

تأثیر کاربرد زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت و رطوبت خاک بر اجزای عملکرد ذرت

عباس خاشعی سیوکی^{۱*}، مهدی کوچک زاده و مهدی شهابی فر

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس؛ abbaskhashei@yahoo.com

استادیار دانشگاه تربیت مدرس؛ kouchakm@modares.ac.ir

استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب؛ m_shahabifar@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مصرف زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت بر افزایش تحمل به تنش خشکی و عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم سینگل گراس ۷۰۴ (*Zea mays L.*) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار در ۳۶ گلدان در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. در این آزمایش مقادیر زئولیت در ۴ سطح (۰، ۲، ۴، ۸ گرم در کیلوگرم خاک) و ۳ سطح تخلیه رطوبت خاک (۴۵، ۶۵ و ۸۵ درصد آب قابل استفاده) در دوره رشد تا برداشت اعمال شد. در طول اجرای آزمایش، رطوبت خاک به روش وزنی اندازه گیری شد. بعد از برداشت محصول، سطح برگ، ارتفاع، و درصد پروتئین کل برگ و ساقه اندازه گیری شد. نتایج حاصل از تحلیل آماری تحقیق نشان می‌دهد که مصرف زئولیت بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده (شامل ارتفاع بوته و درصد پروتئین کل برگ و ساقه و کارایی مصرف آب) اثر معنی دار داشته ولی درصد تخلیه رطوبت در پروتئین کل برگ و ساقه اثر معنی داری نداشته است. اثر متقابل زئولیت و سطوح تخلیه آب بر دو عامل سطح برگ و ارتفاع گیاه معنی دار نبود در حالیکه اثر آن بر درصد کل پروتئینهای برگ و ساقه معنی دار بوده است. بر اساس نتایج این آزمایش مصرف ۸ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک با ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی، بالاترین کارایی مصرف آب را داشته است.

واژه های کلیدی: زئولیت، نگهداری آب در خاک، ذرت، تخلیه مجاز

مقدمه

مصرفی بستگی دارد. زئولیتها (بلورهای آلومینوسیلیکات هیدراته با خلل و فرج ریز) دارای کاتیونهای قلبیایی و قلبیایی خاکی قابل تبادل، با ساختمان سه بعدی نامحدود هستند که ساختمان کریستالی آنها مشابه کندوی زنبور عسل است و قابلیت نگهداری مقادیر زیاد آب در کانالهای ساختمان خود را دارد. تونلها از داخل به هم وصل شده‌اند و آنها می‌توانند با یونهای آمونیوم، پتاسیم، فسفر، کلسیم و دیگر کاتیونها مبادله شوند. زئولیت با خاصیت جذب شدید آب قادر است آب موجود در خاک را تا حد اشباع جذب نموده و آنرا برای مدت طولانی درون شبکه خود نگهداری

افزایش روز افزون جمعیت و نیاز مبرم به مواد غذایی اقتضا می‌کند که کارایی مصرف آب به مقدار قابل توجهی افزایش پیدا کند. بررسی مطالعات انجام شده مؤید این مطلب است که علیرغم استفاده از سیستمهای مدرن آبیاری دستیابی به راندمانهای قابل قبول مقدور نمی‌باشد. زئولیت یکی از مواد معدنی اصلاح کننده خاک است که می‌توان از آن بمنظور بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش ظرفیت ذخیره رطوبتی خاک استفاده نمود. میزان تأثیر زئولیت بر افزایش ظرفیت ذخیره آب در خاک متفاوت است و به عوامل متعددی از قبیل شرایط فیزیکی خاک (بافت و تخلخل،...)، میزان، اندازه و نوع زئولیت

۱- نویسنده مسئول، آدرس: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه آبیاری و زهکشی

* دریافت: ۸۶/۲/۲۵ و پذیرش: ۸۷/۵/۳

آن روی سایر صفات (وزن تر بوته، سطح برگ، میزان کلروفیل، تعداد روز تا گلدهی، طول ریشه و درصد اسانس) معنی دار است.

در این تحقیق با استفاده از ژئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت و با افزودن آن به یک خاک زراعی سبک، با توجه به مفهوم آب قابل استفاده خاک از نقطه نظر تأمین نیاز آبی، و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تأثیر آن بر خصوصیات رشد و نمو گیاه زراعی ذرت علوفه‌ای بررسی شد. همچنین با ایجاد تنش آبی کاربرد آن برای بالا بردن کارایی مصرف آب مطالعه گردید.

