایط تنش کم‌آبی در تمام مراحل اندازه‌گیری شده به جز پنجه‌زنی، با اثرات معنی‌دار مصرف ژئولیت بر صفاتی چون عملکرد، میزان فتوسنتز، کارایی مصرف آب و شاخص سطح برگ مواجه شدند. همچنین آنان نشان دادند که مصرف ژئولیت به میزان ۱۵ تن در هکتار می‌تواند باعث کاهش مصرف آب آبیاری، افزایش عملکرد دانه و بهبود کیفیت دانه در برنج شد (Zheng et al., 2018). محبتی و همکاران در تحقیقی به بررسی اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و کاربرد ژئولیت کلینوپتیلولایت بر عملکرد خیار گلخانه‌ای پرداختند. نتایج آنان نشان داد که با مصرف ۱۰ گرم ژئولیت در یک کیلوگرم خاک، بیشترین عملکرد، تعداد میوه و طول میوه حاصل شد. همچنین با افزایش مقدار ژئولیت، میزان عملکرد محصول نیز افزایش یافته است (محبتی و همکاران، ۱۳۹۷).

با توجه به اهمیت گیاهان جالیزی و تولید آنها در گلخانه و اثرات ژئولیت بر خاک، کود، گیاه و افزایش رهاسازی برخی مواد غذایی موثر و افزایش عملکرد گیاهان، انجام تحقیق حاضر به عنوان یک تحقیق کاربردی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار است. همچنین تاکنون در خصوص ارزیابی اثرات سطح‌های مختلف ژئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت بر آبشویی نترات و اجزای عملکرد خیار در شرایط گلخانه‌ای انجام نشده است که این موضوع هدف اصلی تحقیق فوق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، از تاریخ ۹۸/۲/۵ تا تاریخ ۹۸/۵/۲۷ انجام گردید. برای کشت محصول، از خاک مزرعه روستای بدلبو نزدیک دانشگاه ارومیه استفاده شد. با بکارگیری دستگاه هواشناسی در گلخانه (Humidity/Barometer.Monitor، مدل MHB-382SD و Solar Power Meter، مدل SPM.1116SD)، هر ۱۰ دقیقه به‌طور خودکار، دما، رطوبت نسبی، تابش خورشیدی و فشار هوا ثبت گردید. مطابق (جدول ۱) شرایط رطوبتی و دمایی کنترل شده در کل دوره رشد خیار نشان داده شده است.

جدول ۱- شرایط دمایی و رطوبتی کنترل شده در کل دوره رشد خیار

ماه	دمای حداقل (سانتی‌گراد)	دمای حداکثر (سانتی‌گراد)	متوسط دما (سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)
اردیبهشت	۱۱/۸۴	۳۲	۲۴	۶۷
خرداد	۱۷	۳۶	۲۸	۷۰
تیر	۱۵/۵	۳۴	۲۶/۴۳	۶۵
مرداد	۱۶/۹۰	۳۶	۲۷/۵۴	۶۶
متوسط	۱۴/۲۱	۳۳/۹۰	۲۴/۴۲	۶۵/۸

گلدان ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بین گلدان‌ها روی ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند (شکل ۱). جمع آوری زه‌آب در ۴ دوره کوددهی صورت پذیرفت. ژئولیت مورد استفاده در این تحقیق از نوع ژئولیت کلینوپتیلولایت بود که از معدن ژئولیت آبگرم در استان سمنان تهیه شد. با استفاده از دستگاه آسیاب میله‌ای، ژئولیت آسیاب شده و در اندازه ذرات ۰/۷۵-۰/۱۸ میلی‌متر با استفاده از الک، جداسازی شد (عابدی‌کوپایی و همکاران، ۱۳۸۹). خصوصیات شیمیائی ژئولیت مورد استفاده در جدول (۲) آمده است.

در این تحقیق گلدان‌های ۱۰ کیلویی (به قطر داخلی ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) با خاک لومی شنی پر و سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی برای آنها تعبیه گردید. گلدان‌ها روی سکوهای ۴۵ سانتی‌متر از زمین قرار گرفتند. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی در گلخانه با چهار سطح تیمار ژئولیت شامل صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در هر کیلوگرم خاک در سه تکرار، جمعاً ۱۲ گلدان انجام گرفت. در قسمت پایین هریک از گلدان‌ها، سوراخی برای خروج زه‌آب تعبیه شد و لوله‌ای با طول ۳۰ سانتی‌متر جهت انتقال زه‌آب از گلدان‌ها به ظروف جمع‌آوری در نظر گرفته شد. فاصله بین دو ردیف

جدول ۲- تجزیه شیمیایی ژئولیت مورد استفاده

ظرفیت تبادل کاتیونی	کلر	دی‌فرو تری اکسید	منیزیم اکسید	تیتانیوم اکسید	پتاسیم اکسید	سیلیسیم اکسید	دی‌آمونیم تری اکسید	سدیم اکسید	کلسیم اکسید	*افت حرارتی
(میلی‌اکی والان در گرم)	(میلی‌گرم در لیتر)	۰/۹-۰/۲	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۶۸/۵	۱۱	۳/۸	۰/۶	۱۰-۱۲

* افت حرارتی یا تقلیل وزنی حرارتی (Loss on Ignition)



شکل ۱- اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای

رطوبت نسبی هوا، و تابش خورشیدی) استفاده گردید. در این پژوهش به منظور محاسبه مقادیر تبخیر - تعرق گیاه، ابتدا مقادیر تبخیر-

برای تعیین نیاز آبی، پارامترهای هواشناسی با استفاده از دستگاه هواشناسی نصب شده در گلخانه (شامل داده‌های درجه حرارت،

کود توصیه شده برای رشد خیار در گلخانه شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۳۰۰، ۲۱۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار است (حیدری و همکاران، ۱۳۸۶). براساس نتایج آزمون خاک، کودهای نیترات آمونیوم، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب به مقادیر ۱۳۲، ۱۲۵ و ۱۸۲ گرم در گلدان برای تمام تیمارها در طول فصل رشد استفاده گردیدند. کودهای سوپرفسفات تریپل به صورت یکجا قبل از کشت ولی کود سولفات پتاسیم یک سوم قبل از کشت و باقی مانده در مراحل رشد به گلدان‌ها اضافه گردید. از کود نیترات آمونیوم خالص برای تامین نیترات گلدان‌ها استفاده شد. میزان کود اوره مطابق نیاز کودی خیار در منطقه (۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شده و بر این اساس، کود نیترات آمونیوم محاسبه و ۱۸۲ گرم به صورت کودآبیاری در چهار نوبت در تاریخ‌های (۱۸ خرداد، ۱۵ تیر، ۳۰ تیر و ۱۴ مرداد) به گلدان‌های خاک اضافه گردید.

