

بررسی اثر استفاده از دیاتومیت بر ظرفیت جذب و نگهداری آب در خاک

محمدحسن سیاری زهان^{۱*}، حسین نوفرستی^۲ و حسن بصیرانی مقدم^۳

چکیده

بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده منابع آب در کشور است. برای افزایش بازده آبیاری و استفاده بهینه از منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده از مواد سوپر جاذب با قابلیت جذب بسیار بالای آب مدنظر است. پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر دیاتومیت بر ظرفیت جذب و نگهداری آب در خاک انجام شد. بدین منظور، ابتدا نمونه خاک شنی از روستای بیدخت بیرجند تهیه شد. مقادیر مختلفی (۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ گرم) از دیاتومیت خرد با اندازه ذرات متفاوت (۰ تا ۲، ۲/۳۶ تا ۴/۷۵، ۴/۷۵ تا ۱۲/۵ و ۱۲/۵ تا ۱۹ میلی‌متر) به گلدان‌های یک کیلوگرمی از خاک افزوده شد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تعداد تیمارهای مورد بررسی ۲۴ و در ۳ تکرار است. پس از گذشت ۴ ماه، تأثیر افزودن دیاتومیت خام و کلسینه بر ظرفیت جذب آب خاک و ظرفیت نگهداری آب اندازه‌گیری شد. براساس نتایج تحقیق، مشخص شد که استفاده از دیاتومیت کلسینه، در حدود ۲۰ درصد بیشتر از دیاتومیت خام ظرفیت جذب آب خاک را افزایش می‌دهد. همچنین مشخص شد که با افزودن ذرات دیاتومیت درشت‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر، ظرفیت جذب آب خاک به‌نحو محسوسی افزایش می‌یابد. در رابطه با ظرفیت نگهداری آب نیز، نتایج نشان داد که تقریباً به‌ازای افزودن هر ۱۰ گرم/کیلوگرم دیاتومیت به خاک مورد بررسی، ۰/۶ درصد به میزان رطوبت ۴۸ ساعته خاک اضافه می‌شود. استفاده از دیاتومیت کلسینه تأثیری بر ظرفیت نگهداشت آب نشان نداد، اما استفاده از ذرات درشت‌تر دیاتومیت خام سبب افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک شد. درمجموع نتایج تحقیق حاضر نشان داد که برای افزایش ظرفیت جذب و نگهداشت آب خاک‌های کشاورزی استفاده از ذرات دیاتومیت خام با اندازه ۱۹-۴/۷۵ میلی‌متر بیشترین تأثیر را دارد.

واژه‌های کلیدی: دیاتومیت، رطوبت اشباع، ظرفیت جذب آب، ظرفیت نگهداری آب.

ارجاع: سیاری زهان م. ح. نوفرستی ح. و بصیرانی مقدم ح. ۱۴۰۲. بررسی اثر استفاده از دیاتومیت بر ظرفیت جذب و نگهداری آب در خاک. مجله پژوهش آب ایران. ۵۰: ۹۳-۱۰۱. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2023.14373.2521>

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

۲- استادیار گروه معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند.

۳- کارشناس گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند.

* نویسنده مسئول: msayari@birjand.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۵