مواد و روشها

برای بررسی اثر مصرف مقادیر مختلف ژئولیت طبیعی و تخلیه رطوبتی بر اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم سینگل گراس ۷۰۴ (*Zea mays L.*) آزمایشی به شکل فاکتوریل با دو فاکتور مقادیر مختلف کاربرد ژئولیت طبیعی در چهار سطح (فاکتور A) و میزان تخلیه رطوبتی در سه سطح (فاکتور B) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و جمعاً در ۳۶ گلدان در سال ۱۳۸۴ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد.

که در آن:

Z₀: شاهد بدون مصرف ژئولیت

Z₁: مصرف ۲ گرم در هر کیلوگرم خاک معادل ۹/۶ تن در هکتار

Z₂: مصرف ۴ گرم در هر کیلوگرم خاک معادل ۱۹/۲ تن در هکتار

Z₃: مصرف ۸ گرم در هر کیلوگرم خاک معادل ۳۸/۴ تن در هکتار

M₁: به میزان ۴۵ درصد تخلیه رطوبتی از آب قابل استفاده

M₂: به میزان ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی از آب قابل استفاده

M₃: به میزان ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی از آب قابل استفاده

بدین منظور برای آماده سازی بستر کشت، گلدانهایی مناسب به ابعاد ۲۸×۲۲×۲۲ سانتیمتر آماده شد و در کف آنها سوراخهایی تعبیه گردید. خاک سطح الارض مزرعه با بافت سبک را، از الک ۵ میلیمتری عبور داده تا یکنواخت شد سپس گلدانها را با خاکی که به طور کامل با مقادیر مختلف ژئولیت همراه با مقادیر کودهای (N,P,K) مورد نیاز بر اساس توصیه آزمایشات خاک و آب از منابع نترات آمونیوم، سوپر فسفات تریپل و سولفات دو پتاس برای هر گلدان، مخلوط شده بود پر شدند.

قبل از کشت، بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری، رطوبت خاک در FC¹ و PWP² در آزمایشگاه تعیین

نماید، آب موجود در شبکه به تدریج جذب گیاه می شود (Polite و همکاران، ۲۰۰۴).

در تحقیقی، Burriesci و همکاران (۱۹۸۳، ۱۹۸۴) گزارش کردند که اضافه کردن ژئولیت به خاک باعث افزایش جوانه زنی بذرهای اسفناج در مقایسه با شاهد می شود و عملکرد گوجه فرنگی را تا ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزایش می دهد. در تحقیقی دیگر، Ekaterina و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که ژئولیت کلینوپتیلولایت و کمپوست روی خصوصیات خاک موثر است. آنها این آزمایش را با سه تیمار خاک (شاهد)، خاک با ژئولیت و خاک با کمپوست در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام دادند، نتایج نشان داد که ژئولیت باعث افزایش pH و قابلیت تبادل پتاسیم می شود کمپوست باعث افزایش هدایت الکتریکی و فسفر قابل دسترس می شود همچنین یک رابطه مثبت بین هدایت الکتریکی و میزان نترات و یک رابطه منفی بین pH و میزان نترات به دست آمد.

در تحقیقی که بر روی زه آب گرفته شده از ستون خاک انجام شد گزارش شده است که میزان آبهویی فاکتور NH₄⁺، با افزایش مقدار ژئولیت در خاک کاهش می یابد، و استفاده از ژئولیت در خاک جهت افزایش عملکرد گیاهان توصیه شده است. مقدار ژئولیت به کار برده شده در این تحقیق ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی می باشد (Pepper Ferguson ۱۹۸۷).

در چین Xiubi و Zhanbin (۲۰۰۱) گزارش کردند که افزودن ژئولیت به خاک باعث افزایش نفوذ پذیری از ۷ تا ۳۰ درصد در شبیه‌های آرام و بیش از ۵۰ درصد در شبیه‌های تند می شود. و باعث افزایش رطوبت از ۱/۴ تا ۱/۸ درصد در شرایط خشک و ۵ تا ۱۵ درصد در شرایط معمولی می شود.