از ویژگی‌های کشت گلخانه‌ای، هدایت بوته به سمت بالا و استفاده از حجم گلخانه به جای سطح است. بدین منظور، با حذف شاخه‌های اضافه، به بوته اجازه رشد طولی و تولید میوه‌های نزدیک‌تر به ساقه اصلی داده شده تا از کیفیت بهتر برخوردار شوند. جهت کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز از محلول پاشی به طور یکسان در تمامی گلدان‌ها استفاده شد. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد یادداشت برداری از صفات در سه نوبت به فواصل زمانی ۱۶ روز صورت گرفت و ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ و سطح برگ اندازه‌گیری گردید. اولین برداشت محصول پس از گذشت ۶۰ روز انجام گرفت. برای این کار، خیارها از بوته جدا شده و وزن میوه هر گلدان توسط ترازوی دقیق با خطای ۰/۰۰۱ گرم به دست آمد. طی دوره رشد، سه بار، برداشت خیار به فواصل زمانی ۱۵ روز صورت گرفت. همچنین تعداد میوه بدست آمده از هر گلدان یادداشت شد. ارتفاع بوته با خط‌کش، سطح برگ را با سطح‌سنج و طول میوه و قطر میوه خیار توسط کولیس اندازه‌گیری شدند.

به منظور بررسی تاثیر زئولیت بر کاهش آبشویی نیترات، میزان رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای، از نرم افزار SPSS نسخه 16 استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن^۱ در سطح احتمال یک و پنج درصد، انجام شد.

نتایج و بحث

تغییرات درجه حرارت در گلخانه و ایستگاه نازلو در (شکل ۲) نشان داده شده است. با پوشش گلخانه تغییرات دمایی هم در طول روز و هم در طول دوره نسبت به محیط خارج گلخانه کاهش زیادی داشته و دما در گلخانه در طول فصل رشد تقریباً روند ثابتی از خود

تعلق گیاه مرجع (ET_0) با توجه به فرمول اصلاح شده پنمن‌مونیتث فائو برای کاربرد در گلخانه، محاسبه شد: (Wang et al., 2006) (Fan et al., 2016):

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left[\frac{890}{T + 273} \right] U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

که در آن، R_n تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (مگاژول بر مترمربع بر روز)، G شار گرما به داخل خاک (مگاژول بر مترمربع بر روز)، γ ضریب سایکرومتری (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد)، U_2 سرعت باد در ارتفاع دو متری، Δ شیب منحنی فشار بخار (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد)، هستند. همچنین تبخیر تعرق پتانسیل گیاه (ET_p) طبق رابطه (۲) محاسبه گردید:

$$ET_p = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

که در آن، K_c ضریب گیاهی و ET_0 تبخیر تعرق گیاه مرجع هستند. طی دوره رشد گیاه، آبیاری با استفاده از لوله آبیاری قطره‌ای ۱۶ میلی‌متر درپیردار که در کنار هر بوته قرار گرفته بود اعمال شد. همچنین آبدهی قطره‌چکان‌ها ۴ لیتر بر ساعت بود. آبیاری‌ها هر ۳ روز در طول دوره رشد خیار صورت گرفت (شکل ۱). برای جمع‌آوری زه‌آب خروجی از گلدان‌ها، بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش‌های جداگانه، اعمال ۳۰ درصد آبشویی در نظر گرفته شد تا هر گلدان میزان زه‌آب قابل توجه‌ای برای اندازه‌گیری نیترات داشته باشد. سپس به منظور جمع‌آوری زه‌آب، در زیر هر گلدان، ظرف نمونه‌گیری تعبیه شده بود. پس از خروج زه‌آب، نمونه‌ها در ظرف مخصوص ریخته شده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید یا حداقل ۲۴ ساعت در دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بعد از هر مرحله، نمونه‌های زه‌آب به منظور تعیین غلظت نیترات محلول‌های مورد مطالعه، از دستگاه اسپکتروفتومتر Model DR2100 و در طول موج ۴۱۰ میکرومتر استفاده گردید (Keeney et al., 1982).

کاشت محصول در گلخانه

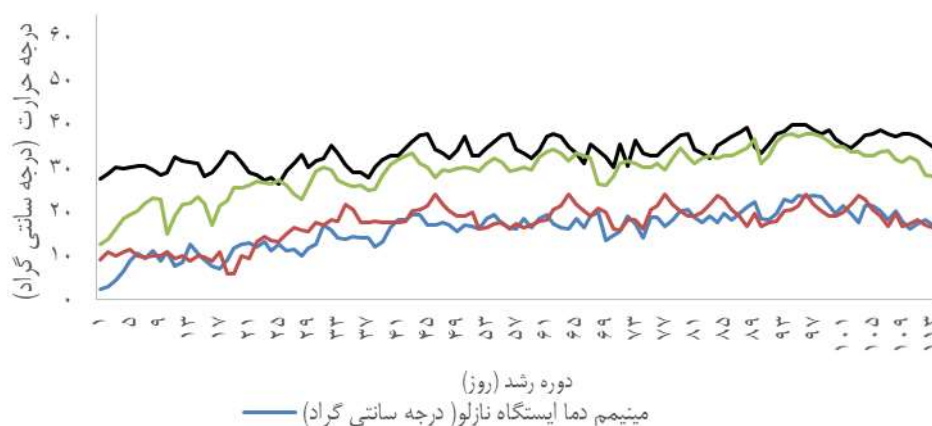
برای کاشت، بذر خیار رقم نگین، در اواخر فروردین ماه به صورت نشاکاری انجام و دوره رشد گیاه تا مرحله میوه دهی ۱۱۰ روز به طول انجامید. نمونه برداری از خاک برای تعیین مشخصات شیمیایی خاک انجام و بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین شد. از عصاره اشباع به‌دست آمده از نمونه خاک، مقادیر فسفر و نیتروژن به روش اسپکتروفتومتری، پتاسیم با استفاده از روش فلیم‌فوتومتر و هدایت الکتریکی (EC_e) و اسیدیته (pH) با استفاده از EC متر و pH متر اندازه‌گیری شدند. کربن آلی خاک نیز به روش والکی و بلک (Walkely and Blak, 1934) اندازه‌گیری شد (جدول ۳). مقادیر

روزانه تغییرات دمای خارج گلخانه در (شکل ۲) ارائه شده است. تغییرات دمایی در طول دوره بسیار زیاد بوده و میانگین دمای حداقل ۱۲، میانگین دمای حداکثر ۲۹/۲۱، درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