مقدمه

عمده‌ترین میزان مصرف آب در ایران در بخش کشاورزی است؛ به‌طوری‌که ۹۰ درصد از حجم آب مصرفی در کشور صرف تولیدات کشاورزی می‌شود (سیددراجی و همکاران، ۱۳۸۹). خطر بحران خشکسالی، ضرورت صرفه‌جویی و کاربرد بهینه آب در بخش‌های گوناگون و به‌خصوص بخش کشاورزی را بیش از پیش آشکار می‌سازد (الهدادی و همکاران، ۱۳۸۵). مدیریت صحیح منابع آب در دسترس و استفاده صحیح از روش‌های علمی به‌خصوص در بخش کشاورزی که بزرگ‌ترین بخش مصرف‌کننده آب در ایران است، علاوه بر افزایش کارایی مصرف آب، موجب کاهش خسارت ناشی از خشکی به این بخش نیز می‌شود. با توجه به قرارگرفتن استان خراسان جنوبی در منطقه خشک و کمبود رطوبت و تشدید این مسئله به‌دلیل خشکسالی‌های سالیان اخیر، نیاز به یافتن راه‌کارهایی برای مقابله با تنش‌های رطوبتی و شوری وارده به گیاهان به‌شدت احساس می‌شود. یکی از راه‌کارها، یافتن موادی مثل سوپرجاذب‌های طبیعی یا مصنوعی است که با جذب آب و در اختیار گذاشتن تدریجی رطوبت، بتواند با تنش رطوبتی مقابله کند. ماده‌ای با این خصوصیات که امروزه مورد توجه قرار گرفته و در خراسان جنوبی به‌عنوان یک ماده معدنی به‌وفور یافت می‌شود، دیاتومیت است. دیاتومیت واژه‌ای است که به رسوبات تقریباً خالص از اسکلت‌های میکروسکوپی یک جلبک آبی تک‌سلولی، به‌نام باسیلاریوفیسا اطلاق می‌شود. این رسوبات ریزدانه، شدیداً سیلیسی و عمدتاً متشکل از سیلیس آمرف اوپالی بوده و مقادیر ناچیزی از مواد آلی، کانی‌های فرعی و ذرات آواری غیردیتومه همراه آن‌ها است (بریز و بادیکام، ۲۰۰۶). این ماده معدنی که بقایای رسوب‌شده یک فسیل دریایی است، دارای حفرات میکروسکوپی فراوانی بوده و بنابراین پتانسیل لازم برای رفع کمبود آب و مقابله با تنش خشکی را دارد.

توحیدی‌مقدم و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند پلیمر سوپرجاذب قادر است آثار مخرب کمبود آب را با جذب آب، حفظ و نگهداری آن به‌طور معنی‌داری کاهش دهد و سبب افزایش ماده خشک و افزایش مقاومت به خشکی در لوبیا قرمز شود. طی آزمایشی بیان شد که قابلیت نگهداری و آزادسازی آب با سوپرجاذب در خاک شنی لومی نسبت به خاک‌های رسی و لومی بیشتر است (کریمی و نادری، ۱۳۸۶). محققان گزارش کردند که دیاتومیت همانند سایر سوپرجاذب‌ها باعث بهبود ساختار

فیزیکی خاک‌های سنگین از طریق افزایش منافذ متوسط و کوچک، اثر مثبت بر حرکت کاپیلاری و حرکت فرعی آب و در نتیجه افزایش قدرت نگهداری آب می‌شود و از این طریق آبشویی و رواناب را به حداقل می‌رساند. از طرف دیگر به‌دلیل ساختار شبکه‌ای دیاتومیت، اکسیژن قادر است بدون هیچ مشکلی در ناحیه ریشه گیاه نفوذ کند که در این شرایط گیاه می‌تواند سیستم ریشه‌ای خود را توسعه داده و از این طریق سبب افزایش دسترسی گیاه به آب و مواد غذایی شود که در این صورت نقش مؤثری در افزایش رشد و تکثیر گیاه ایفا می‌کند (آنگین و همکاران، ۲۰۱۱).

براساس مطالعات انجام‌شده در گونه‌های گیاهی مختلف، سیلیسیوم موجود در دیاتومیت باعث کاهش اثرات ناشی از انواع تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود (احمد و حداد، ۲۰۱۱). اثرات تسکین‌دهنده دیاتومیت بر گیاهان تحت تنش رطوبتی مرتبط با قرارگیری سیلیسیوم موجود در ساختار این ترکیب در آوند چوبی و دیواره سلولی برگ‌ها و در نتیجه کاهش تعرق است (حاجی رسولی، ۱۳۹۶). در تحقیقی به بررسی تأثیر افزودن دیاتومیت (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ گرم/کیلوگرم) بر رشد و گل‌دهی گل میمون پرداخته شد. براساس نتایج این تحقیق بیشترین درصد افزایش در رشد و گل‌دهی گیاه گل میمون به‌ازای افزودن ۱۲۰ گرم بر کیلوگرم دیاتومیت در خاک به‌دست آمد (بدای و همکاران، ۲۰۱۵). سیاری زهان و همکاران (۲۰۱۵) در یک مطالعه آزمایشگاهی پتانسیل کاربرد دیاتومیت بیرجند را به‌عنوان یک کود معدنی غیرشیمیایی برای خاک کشاورزی بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که افزودن دیاتومیت به خاک باعث افزایش محسوس مقدار EC و غلظت عناصر پتاسیم و فسفر موجود در خاک می‌شود، اما تأثیر چندانی بر pH خاک ندارد. اثر افزایشی کاربرد دیاتومیت بر رشد و عملکرد چندین گونه گیاهی ازجمله شبدر مصری (عبدالا، ۲۰۱۱)، گندم (باشا و همکاران، ۲۰۱۳) و نخود (زمانی و همکاران، ۱۴۰۱) نیز گزارش شده است؛ بنابراین با توجه به اینکه درصد زیادی از خاک‌های کشاورزی ایران و به‌ویژه استان خراسان جنوبی از گروه خاک‌های دانه‌ای بوده و بدین‌سبب دارای قابلیت جذب و نگهداری آب ناچیزی هستند و تاکنون تحقیقاتی در زمینه نقش این ماده در کاهش مصرف آب و رفع تنش خشکی در ایران