کاووسی و رحیمی (۱۳۸۲) گزارش دادند که اثر ژئولیت بر عملکرد دانه برنج در سطح یک درصد و بر عملکرد کاه و کلش در سطح ۵ درصد معنی دار است. در مرکز تحقیقات توتون رشت، رنجبر و همکاران (۱۳۸۳) گزارش دادند که اثر ژئولیت فقط روی ارتفاع بوته، وزن خشک و قیمت محصول، درصد قند و درصد نیکوتین در سطح ۱٪ معنی دار است.

عابدی کویایی و کاظمی (۱۳۸۴) نشان دادند که کاربرد ۶ درصدی ژئولیت در خاک مقدار رطوبت قابل استفاده خاک را بیش از سایر موارد و درصدها افزایش می دهد و باعث کاهش ۳۰ درصدی نیاز آبی سرو نقره ای در سطح استفاده ۶ درصد می شود. قلی پور (۱۳۸۳) گزارش دادند که مصرف ژئولیت بر وزن خشک و ارتفاع بوته گیاه دارویی بادرنشبی تأثیر معنی دار ندارد ولی تأثیر

1 - Field Capacity

2 - Permanent Wilting Point

برگ نیز معنی دار بود. که با نتایج آزمایشهای رنجبر و قلی پور مغایرت دارد. ولی همانطور که در جدول ۶ دیده می شود این اختلاف معنی دار بین تیمارهای M_1 و M_2 وجود دارد که می تواند به علت تنش وارده در دوره ۹ برگی به گیاه باشد. در این صورت می توان گفت که در این سطح هم تفاوت معنی داری وجود ندارد و تنش حاصل از تخلیه رطوبت خاک روی سطح برگ گیاه تأثیری نداشته و نتیجه آزمایش با نتایج آزمایشهای گفته شده همخوانی خواهد داشت. بین زئولیت و تنش خشکی از نظر تأثیر بر سطح برگ گیاه ذرت در سطح ۵ درصد اثر معنی داری وجود نداشت، لذا می توان گفت که مصرف زئولیت و تخلیه رطوبت به طور مستقل عمل کرده و تأثیر زئولیت وابستگی به سطح تخلیه رطوبت خاک ندارد. از نتایج جدول ۵ این گونه استنباط می شود که با مصرف زئولیت بین تیمار شاهد و تیمارهای زئولیت اختلاف معنی دار حاصل می شود ولی این اختلاف بین تیمارهای Z_1 ، Z_2 و Z_3 معنی دار نیست. بیشترین سطح برگ مربوط به تیمار Z_2 (۴۵/۲۸۶۵ سانتیمتر مربع) و کمترین سطح برگ نیز مربوط به تیمار Z_0 (۸۸/۲۴۲۴ سانتیمتر مربع) می باشد.

اثرات اصلی تیمار زئولیت و سطوح تخلیه رطوبت خاک روی ارتفاع گیاه ذرت در سطح ۱ درصد معنی دار بوده ولی اثرات متقابل آنها معنی دار نبوده لذا تنها به بررسی اثرات اصلی تیمارها بر پارامتر فوق الذکر می پردازیم (ارایه شده در جدول ۲).

همانطور که در جدول ۶ ارایه شده است تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع ساقه گیاه ذرت می شود، به طوری که این کاهش در ارتفاع بین تیمارهای M_2 و M_3 اختلاف معنی داری وجود ندارد، ولی بین M_1 با M_2 و M_3 تفاوت معنی دار وجود دارد. این یافته با نتایج حاصل از آزمایش مجیدیان (۱۳۷۹) و Denmead و Shaw (۱۹۶۰) روی گیاه ذرت که گزارش دادند تنش خشکی باعث کاهش در ارتفاع و قطر ساقه می شود، مطابقت دارد.

با توجه به نتایج ارایه شده در جدول ۵ اثر زئولیت بر ارتفاع بوته معنی دار شده و تیمار Z_2 با $90/44$ سانتیمتر بیشترین و تیمار Z_0 با $83/67$ سانتیمتر کمترین ارتفاع را دارد.