نشان می‌دهد. همانطور که از (شکل ۲) پیداست، در طول ۱۱۰ روز دوره رشد محصول خیار، میانگین دمای حداقل در گلخانه ۱۴/۲۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای حداکثر ۳۳/۹۰ درجه سانتی‌گراد بود که دمای مناسبی برای رشد و باردهی خیار به حساب می‌آید. آمار

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

عمق خاک (سانتیمتر)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته (-)	بافت خاک	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ازت کل (درصد)	کربن آلی (درصد)
۳۰ - ۰	۰/۸۵۰	۷/۶۷	لوم شنی	۱/۳۲	۸/۴۰	۱۳۲	۰/۰۷۳	۱/۶



شکل ۲- شرایط دمای ماکزیمم و مینیمم گلخانه و ایستگاه نازلو در کل دوره رشد خیار

(2008). در حقیقت کانی‌های ژئولیت مشابه فلدسپات (یک، نوع سنگ) است و با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل می‌کند و قابلیت تبادل کاتیونی مناسب دارد و از طرفی دارای جذب انتخابی یون آمونیوم است که در حفرات و کانال‌ها به گونه‌ای است که مانع از ورود باکتری‌های نیتریفیکاسیون‌کننده به داخل ساختمان ژئولیت می‌شود. بنابراین در حضور ژئولیت در خاک، سرعت تبدیل آمونیوم به نیترات کاهش پیدا می‌کند و این موجب کاهش شستشوی نیتروژن می‌گردد. همچنین بخش غالب انتقال املاح در خاک بصورت جریان توده‌ای است. از طرف دیگر ژئولیت یک سوپرجاذب آب است. بنابراین با جذب آب مانع از آبشویی نیترات موجود در آب می‌گردد که تحقیق حاضر با مطالعات همکاران و متشعرزاده و همکاران مطابقت داشت (Hikam et al., 2001; Motesharazadeh et al., 2015). مطابق (شکل ۳) غلظت نیترات در آب آبیاری (آب گلخانه) برای شاهد تقریباً در چهار مرحله کودآبیاری ثابت فرض شد.

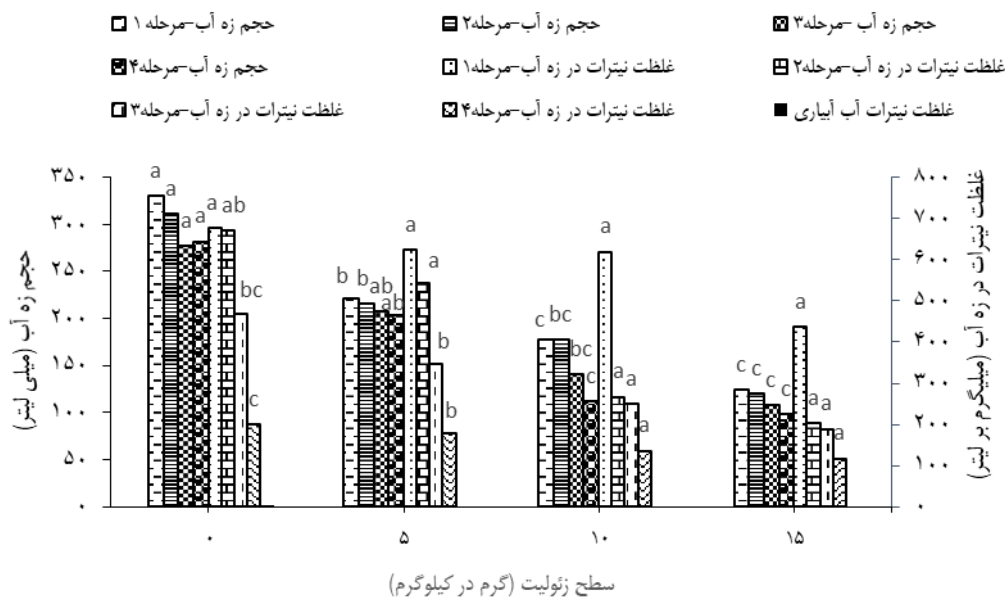
آبشویی نیترات در زه‌آب خروجی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول (۴) نشان داد که اثر ژئولیت بر مقدار غلظت نیترات در زه‌آب خروجی (آبشویی نیترات) و حجم زه‌آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. تأثیر مثبت ژئولیت بر جذب و نگهداری نیترات و ممانعت از آبشویی در (شکل ۳) قابل مشاهده است. در تیمار شاهد (بدون ژئولیت) و با کاربرد ۱۵ گرم ژئولیت در کیلوگرم خاک به ترتیب، غلظت نیترات خروجی از زه‌آب در آبیاری اول، ۶۷۷ و ۵۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و پس از آبیاری چهارم مقادیر اخیر به ۲۰۰ و ۱۱۷ میلی‌گرم بر لیتر رسیدند. دلیل آبشویی بالای نیترات از خاک از تیمار شاهد به دلیل بار منفی نیترات و عدم جذب آن توسط ذرات خاک (عدم جذب سطحی) است با افزایش ژئولیت به خاک، در هر از مرحله کودآبیاری، مقدار زیادی از کود نیترات آمونیوم در خاک نگهداری می‌شود و از آبشویی آن جلوگیری می‌گردد. این نتایج با تحقیقات عابدی‌کوپایی و همکاران و پرز و همکاران و صادقی‌لاری و همکاران مطابقت داشت (عابدی‌کوپایی و همکاران، ۱۳۸۹؛ صادقی‌لاری و همکاران، ۱۳۹۲؛ Perez et al.,

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر زئولیت بر آبشویی نیترات زه آب از یک خاک لوم شنی تحت کشت خیار

منابع تغییر	درجه آزادی	حجم زه آب	غلظت نیترات خروجی در زه آب
تکرار	۲	۲۹۴/۰ ^{ns}	۰/۰۶۷ ^{ns}
زئولیت	۳	۰/۰ [*]	۰/۰۱۸ [*]
خطا	۴۲	۲۲۱۶/۹۰۸	۲۱۲/۱۲
ضریب تغییرات	-	۰/۶۲۸ درصد	۰/۱۱۲ درصد

***، نشان دهنده اثر معنی دار در سطح احتمال یک درصد است.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح زئولیت بر میانگین غلظت نیترات زه آب و حجم زه آب در مراحل مختلف کودآبیاری

حروف متفاوت مبین وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد بین تیمارهاست.