صورت نپذیرفته است؛ انجام این پژوهش ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه تأثیر دیاتومیت بر ظرفیت جذب و نگهداری آب در خاک، ابتدا در حدود ۵۰ کیلوگرم خاک کشاورزی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از مزرعه‌ای واقع در روستای بیدخت بیرجند تهیه و به آزمایشگاه خاک دانشگاه بیرجند منتقل شد. خاک برداشت‌شده یک خاک بکر شنی لومی با ظرفیت جذب آب پایین است. مطابق با مطالعات قبلی سیاری زهان و همکاران (۲۰۱۵) این خاک دارای $pH=7.8$ و $EC=1 \text{ dS/m}$ با بافت متوسط است. همچنین مقدار رطوبت ظرفیت زراعی این خاک در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند حدود ۱۸ درصد به‌دست آمده است. نمونه دیاتومیت مورد استفاده در این تحقیق از ذخایر دیاتومیت واقع در اطراف روستای اسفهان در ۴۰ کیلومتری شرق بیرجند برداشت شد. این ذخایر به احتمال بسیار زیاد از نوع رسوبات دریاچه‌ای آب شیرین هستند.

در ابتدا نمونه‌های خاک برداشت‌شده از روستای بیدخت از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس تیمارهای یک کیلوگرمی از خاک الک‌شده تهیه و به گلدان‌های پلاستیکی انتقال یافت. در کف گلدان‌ها به‌منظور جلوگیری از خروج خاک (همراه با آب زهکشی‌شده) از کاغذ فیلتر آزمایشگاهی استفاده شد. تیمارها شامل پنج سطح کاربرد دیاتومیت خام: ۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ گرم در کیلوگرم خاک خشک بود. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. به‌منظور مطالعه تأثیر اندازه ذرات دیاتومیت بر نتایج آزمایشات، چهار اندازه مختلف از ذرات شامل: ۰-۲، ۲/۳۶-۴/۷۵، ۱۲/۵-۱۴/۷۵ و ۱۲/۵ تا ۱۹ میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه ذرات دیاتومیت بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر، تنها از تیمار ۴۰ گرم بر کیلوگرم خاک با دو تکرار استفاده شد. در تحقیق حاضر علاوه بر دیاتومیت خام، از دیاتومیت کلسینه‌شده نیز در تیمار ۲۰ گرم بر کیلوگرم خاک استفاده شد. فرایند کلسینه‌کردن دیاتومیت خام بدون عامل گداز‌آور در دمای ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت در آزمایشگاه فرآوری مواد معدنی دانشگاه بیرجند انجام گرفت. دیاتومیت خام کاملاً سفید رنگ بود، اما پس از

حرارت‌دیدن به رنگ آجری درآمد. درمجموع ۲۴ تیمار تهیه شد. در همه تیمارها، ذرات دیاتومیت با یک کیلوگرم خاک خشک به‌طور کامل مخلوط شده و سپس رطوبت خاک به حد رطوبت ظرفیت زراعی (۱۸ درصد) رسانیده شد. برای انجام این کار بعد از اعمال تیمارهای مختلف دیاتومیت، ابتدا مقدار ۱۰۰ گرم آب (یا ۱۰۰ میلی‌لیتر آب) به هر کیلوگرم خاک گلدان اضافه شد و داخل یک تشت فلزی به‌خوبی با خاک مخلوط شد. سپس این خاک به داخل گلدان منتقل و کمی فشرده شد و باقیمانده آب (۸۰ گرم آب) به سطح خاک هر گلدان اضافه شد. گلدان‌ها هر ده روز یک‌بار توزین و میزان کاهش رطوبت برای تیمارهای مختلف اندازه‌گیری و براساس رطوبت موجود، آبیاری تا رساندن رطوبت به حد ظرفیت زراعی انجام شد. برای مدتی گلدان‌ها براساس درصد رطوبت اشباع، از آب اشباع شدند و میزان رطوبت ثقیلی هر یک از تیمارها (مقدار آب خارج‌شده) اندازه‌گیری شد. بعد از مدت چهار ماه فاکتورهای درصد رطوبت اشباع خاک و میزان نگهداری آب در خاک اندازه‌گیری شد. آنالیز آماری با نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