با توجه به نتایج درج شده در جدول ۲، می توان گفت که اثر اصلی تیمار زئولیت بر درصد کل پروتئین برگ، ساقه و چوب بلال در سطح ۵ درصد معنی دار بوده ولی اثر تیمار تخلیه رطوبت بر آن در سطح ۵ درصد معنی دار نیست. اثر متقابل زئولیت و تخلیه رطوبتی بر درصد کل پروتئین در سطح ۱ درصد معنی دار است، این مطلب حاکی از این است که بعلاوه معنی دار

شد. که در (جدول ۱) نشان داده شده است. پس از آماده کردن گلدانها ۵ تا ۶ بذر ذرت در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۰ در عمق ۴-۵ سانتیمتری خاک کشت شد. به منظور استقرار گیاه آبیاری تا مرحله ۵ برگی بدون اعمال تنش انجام گرفت و بعد از آن درصدهای مختلف تخلیه رطوبتی اعمال شد. بمنظور تعیین رطوبت خاک داخل گلدانها از روش وزنی استفاده شد بدین منظور روزانه گلدانها با ترازوی دقیق وزن شدند و از روی وزن، میزان رطوبت خاک تعیین شد. آبیاری به میزانی انجام شد که رطوبت خاک داخل گلدانها به FC برسد. این کار به این دلیل انجام گرفت تا اثر زئولیت روی شستشوی ازت با نداشتن زه آب حذف شود.

در پایان دوره رشد در تاریخ ۸۴/۸/۲ بوته را به آرامی همراه خاک از گلدان خارج و از سه عمق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتیمتری خاک به وسیله مته نمونه برداری، نمونه های خاک برداشته شد. برگها را جدا و به وسیله دستگاه Leaf Area Meter، سطح برگ اندازه گیری شد ارتفاع ساقه نیز اندازه گیری شد. بعد از توزین، کلیه قسمتهایی از گیاه که نیاز به اندازه گیری وزن خشک آنها بود با آب مقطر شسته و در آون و در دمای ثابت ۷۵ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. بعد از اندازه گیری وزن خشک با ترازوی دقیق قسمت های ساقه، برگ آسیاب و با هم مخلوط شدند. نمونه های آسیاب شده گیاهی و نمونه های خاک به آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب فرستاده شد تا آزمایشهای شیمیایی و کیفی روی نمونه ها انجام شود. به منظور تعیین درصد پروتئین کل نمونه های گیاهی از روش Kjeltec استفاده شد. بمنظور تعیین درصد پروتئین کل ابتدا درصد ازت موجود را محاسبه و سپس عدد حاصله را در ضریب ۶/۲۵ ضرب نموده، جواب حاصله درصد پروتئین کل نمونه خواهد بود. در پایان، محاسبات آماری بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت و میانگین تیمارها به روش آزمون LSD مورد مقایسه قرار می گیرد.

نتایج و بحث

۱- ویژگیهای سطح برگ، ارتفاع و درصد پروتئین کل در ساقه و برگ گیاه

آنالیز واریانس صفات مورد ارزیابی در جدول ۲ ارایه شده است. همانطور که در جدول مشاهده می شود، تیمار زئولیت بر سطح برگ در سطح ۱ درصد اثر معنی دار دارد که این نتیجه با نتایج رنجبر و همکاران (۱۳۸۳) روی گیاه توتون و قلی پور (۱۳۸۳) روی گیاه دارویی بادرنشبی مطابقت دارد. اثر تخلیه رطوبت بر سطح

(۱۳۷۹) نیز مطابقت دارد. در سطح Z_0 بین سطوح M_1 با M_2 و M_3 اختلاف معنی دار وجود دارد. بیشترین کارایی مصرف آب در سطح M_1 مربوط به تیمار Z_1 و کمترین نیز مربوط به Z_0 می باشد. با افزایش سطح ژئولیت در این سطح ابتدا کارایی مصرف آب افزایش یافته و بعد کاهش پیدا کرده است علت آن مربوط به کاهش وزن خشک گیاه بازای افزایش ژئولیت است. بیشترین کارایی مصرف آب برای سطح ۶۵ درصد تخلیه رطوبت در سطح Z_2 دیده شده است ولی با توجه به معنی دار نبودن آن با سطح Z_1 بهینه ترین سطح انتخابی سطح Z_1 خواهد بود در سطح M_3 تیمار Z_3 بیشترین کارایی مصرف آب را دارد و این اختلاف بین Z_2 با Z_0 و Z_3 معنی دار ولی با سطح Z_2 تفاوت معنی دار وجود ندارد و در این سطح تخلیه رطوبتی تیمار Z_2 بهترین انتخاب است.