مراحل مختلف کودآبیاری در (شکل ۵) نشان داده شده است. در این پژوهش به منظور محاسبه مقادیر تبخیر - تعرق گیاه، با توجه به فرمول اصلاح شده پنمن مونتهیت فائو برای کاربرد در گلخانه محاسبه و حجم آب کاربردی براساس تبخیر تعرق و اعمال ۳۰ درصد آبشویی در کل دوره رشد خیار برای تمام تیمارها یکسان در نظر گرفته شد.

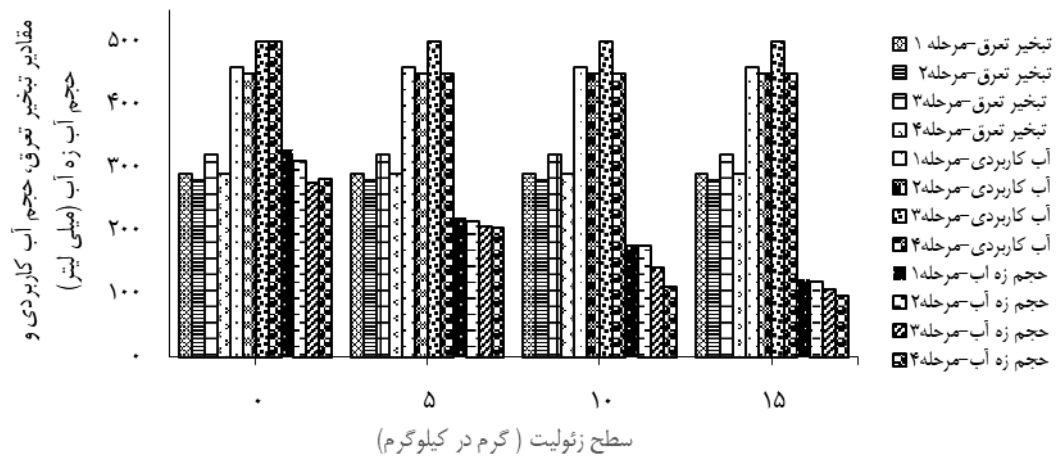
مقایسه میانگین‌ها در (شکل ۶) نشان می‌دهد که با کاربرد بیشتر زئولیت، آبشویی نیترات کاهش می‌یابد، بطوریکه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین عدم کاربرد زئولیت و کاربرد ۱۵ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک وجود دارد. کاهش غلظت نیترات در حضور زئولیت کلینوپتیلولایت می‌تواند ناشی از فضاهای متخلخل زیاد این کانی در جذب یون آمونیوم باشد. پژوهش حاضر با تحقیقات مرادزاده و همکاران و صادقی لاری و همکاران مطابقت داشت (مرادزاده و همکاران، ۱۳۹۱؛ صادقی لاری و همکاران، ۱۳۸۹). این محققان نیز گزارش کردند که اضافه کردن زئولیت به خاک باعث کاهش شستشوی نیترات و افزایش نگهداشت آن در خاک می‌شود.

(شکل ۳) حجم زه آب در مراحل مختلف کودآبیاری در سطح‌های مختلف زئولیت نشان می‌دهد. مطابق (شکل ۳) بیشترین حجم زه آب در چهار مرحله کودآبیاری مربوط به تیمار شاهد بوده و کمترین حجم زه آب مربوط به کاربرد ۱۵ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک است. با توجه به اینکه خاک‌های سبک توانایی ذخیره و نگهداری رطوبت کمی دارند اضافه کردن سوپرجاذب (زئولیت) به خاک ظرفیت نگهداری آب در خاک‌ها را افزایش می‌دهد. همچنین مقدار حجم زه آب خروجی با کاربرد زئولیت در خاک لوم‌شنی کاهش یافت که این کاهش به دنبال افزایش نگهداشت آب به واسطه وجود زئولیت در خاک اتفاق می‌افتد. به این ترتیب کاربرد زئولیت در خاک سبک، منجر به افزایش منافذ ریز در خاک شده که با ریزتر شدن منافذ خاک و افزایش خلل و فرج، مشکل عدم نگهداشت آب در خاک‌های سبک را برطرف کند (van Genuchten et al., 1991). (شکل ۴) حجم زه آب به حجم آب کاربردی در مراحل مختلف کودآبیاری در سطح‌های مختلف زئولیت نشان می‌دهد.

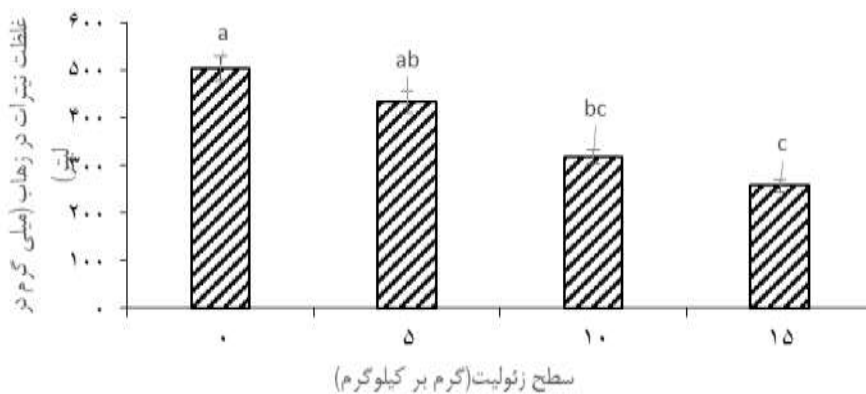
مقادیر تبخیر و تعرق، حجم آب کاربردی و حجم آب زه آب در



شکل ۴- حجم آب زه‌آب به حجم آب کاربردی در مراحل مختلف کودآبیاری



شکل ۵- مقدار تبخیر و تعرق، حجم آب کاربردی و حجم آب زه‌آب در مراحل مختلف کودآبیاری



شکل ۶- مقایسه میانگین سطوح مقادیر مختلف ژئولیت بر آبشویی نیترات خروجی از زه‌آب در خاک تحت کشت خیار گلخانه‌ای

حروف متفاوت مبین وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بین تیمارهاست.