رطوبت اشباع خاک

برای اندازه‌گیری رطوبت اشباع خاک به تیمارهای تهیه‌شده تا سرحد اشباع، آب اضافه شد. با اندازه‌گیری وزن تیمارهای اشباع‌شده، مقادیر رطوبت اشباع هر گلدان و درصد تغییر (افزایش) رطوبت اشباع در هر سری از تیمارها محاسبه شد.

با توجه به جدول ۱ مقادیر مختلف دیاتومیت بر رطوبت اشباع و میزان افزایش رطوبت اشباع خاک در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت. شکل ۱-الف تأثیر افزودن دیاتومیت به خاک را بر درصد رطوبت اشباع خاک نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۱-الف ملاحظه می‌شود، افزایش دیاتومیت به خاک تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر افزایش رطوبت اشباع خاک داشت. به‌طوری‌که بالاترین رطوبت اشباع خاک با اضافه‌کردن ۸۰ گرم دیاتومیت به‌دست آمد و بین سایر سطوح با شاهد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر مقدار دیاتومیت بر رطوبت اشباع خاک

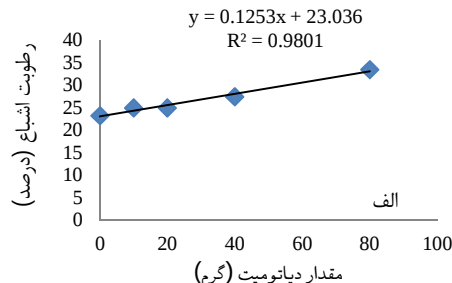
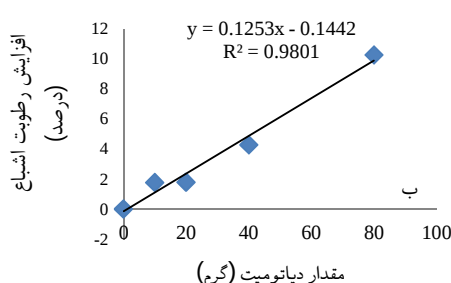
منبع تغییر	درجه آزادی	رطوبت اشباع	میانگین مربعات
مقدار دیاتومیت	۴	۴۸/۳۳**	افزایش رطوبت اشباع
خطا	۱۰	۴۹/۲۳	۴۷/۵۲**
ضریب تغییرات	-	۸/۲۸	۰

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار در سطح ۵ درصد

اشباع در سه خاک با بافت مختلف شد که در مطالعه آن‌ها بیشترین افزایش رطوبت اشباع به ترتیب در خاک‌های لوم شنی، لومی و رسی صورت گرفت؛ علاوه بر این، متناسب با افزایش مقادیر هیدروژل به کار برده شده در خاک، مقادیر رطوبت اشباع نیز افزایش یافت. وو و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی رابطه بین کاربرد سوپرجاذب و آب در دسترس گیاه بیان کردند که کاربرد سوپرجاذب موجب افزایش ۱۰/۶۸ درصدی آب در خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد.

برای بررسی دقیق‌تر در شکل ۱-ب نمودار تأثیر مقدار دیاتومیت خاک بر درصد افزایش رطوبت اشباع خاک ترسیم شده است. مطابق با این شکل ملاحظه می‌شود که تقریباً به ازای افزودن هر ۱۰ گرم دیاتومیت خام به یک کیلوگرم خاک مورد بررسی، ۱/۲۵ درصد به میزان رطوبت اشباع خاک افزوده شده است.