با شرح مطالب فوق آنچه که می تواند قابل ذکر باشد این است که در شرایط بدون تنش رطوبتی در مقایسه با شاهد مصرف ۲ گرم ژئولیت برای هر کیلوگرم خاک بهینه ترین مقدار خواهد بود از طرفی برای سطوح تخلیه بالا بهترین مقدار مصرف ژئولیت ۴ گرم ژئولیت برای هر کیلوگرم خاک می باشد. و این تصمیم بر اساس کارایی مصرف آب تیمارها اتخاذ شد. از آنجا که این تحقیق تحت شرایط گلدانی صورت گرفت و عملکرد حاصله در گلدان به تبع کمتر از عملکرد حاصله در مزرعه می باشد و با توجه به پایداری ساختار مولکولی ژئولیت نسبت به شرایط محیط لازم است که این طرح تحت شرایط مزرعه و به مدت چندین سال تکرار شود تا بتوان تحلیل های اقتصادی مورد نظر در مورد اقتصادی بودن مصرف آن بررسی شود. قیمت هر کیلوگرم از این ماده حدود ۳۰۰ ریال می باشد و با توجه به میزان آب مصرفی و هزینه انتقال ژئولیت تا مزرعه و با توجه به نزدیکی معادن آن تا محل و مصرف ۲ گرم ژئولیت (۹/۶ تن ژئولیت در هکتار) به عنوان بهینه ترین میزان مصرف با قیمت معادل ۳ میلیون ریال و هزینه های توزیع آن در مزرعه طی چند سال متمادی می توان مصرف آن را اقتصادی دانست.

نبودن اثر تخلیه رطوبت، مصرف ژئولیت بیشترین اثر را در معنی دار بودن اثر متقابل دو فاکتور دارد.

میانگین صفات مورد ارزیابی جدول ۴ نشان می دهد که در نبود ژئولیت با افزایش تخلیه رطوبتی از تیمار M_1 به M_3 درصد پروتئین کل از ۸/۶۸ به ۵/۱۲۶ درصد کاهش یافته که این کاهش از M_1 به M_2 معنی دار نبوده ولی از M_2 به M_3 معنی دار است. این نتیجه با نتیجه آزمایش Kulshrestha و همکاران (۱۹۸۷) بر روی گندم و شکسته بند (۱۳۷۸) بر روی عدس مطابقت دارد. با زیاد شدن ژئولیت این روند به طور کامل عکس می شود به طوری که با افزایش تنش رطوبتی درصد پروتئین کل افزایش می یابد. درصد پروتئین کل در تیمار Z_1 از ۶/۳۴ درصد به ۹ درصد می رسد و این اختلاف در همه سطوح تخلیه رطوبتی معنی دار است ولی در تیمار Z_2 این روند متناقص بوده و در M_1 از ۷/۶۷ درصد به ۷/۲۴ در M_2 و به ۷/۶۶ در M_3 می رسد که تفاوت حاصله معنی دار نبوده است. این تناقص در آزمایش قلی پور (۱۳۸۳) بر روی درصد اسانس گیاه دارویی بادرشبی به عنوان یک خصوصیت کیفی گیاه دیده شد. روند افزایش درصد کل پروتئین بازای افزایش تخلیه رطوبت در تیمار Z_3 مشاهده شده است. بیشترین درصد پروتئین مربوط به تیمار Z_1 و در سطح M_3 به میزان ۹ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار Z_0 و در سطح M_3 به میزان ۵/۱۲۶ درصد مشاهده شد.

۲- کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب بر اساس نسبت وزن خشک گیاه (کیلوگرم) به میزان آب داده شده (متر مکعب) به دست می آید. نتایج نشان داده شده در جدول ۲ حاکی از معنی دار بودن اختلاف اثرات تیمارهای ژئولیت و تنش رطوبتی است، این در حالی است که اثر متقابل آنها نیز در سطح ۵ درصد معنی دار بوده است. در غیاب ژئولیت با افزایش درصد تخلیه رطوبتی خاک کارایی مصرف آب افزایش می یابد. این افزایش در دیگر سطوح ژئولیت نیز دیده می شود و علت آن کاهش آب مصرفی نسبت به ماده خشک تولیدی است که این نتیجه با نتایج مجیدیان

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک

اجزا و بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری	رطوبت وزنی اولیه خاک	رطوبت وزنی خاک (درصد)		هدایت الکتریکی EC (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته گل اشباع pH
			FC	PWP		
لوم شنی رس سیلت (درصد)	۱/۶۶ (گرم بر سانتی متر مکعب)	۳	۱۸	۶/۴	۲/۲۷	۷/۸۷
۸۲	۶	۱۲				