عملکرد محصول

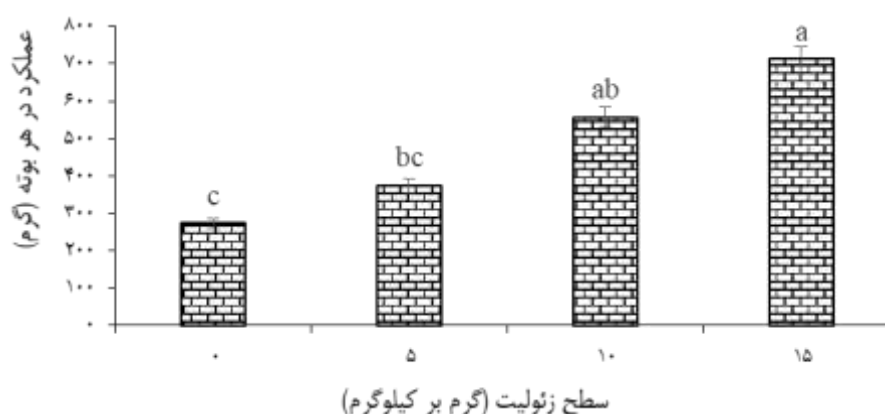
نتایج تجزیه واریانس تأثیر زئولیت بر عملکرد (تعداد میوه ضربدر وزن میوه) و اجزای عملکرد خیار در (جدول ۵) نشان می‌دهد که اثر اصلی زئولیت بر عملکرد محصول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها در (جدول ۶) با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین عدم مصرف و مصرف ۱۵ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک وجود داشت، به طوری که بیشترین عملکرد محصول (۷۱۱/۸۷۷ گرم در هر بوته) مربوط به مصرف ۱۵ گرم زئولیت و کمترین عملکرد (۲۷۲/۸۴ گرم در هر بوته) مربوط به عدم مصرف زئولیت بود (شکل ۷). تحقیقات اسپیلیتو و همکاران نشان دادند که دلیل افزایش عملکرد محصول با مصرف زئولیت این بود که بخش قابل ملاحظه‌ای از مکان‌های تبادل زئولیت توسط کاتیون‌های پتاسیم اشغال شده است. بنابراین کانی مذکور می‌تواند به‌عنوان کود پتاسیم‌کننده‌های پتاسیم در کشاورزی مورد استفاده قرار بگیرد.

همچنین زئولیت باعث افزایش راندمان مصرف نیتروژن و کاهش تلفات آن می‌گردد (Ippolito et al., 2011). زئولیت به‌عنوان یک ماده‌ی مغذی می‌تواند باعث افزایش عملکرد گردد. همچنین زئولیت با تأمین بخشی از نیتروژن و پتاسیم مورد نیاز گیاه باعث افزایش رشد و عملکرد می‌شود (شیرانی راد و همکاران، ۱۳۹۰). کوتولس و همکاران در تحقیقی نشان دادند که زئولیت نیز می‌تواند کاتیون‌های آمونیوم و پتاسیم را جذب کرده و به آرامی آنها را به خاک رها کند (Kotoulas et al., 2019). برناردی و همکاران در یک بررسی نشان دادند که زئولیت‌ها باعث بهبود راندمان مصرف نیتروژن و افزایش عملکرد محصول ذرت می‌شوند (Bernardi et al., 2011). همچنین نتایج اخیر مشابه مطالعات غلامحسینی و همکاران، کورنیوان و همکاران، آلبرتو و همکاران و لی و همکاران است (Gholamhosini et al., 2013; Kurniawan et al., 2019; Alberto et al., 2013; Li et al., 2013 2010).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (درجه آزادی و میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد خیار

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد محصول گرم در بوته	سطح برگ سانتی-متر مربع	وزن میوه گرم	طول میوه سانتی-متر	قطر میوه سانتی-متر	ارتفاع بوته سانتی-متر	قطر بوته میلی‌متر	تعداد میوه	تعداد برگ
تکرار	۲	۰/۶۱۹ ns	۰/۰۹۱ ns	۰/۰۰۸**	۰/۳۵۳ ns	۰/۰۴ ns	۰/۲۰۱ ns	۰/۰۲۹ *	۰/۶۸۰ ns	۰/۲۹ ns
زئولیت	۳	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۵**	۰/۰۲۷*	۰/۰۳۱ *	۰/۰۳*	۰/۰۳۷*	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۰**	۰/۲۶۸ ns
خطا	۳۰	۷۸/۵۵	۴/۶۰۴	۲۰۷/۸۸۵۲	۸/۰۸۴	۰/۱۱۲	۴۴/۸۰۳	۱/۴۷۳	۳/۲۱۰	۴/۶۰۴
ضریب تغییرات	-	۳/۶۰	۱/۲	۱۸/۱۵۹	۳۰/۴۱	۱۴/۵۳	۱۶/۵	۱۵۵/۷	۵۴/۸	۷۷/۳

ns و * به ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم وجود اثر معنی‌دار هستند.



شکل ۷- مقایسه میانگین تأثیر سطح‌های زئولیت بر عملکرد محصول
حروف متفاوت مبین وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بین تیمارها است.

تعداد میوه

نتایج تجزیه واریانس در (جدول ۵) نشان می‌دهد که اثر ژئولیت بر تعداد میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین سطح‌های مختلف ژئولیت وجود ندارد این نتایج با نتایج قزوینی و همکاران مطابقت داشت (Ghazvini et al., 2007).

وزن میوه، قطر و طول میوه

نتایج آنالیز واریانس (جدول ۵) نشان می‌دهد که اثر ژئولیت بر روی صفات وزن میوه، قطر و طول میوه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها در (جدول ۶) و (شکل ۸) نشان‌دهنده آن است که میان سطوح ژئولیت مصرفی نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌نحوی که بیشترین وزن میوه (۸۷/۲۳۲۷ گرم) در تیمار ۱۵ گرم ژئولیت و کمترین وزن میوه (۷۴/۹۸۱ گرم) در

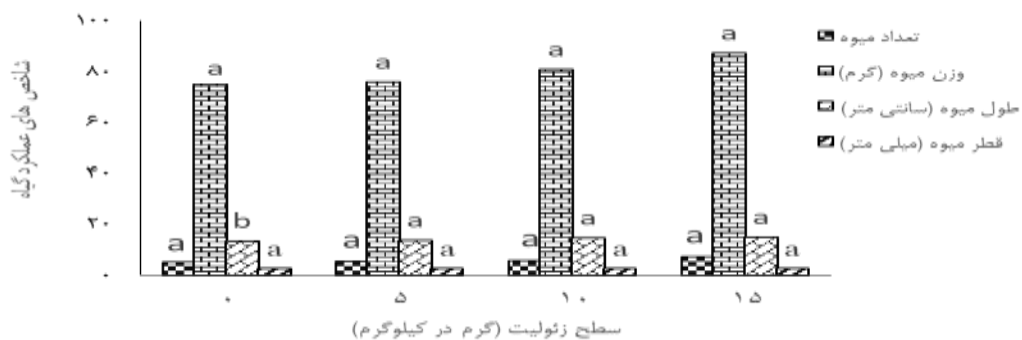
تیمار عدم مصرف ژئولیت، بدست آمد که با پژوهش‌های محبتی و همکاران هم‌خوانی داشت (محبتی و همکاران، ۱۳۹۷).