عابدی کویایی و همکاران (۲۰۰۸) با به کارگیری ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم هیدروژل در کیلوگرم خاک نشان دادند که استفاده از هیدروژل‌ها موجب افزایش مقادیر رطوبت



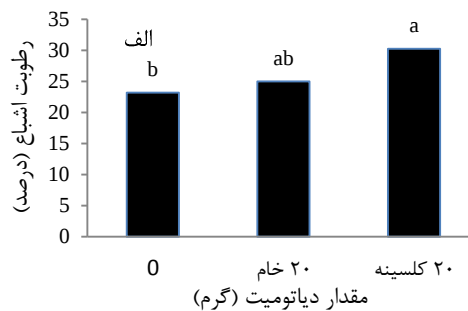
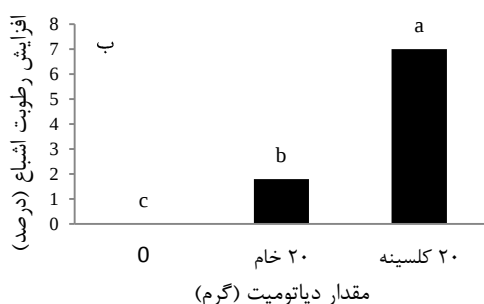
شکل ۱- تأثیر مقدار دیاتومیت بر درصد رطوبت اشباع خاک (الف) و افزایش رطوبت اشباع (ب)

با توجه به اینکه سنگ دیاتومیت ماده‌ای به شدت متخلخل است، با خرد کردن دیاتومیت احتمالاً بخشی از تخلخل آن از بین می‌رود؛ بنابراین در تحقیق حاضر، تأثیر اندازه ذرات دیاتومیت بر جذب آب خاک مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ نشان می‌دهد که اندازه دیاتومیت بر رطوبت اشباع خاک اثر معنی‌داری نداشت، اما بر افزایش رطوبت اشباع خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در شکل‌های ۳-الف و ۳-ب تأثیر استفاده از ذرات درشت‌تر دیاتومیت بر افزایش رطوبت اشباع خاک نمایش داده شده است. مطابق با این اشکال مشاهده می‌شود که استفاده از ذرات درشت‌تر دیاتومیت سبب افزایش جذب آب خاک در مقایسه با اندازه کم‌تر از ۲ میلی‌متر شده است.

در شکل‌های ۲-الف و ۲-ب تأثیر استفاده از دیاتومیت کلسینه بر افزایش رطوبت اشباع خاک در مقایسه با دیاتومیت خام نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، استفاده از دیاتومیت کلسینه تأثیر بسیار بیشتری بر افزایش ظرفیت جذب آب خاک در مقایسه با دیاتومیت خام دارد. به نحوی که در مقایسه با دیاتومیت خام (شکل ۲-ب) سبب افزایش حدود ۲۰ درصدی رطوبت اشباع خاک مورد بررسی در تیمار ۲۰ گرم بر کیلوگرم شده است. افزایش جذب آب دیاتومیت کلسینه در مقایسه با دیاتومیت خام نتیجه‌ای قابل انتظار است؛ زیرا برای ساخت جاذب‌های دیاتومیتی معمولاً از فرایند تکلیس^۱ استفاده می‌شود.

1 - Calcination



شکل ۲- تأثیر دیاتومیت کلسینه بر درصد رطوبت اشباع خاک (الف) و میزان افزایش رطوبت اشباع خاک (ب). حروف مشترک روی ستون‌ها نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر اندازه دیاتومیت بر رطوبت اشباع خاک

میانگین مربعات		درجه آزادی	منبع تغییر
افزایش رطوبت اشباع	رطوبت اشباع		
۱۶/۸۵ ^{**}	۱۸/۱۷ ^{ns}	۳	اندازه دیاتومیت
.	۱۴/۵۳	۴	خطا
.	۱۲/۵۵	-	ضریب تغییرات

^{**} معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ^{ns} معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار در سطح ۵ درصد

توصیه می‌شود برای اصلاح خاک‌های کشاورزی با ظرفیت جذب آب پایین از ذرات دیاتومیت درشت با اندازه تقریبی ۵ تا ۱۲ میلی‌متر یا ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر استفاده شود. عامل دیگری که در کنار استفاده از ذرات درشت بسیار مؤثر خواهد بود، استفاده از دیاتومیت کلسینه است که تأثیر قابل‌ملاحظه آن نیز به اثبات رسید.

ظرفیت نگهداشت آب در خاک

در تحقیق حاضر برای اینکه تخمینی از توانایی خاک‌های مورد بررسی در نگهداری آب به‌دست آید، مقادیر رطوبت خاک گلدان‌ها، ۴۸ ساعت پس از لحظه اشباع مجدداً اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب مقادیر رطوبت ۴۸ ساعته و درصد تغییر (افزایش) رطوبت ۴۸ ساعته در هر سری از تیمارها محاسبه شد.