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات			کارایی مصرف آب
		ارتفاع گیاه	سطح برگ	درصد پروتئین برگ و ساقه	
تیمار	۱۱	۸۴/۹۱**	۲۶۰۸۷۳/۱۶**	۴/۶۳**	۰/۱۱۲**
زئولیت	۳	۷۷/۴۱۲**	۳۹۱۵۰۷/۰۷**	۱/۲۲*	۰/۱۲۳**
تخلیه رطوبتی	۲	۲۴۵/۶۲**	۵۷۴۹۸۳/۲۵**	۰/۳۳۸ns	۰/۳۶۴**
زئولیت * تخلیه رطوبتی	۶	۳۲/۰۹۵ns	۹۰۸۵۲/۸۴۳ns	۷/۷۷**	۰/۲۲*
خطا	۲۴	۱۷/۲۸۸	۷۲۸۴/۳۴	۰/۱۵۵	۰/۰۷
درصد ضریب تغییرات		۴/۷۸	۳/۱۷	۶/۸۲	۴/۸۹

n.s: غیر معنی دار

* معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد

** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۳- اثر زئولیت بر پارامترهای تجزیه شیمیایی خاک بعد از برداشت محصول

تیمار زئولیت	CEC (میلی گرم در ۱۰۰ گرم)	pH	(میلی گرم در کیلوگرم)			
			NO ₃	NH ₄	Na	K
Z ₀	۴۱/۰C	۸/۰۵A	۶/۲۸A	۱۳/۴۵A	۳۳/۳۴A	۴۲/۳D*
Z ₁	۴۴/۰۰B	۷/۹۸B	۵/۹۲A	۱۵/۲۵A	۳۳/۰A	۴۸C
Z ₂	۴۵/۳۴B	۷/۸۹C	۶/۱۷A	۱۴/۴۶A	۳۳/۰A	۵۱/۳B
Z ₃	۴۹/۶۷A	۷/۸۶BC	۷/۴۸A	۱۴/۱A	۳۲/۶۷A	۶۲A

* میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش LSD، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۴- اثر زئولیت و سطوح تخلیه رطوبتی بر صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش

تیمار زئولیت	تنش خشکی (درصد تخلیه آب)	سطح برگ گیاه	ارتفاع بوته	پروتئین برگ و ساقه	کارایی مصرف آب
		(سانتی متر مربع)	(سانتی متر)	(درصد)	(کیلوگرم بر مترمکعب)
Z ₀	M ₁	۲۱۲۵/۰ ^A	۸۸ ^A	۸/۶۸ ^{AB}	۱/۳۴۲H*
	M ₂	۲۵۸۳/۰ ^A	۸۱ ^A	۸/۲۴ ^{BC}	۱/۵۹۸EFG
	M ₃	۲۵۶۶/۶۷ ^A	۸۲ ^A	۵/۱۲۶ ^F	۱/۶۸۶ ^{DEF}
Z ₂	M ₁	۲۷۷۷/۰ ^A	۹۵ ^A	۶/۳۴ ^E	۱/۷۰۸ ^{CDE}
	M ₂	۲۸۵۴/۶۶ ^A	۸۷ ^A	۷/۲۴ ^D	۱/۸۳۸ ^{ABC}
	M ₃	۲۹۱۶/۶۷ ^A	۸۳ ^A	۹ ^A	۱/۸۰۵ ^{BCD}
	M ₁	۲۷۵۲/۳۴ ^A	۹۱ ^A	۷/۶۷ ^{CD}	۱/۵۵۲ ^{FG}
	M ₂	۲۷۴۴/۰ ^A	۹۱/۳۳ ^A	۷/۲۴ ^D	۱/۸۸۴ ^{AB}
	M ₃	۳۱۰۰/۰ ^A	۸۹ ^A	۷/۶۶ ^{CD}	۱/۹۰ ^{AB}
Z ₂	M ₁	۲۱۷۹/۳۱ ^A	۹۴ ^A	۷/۴۷ ^D	۱/۴۶۸ ^G
	M ₂	۲۷۱۳/۳۳ ^A	۸۳ ^A	۸/۳۱ ^{BC}	۱/۸۵۶ ^{AB}
	M ₃	۲۹۸۷/۳۴ ^A	۷۹/۶۶ ^A	۸/۶۸ ^{AB}	۱/۹۶۷ ^A

* میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش LSD، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر زئولیت بر صفات اندازه گیری شده در آزمایش

تیمار زئولیت	سطح برگ گیاه (سانتی متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	پروتئین برگ و ساقه (درصد)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
Z ₀	۲۴۲۴/۸۸B	۸۳/۶۷C	۷/۴۶B	۱/۵۴۲B*
Z ₁	۲۸۴۹/۴۵A	۸۸/۱۵AB	۸/۰۹A	۱/۷۸۴A
Z ₂	۲۸۶۵/۴۵A	۹۰/۴۴A	۷/۵B	۱/۷۷۹A
Z ₃	۲۶۲۶/۵۵AB	۸۵/۷۷BC	۸/۱۵A	۱/۷۶۴A

* میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون مقایسه میانگین ها به روش LSD، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر سطوح تخلیه رطوبت بر صفات اندازه گیری شده در آزمایش

تیمار تخلیه رطوبتی	سطح برگ گیاه (سانتی متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	پروتئین برگ و ساقه (درصد)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
M ₁	۲۴۵۸/۴۱B	۹۲/۱۱A	۷/۶۲A	۱/۵۱۸B*
M ₂	۲۷۲۳/۵A	۸۵/۷۵B	۷/۸۵A	۱/۷۹۴A
M ₃	۲۸۹۲/۶۷A	۸۳/۱۶B	۷/۹۵A	۱/۸۳۹A

* میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون مقایسه میانگین ها به روش LSD، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

فهرست منابع:

۱. رنجبر، م.، م. اصفهانی، م. قدوسی و م. ر. یزدانی. ۱۳۸۳. تأثیر آبیاری و مصرف زئولیت طبیعی بر عملکرد کمی و کیفی توتون کوکر ۳۴۷. پژوهشنامه علوم کشاورزی، جلد ۱، شماره ۲، صفحه ۶۳-۷۵.
۲. عابدی کوپایی، ج. و ج. اسد کاظمی. ۱۳۸۴. تأثیر کاربرد زئولیت در خاک بر بهینه سازی آب فضای سبز. کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه. صفحه ۱۵۱-۱۵۸.
۳. شکسته بند، ر. ۱۳۷۸. اثر خشکی بر روند تغییرات پروتئین کل و قند های محلول در ۹ رقم از گونه های عدس زراعی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم دانشگاه ارومیه، ۸۳ صفحه.
۴. کاوسی، م. و رحیمی، م. ۱۳۸۲. تأثیر کاربرد زئولیت بر عملکرد برنج. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران. انتشارات دانشگاه گیلان، صفحه ۶۴۶-۶۴۵.
۵. قلی پور، آ. ۱۳۸۳. بررسی اثرات زئولیت و تنش خشکی بر رشد و نمو گیاه دارویی بادرشبی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان.
۶. مجیدیان، م. ۱۳۷۹. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و تنش رطوبت در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays L.*) در منطقه کوشک در استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۱۴۲ صفحه.

7. Burriesci, N., S. Valente, R. Ottana, C. Cimino, and C. Zipelli. 1983. Utilization of zeolites in spinach growing. *Zeolites*, 4: 5-8.
8. Burriesci, N., S. Valente, C. Zipelli, and J. C. J.Bart. 1984. Studies on zeolite in agriculture. Effect on crop growth of *prunus petsica* and *vifis vinifera*. *Zeolites*, 4: 373-376.
9. Denmead, O. T. and R. H. Shaw. 1960. The effect of soil moisture stress at different stage of growth on the development and yield of corn. *Agronomy Journal*, 52:272-274.
10. Ekaterina, G. F. and D. T. Christos. 2002. Influence of clinoptilolite and compost on soil properties. Taylor and Francis Publishing, 33(3): 595-607.
11. Ferguson, G. A, and I. L, Pepper. 1987. Ammonium Retention in Sand Amended with Clinoptilolite. *Agronomy Journal*, 51(1): 231-234.
12. Kulshrestha, S., D. P.Mishra, and R. K. Gupta, 1987. Changes in contents of chlorophyll, protein and lipids in whole chloroplast and chloroplast memberane fractions at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotypes of wheat. *Phptsynthetica*, 21:65-70.
13. Polite, E., M. Karuca, H. Demire, and N. Onus, 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 183-189.
14. Xiubin, H. and H. Zhanbin, 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil, *Resources, Conservation and Recycling*, 34: 45-52.