سطح برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس در (جدول ۵) نشان می‌دهد که اثر سطوح مختلف ژئولیت بر سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در (جدول ۶) و (شکل ۹) بیشترین سطح برگ (۱۵۷/۲۰ سانتی‌متر مربع) در تیمار ۱۵ گرم ژئولیت و کمترین سطح برگ (۱۰۳/۵۶ سانتی‌متر مربع) در تیمار عدم مصرف ژئولیت مشاهده شد. در رابطه با تاثیر ژئولیت بر سطح برگ، قابل ذکر است که ژئولیت باعث افزایش رشد گیاهان به دلیل خاصیت بی‌نظیر ژئولیت می‌شود که به آن امکان نگهداری مواد مغذی، به‌ویژه عنصر نیتروژن کاتیون‌های آمونیوم و پتاسیم) را می‌دهد و به آرامی آنها را رها می‌کند.

جدول ۶- مقایسه میانگین سطوح مختلف ژئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد خیار

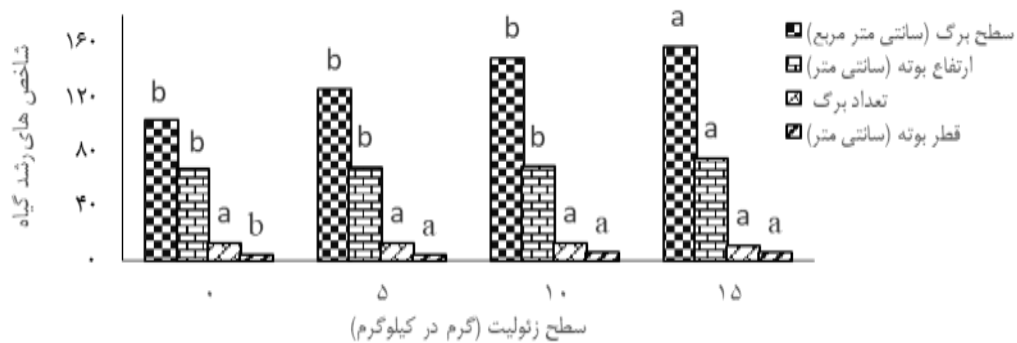
شاخص‌های اندازه‌گیری شده				سطح ژئولیت (گرم در کیلوگرم)
۱۵	۱۰	۵	۰	
^a ۷۱۱/۸۷۷	^{ab} ۵۵۶/۳۲۶	^{bc} ۳۷۴/۵۲۳	^c ۲۷۲/۸۴۲	عملکرد بوته (گرم)
^a ۱۵۷/۲۰	^a ۱۴۵/۹۶	^b ۱۲۵/۷۰	^b ۱۰۳/۵۶	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
^a ۷۵/۴۴۴	^b ۶۹/۱۱	^b ۶۹/۰۰	^b ۶۷/۳۳۳	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
^a ۶/۵۴۴	^a ۶/۰۵۶	^b ۴/۴۷۸	^b ۳/۹۶۷	قطر بوته (سانتی‌متر)
^a ۸۷/۲۳۲۷	^a ۸۰/۸۹۹۲	^a ۷۶/۰۶۰۳	^a ۷۴/۹۸۶۷	وزن میوه (گرم)
^a ۱۵/۰	^a ۱۴/۶۴۴	^a ۱۳/۸۳۳	^a ۱۳/۳۵۶	طول میوه (سانتی‌متر)
^a ۲/۷۱۶۸	^a ۲/۶۸۴۱	^a ۲/۶۲۸۳۳	^a ۲/۵۶۹۷۸	قطر میوه (میلی‌متر)
^a ۷/۲۲	^a ۵/۷۸	^a ۵/۳۳	^a ۵/۲۴	تعداد میوه
^a ۱۱/۴۴	^a ۱۳/۰۰۰	^a ۱۳/۰۰۰	^a ۱۳/۳۳	تعداد برگ

مقایسه میانگین‌های شامل حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن بدون اختلاف معنی‌داری هستند.



شکل ۸- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف ژئولیت بر شاخص‌های عملکرد (تعداد میوه، وزن میوه، طول میوه و قطر میوه)

مقایسه میانگین‌ها حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن بدون اختلاف معنی‌داری هستند.



شکل ۹- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف زئولیت بر شاخص‌های رشد (سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد برگ و قطر بوته)

مقایسه میانگین‌ها حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن بدون اختلاف معنی‌داری هستند.

شده و لذا قطر بوته را افزایش می‌دهد. نتایج حاصل از تاثیر زئولیت بر صفت مورد نظر با پژوهش‌های سونمز و همکاران مطابقت داشت (Sommez et al., 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افزایش مقدار زئولیت کلینوپتیلولایت در خاک باعث کاهش شستشوی نیترات و نگهداشت آن در خاک شده است و از انتقال آنها به آب‌های زیرزمینی و در نتیجه آلودگی آن جلوگیری می‌نماید. با کاربرد ۱۵ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک در آبیاری اول میزان نیترات خروجی ۷۷/۰۳ درصد و مقادیر اخیر با آبیاری چهارم به ۵۸ درصد رسید. همچنین میزان جذب نیترات در مقادیر کمتر نیز مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، استفاده از ۱۵ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک باعث افزایش ۲/۶ برابری عملکرد در مقایسه با شاهد گردید و همچنین در بیشتر صفات، باعث افزایش مطلوبیت این صفات شد. کاهش مصرف کود، باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید و مصرف کودهای شیمیایی شده و افزایش سود گلخانه‌داران را در پی خواهد داشت. بنابراین استفاده از زئولیت‌ها بدلیل ویژگی‌های منحصر به‌فرد از قبیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، جذب انتخابی کاتیون‌ها، آزادسازی کنترل شده آنها، فراوانی معادن و ذخایر زئولیتی ایران توصیه می‌شود.

منابع

حیدری، ن.، انتصاری، م.، خیرابی، ع. ا.، فرشی، ژ.، وزیری و علایی، م. ۱۳۸۶. کارایی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره کتابشناسی ملی: ۱۱۵۶۰۸۲.

شیرانی‌راد، ا.ح.، طاهرخانی، ت.، مرادی‌اقدام، ا.، نظری‌گلشن، ا.، و اسکندری، ک. ۱۳۹۰. تأثیر مقادیر نیتروژن و زئولیت بر صفات

به همین دلیل همه گیاهان می‌توانند نیتروژن به میزان کافی برای رشدشان به‌خصوص برای برگ‌هایشان بدست آورند. نتایج تحقیق حاضر مشابه مطالعات ژنگ و همکاران است (Zheng et al., 2018). همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول ۵ نشان می‌دهد که سطح‌های مختلف زئولیت هیچ تاثیر معنی‌داری روی تعداد برگ نداشته‌اند. همچنین مقایسه میانگین‌ها در (جدول ۶) و (شکل ۸) بین سطح‌های مختلف زئولیت نشان داد که زئولیت هیچ تاثیر معنی‌داری روی صفت مورد نظر نداشته است که با مطالعات عبدی و همکاران مطابقت داشت (Abdi et al., 2006).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان می‌دهد که اثر سطوح مختلف زئولیت بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها در (جدول ۶) و (شکل ۹) اثر ساده زئولیت بر ارتفاع بوته نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع بوته (۷۵/۴۴) مربوط به تیمار کاربرد ۱۵ گرم زئولیت و کمترین ارتفاع بوته (۶۷/۳۳) مربوط به تیمار عدم مصرف زئولیت است. دلایل افزایش ارتفاع بوته با مصرف زئولیت ناشی از این است که زئولیت می‌تواند یون‌های آمونیوم را نگهداشته و به آرامی آزاد کند. بنابراین هرچه مقدار زئولیت بیشتر باشد رشد گیاه هم بیشتر می‌شود که با پژوهش‌های مالک و همکاران و پلماز و همکاران، تطابق داشت (Malek et al., 2014; Yilmaz et al., 2014).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که بین سطح‌های مختلف زئولیت در سطح احتمال یک درصد روی قطر بوته معنی‌دار گردیده است. همچنین مقایسه میانگین‌ها در (جدول ۶) و (شکل ۹) نشان داد که بیشترین قطر بوته (۶/۵۴ میلی‌متر) مربوط به ۱۵ گرم زئولیت و کمترین قطر بوته (۳/۹۶ میلی‌متر) مربوط به عدم مصرف زئولیت است که از لحاظ آماری در مقایسه با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. با توجه به نتایج می‌توان دریافت که قطر بوته در طی مراحل رشد گیاه تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و تامین عناصر به‌ویژه نیتروژن و پتاسیم توسط زئولیت باعث رشد بهتر گیاه

- and NH⁴⁺-enriched zeolite amendment effects on nitrate leaching from a reclaimed agricultural soil (Ferrara Province, Italy). *Nutrient cycling in agroecosystems*, 110(2): 327-341.
- Fan, J., Chen, B., Wu, I., Zhang, F., Xiang, Y., Zheng, J., 2016. Climate change effects on reference crop evapotranspiration across different climatic zones of China during 1956-2015. *J. Hydro.* 542: 923-937.
- Ghazvini, R.F., Payvast, G., and Azarian, H. 2007. Effect of clinoptilolite-zeolite and perlite mixtures on the yield and quality of strawberry in soil-less culture. *Int J Agric Biol*, 9(6): 885-888.
- Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H., and Farmanbar, E. 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. *Soil Till Res* 126:193-202.
- Hikam, M., and Asijati, E. 2001. Identification and Enrichment of Indonesian Zeolite using Cation Flotation Method. *Indonesian Journal of Physics*, 12.1: 14-18.
- Ippolito, A.J., Tarkalson, D.D. and Lehrsch G.A. 2011. Zeolite soil application method affects inorganic nitrogen, moisture, and corn growth. *Soil Sci.* 176.3: 136-142.
- Keeney, D.R. and Nelson, D.W. 1982. N-inorganic forms *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* 2: 643-698.
- Kotoulas, A., Agathou, D., Triantaphyllidou, I.E., Tatoulis, T.I., Akrotos, C.S., Tekerlekopoulou, A. G., and Vayenas, D.V. 2019. Second Cheese Whey Treatment Using Zeolite under Continuous Flow Mode and Its Application on Wheat Growth. *Water*, 11.5:928.
- Kurniawan, T., Nuryoto, N., and Firdaus, M.A. 2019. Zeolite for agriculture intensification and catalyst in agroindustry. *World Chemical Engineering Journal*, 3.1: 13-23.
- Li, Z., Zhang, Y., and Li, Y. 2013. Zeolite as slow release fertilizer on spinach yields and quality in a greenhouse test. *Journal of Plant Nutrition*; 36.10: 1496-1505.
- Malek, N.A.N.N., Hamzah, N.S., Dzkulfli, N.H., Abdullah, W.M.M.W., and Hamdan, S. 2014. Effect of Natural Zeolite (Clinoptilolite) and Urea on the Growth of *Amaranthus gangeticus*, *Clinachantus nutans* and *Capsicum annum*. *Jurnal Teknologi*, 68(1).
- Motesharezadeh, B., Arasteh, A., Pourbabaee, A.A., and Rafiee, G.R. 2015. The Effect of Zeolite and Nitrifying Bacteria on Remediation of Nitrogenous Wastewater Substances Derived from Carp Breeding Farm. *International Journal of Environmental*
- زراعی گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی. *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی* جلد ۳، شماره ۱، صفحات ۱۲۵-۱۳۵.
- صادقی لاری، ع.، معاضد، ه.، هوشمند ع.ر.، و چرم، م. ۱۳۸۹. تاثیر کاربرد زئولیت سدیمی بر نگهداشت نیترات و آمونیوم در یک خاک اشباع لوم سیلتی. *علوم و مهندسی آبیاری مجله علمی کشاورزی*، جلد ۳۳، شماره ۱، صفحات ۳۱-۴۳.
- عابدی کوپایی، ج.، موسوی، ف. و معتمدی، آ. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر کاربرد زئولیت کلینوپتیلولایت در کاهش آبشویی کود اوره از خاک. *مجله آب و فاضلاب*. جلد ۲۴، شماره ۳، صفحات ۵۱-۵۷.
- متشعرزاده، ب.، و اصغری لجایر، ه. ۱۳۹۲. تاثیر سطوح مختلف زئولیت غنی شده بر عملکرد ماده خشک، اجزای عملکرد و جذب برخی عناصر غذایی (فسفر، پتاسیم، روی و مس) در دو رقم ذرت سینگل کراس (۷۰۴ و ۲۶۰). *تحقیقات کاربردی خاک*، جلد ۱، شماره ۲، صفحات ۶۱-۷۴.
- محبتی، ع.، نجفی مود، م.ح.، شهیدی، ع.، و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۷. اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر عملکرد خیار گلخانه‌ای، علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال نهم، شماره ۲، صفحات ۵۵-۶۵.
- مرادزاده، م.، معاضد، صیاد، غ.، حاجی خانلو، ح.، صادقی لاری، ع. ۱۳۹۱. تاثیر کاربرد زئولیت پتاسیمی بر نگهداشت نیترات و آمونیوم در یک خاک لوم شنی در شرایط اشباع، *مجله پژوهش‌های خاک علوم خاک و آب*، دوره ۲۳، شماره ۱ صفحات ۱۰۸-۱۰۰.
- Abdi, G.H., Khosh-Khui, M., and Eshghi, S. 2006. Effects of natural zeolite on growth and flowering of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *International Journal of Agricultural Research*, 1.4: 384-389.
- Alberto, C., Oliveira, P., and Melamine, M. 2010. Brazilian sedimentary zeolite use in agriculture. *World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, Australia.* 8(6): 334-348.
- Bernardi, A.C.D.C., de Souza, G.B., Polidoro, J.C., Paiva, P.R.P., and Monte, M.B.D.M. 2011. Yield, quality components, and nitrogen levels of silage corn fertilized with urea and zeolite. *Communications in soil science and plant analysis*, 42(11), 1266-1275.
- DeSmedt, C., Steppe, K., and Spanoghe, P. 2017. Beneficial effects of zeolites on plant photosynthesis. *Advanced Materials Science*, 2.1: 1-11.
- Faccini, B., Di Giuseppe, D., Ferretti, G., Coltorti, M., Colombani, N., and Mastrociccio, M. 2018. Natural

- Wang, H., Li, J., Cheng, M., Zhang, F., Wang, X., Fan, J., and Xiang, Y. 2019. Optimal drip fertigation management improves yield, quality, and water and nitrogen use efficiency of greenhouse cucumber. *Scientia Horticulturae*, 243: 357-366.
- Wang, J., Cai, H., Chen, X., 2006. Study and evaluation methods of reference crop evapotranspiration in solar- heated greenhouse. *J. Irrig. Drain, Eng.* 25 (6), 11-14 (in Chinese with English abstract).
- Wan, C., Ding, S., Zhang, C., Tan, X., Zou, W., Liu, X. and Yang, X. 2017. Simultaneous recovery of nitrogen and phosphorus from sludge fermentation liquid by zeolite adsorption: Mechanism and application. *Separat. Purif. Technol.* 180(8): 1-12.
- Van Genuchten, M.Th., Leij, F.J. and Yates, S.R. 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. Research Report No, 600/2-91/065. USEPA, Environment Research Laboratory, Ada, Ok.
- Van Reeuwijk, L.P. 1972. High-temperature phase of zeolites of the natrolite group. *Am. Mineral.* 57: 499-510.
- Yılmaz, E., Sönmez, İ., and Demir, H. 2014. Effects of zeolite on seedling quality and nutrient contents of cucumber plant (*Cucumis sativus* L. cv. Mostar F1) grown in different mixtures of growing media. *Communications in soil science and plant analysis*, 45.21: 2767-2777.
- Zheng, J., Chen, T., Xia, G., Chen, W., Liu, G., and Chi, D. 2018. Effects of zeolite application on grain yield, water use and nitrogen uptake of rice under alternate wetting and drying irrigation. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(1), 157-164 after Research, 41, 269-276.
- Research, 9.2:
- Narayanankutty, C., Sreelatha, U., Jyothi, M. L., and Gopalakrishnan, T. R. 2013. Advances in protected cultivation of vegetables in Kerala. *Advances in Protected Cultivation*. New India Publishing Agency, New Delhi, 133-141.
- Nijjar, GS. 1985. *Nutrition of Fruit Trees*. Usha Raj Kumar, Kalyani, New Dehli, India.
- Oneil, W.B. and Raucher, R.S. 1990. The costs of groundwater contamination. *J. Soil Water Conserv.* 45.2: 180-183.
- Peng, S.B., Buresh, R.J., Huang, J.L., Zhong, X.H., Zou, Y.B., Yang, J.C., et al. 2010. Improving nitrogen fertilization in rice by site-specific N management: A review. *Agron. Sustain. Dev*; 30.3: 649-656.
- Perez, R., Caballero, J., Gil, C., Benitez, J., and Gonzalez, L. 2008. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the N-K nutrition of olive trees: Preliminary results. *Amer. J. Agric. and Biol. Sci.* 2.1: 321-324. 21
- Sfechiş S, Vidican R, Şandor M, Stoian V, Şandor V, Muste B. 2015. Using assessment of zeolite amendments in agriculture. *ProEnvironment*; 8.21: 85-88.
- Sonmez, İ., Kaplan, M., Demir, H., and Yılmaz, E. 2010. Effects of zeolite on seedling quality and nutrient contents of tomato plant (*Solanum lycopersicon* cv. Malike F1) grown in different mixtures of growing media. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8.2: 1162-1165
- Walkley A., and Black I. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science Society of American Journal*, 37: 29-38.

Reduction of Nitrate Leaching in Drip-irrigation System and Greenhouse Cultivation of Cucumber Using Zeolite

M. Shadan¹, J. Behmanesh^{2*}, S. Besharat³, N. Azad⁴

Recived: May.26, 2020

Accepted: Aug.22, 2020

Abstrac

Nitrogen is one the most important nutrients in achieving optimal yield of crops. The objective of this study was to investigate the effect of clinoptilolite zeolite on nitrate ion adsorbstion and growth indices and cucumber parameters including, number, weight, length and diameter of the cucumber. This research was conducted at greenhouse of the Faculty of Agriculture of Urmia University and in completely randomized design experiment with four levels including 0, 5, 10 and 15 gr zeolite per kg of sandy loam soil in three replications with drip irrigation system. The results show that zeolite has positive effect of on reducing nitrate leaching at $p < 0.01$ level. Comparing the averages, it showed that there was a statistically significant difference between the control treatment and 15 g zeolite per kg of soil. Also, results showed that the application of zeolite on crop yield (Multiplied by fruit number in fruit weight), number of fruits, leaf area and plant diameter was significant at $p < 0.01$ level and also on fruit weight, fruit diameter, fruit length and plant height at $p < 0.05$ probability but had significant effect on leaf number. Increasing amount of zeolite cause to increase yield by 2.6 time greater than control treatment.

Keywords: Leaching, Ground water contamination, Greenhouse cucumbers, Nitrogen fertilizer, Zeolite

1- M.Sc of Irrigation and Drainage Engineering, Water Engineering Department, Urmia University

2- Proffessor of Water Engineering Department, Urmia University

3- Associate Professor of Water Engineering Department, Urmia University

4- Ph.D. of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Urmia University

(* - Corresponding Author Email: J.behmanesh@urmia.ac.ir)