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که مقدار دیاتومیت بر رطوبت ۴۸ ساعته و افزایش رطوبت ۴۸ ساعته خاک در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت.

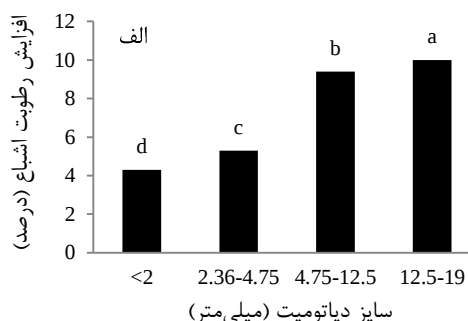
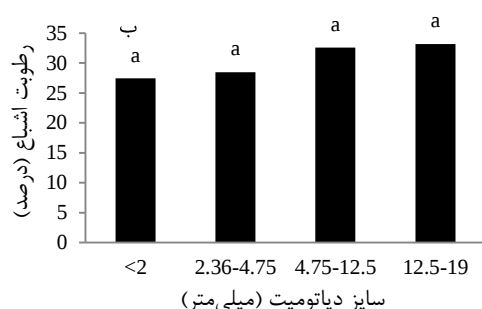
نمودار شکل ۴-الف تأثیر افزودن دیاتومیت به خاک را بر درصد رطوبت ۴۸ ساعته خاک نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل ملاحظه می‌شود، افزایش دیاتومیت به خاک تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک دارد. برای بررسی دقیق‌تر، در شکل ۴-ب نمودار تأثیر مقدار دیاتومیت خاک بر درصد افزایش

بررسی دقیق شکل ۳-ا نشان می‌دهد که درصد رطوبت اشباع خاک مورد بررسی به‌ازای اندازه ذرات ۲/۳۶-۴/۷۵ میلی‌متر افزایش ناچیزی در حدود یک درصد پیدا کرده و از حدود ۲۷ درصد به‌ازای اندازه ریزتر از ۲ میلی‌متر به ۲۸ درصد افزایش یافته است؛ اما به‌ازای استفاده از ذرات درشت‌تر با اندازه ۴/۷۵-۱۲/۵ میلی‌متر افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در حدود پنج درصد در رطوبت اشباع خاک اتفاق افتاده است؛ به‌نحوی که رطوبت اشباع خاک از حدود ۲۷ درصد به ۳۲ درصد افزایش یافته است. استفاده از ذرات درشت‌تر یعنی اندازه ۱۲/۵-۱۹ میلی‌متر در مقایسه با اندازه ۴/۷۵-۱۲/۵ میلی‌متر تأثیر چندانی بر جای نگذاشته است و تنها باعث افزایش یک درصد بیشتر رطوبت اشباع خاک و رسیدن آن به ۳۳ درصد شده است؛ اما بررسی شکل ۳-ب نشان می‌دهد که بین اندازه‌های مختلف دیاتومیت بر افزایش رطوبت اشباع خاک تفاوت معنی‌داری وجود دارد و با افزایش اندازه دیاتومیت بر میزان افزایش رطوبت اشباع خاک افزوده شد.

با توجه به نتایجی که از بررسی تأثیر اندازه ذرات دیاتومیت بر افزایش رطوبت اشباع خاک به‌دست آمده است، مشخص می‌شود که خردکردن دیاتومیت در واقع باعث ازدست‌رفتن بخش عمده‌ای از فضای خالی درونی آن که ظرفیت جذب آب را دارد، می‌شود. این اتفاق با خرد شدن بیشتر دیاتومیت تشدید می‌شود؛ بنابراین

ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد کاربرد پلیمر PR3005A در سطوح ۶ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک، مقدار رطوبت قابل استفاده را به ترتیب ۱/۵ تا ۳/۵ برابر افزایش داد. همچنین نتایج سایر محققان نشان داد که استفاده از مواد جاذب آب (طبیعی و مصنوعی) میزان ظرفیت نگهداشت آب خاک را به میزان ۲ تا ۴ برابر در بافت لوم شنی، ۱/۵ تا ۲ برابر در بافت لومی و ۱ تا ۱/۵ برابر در بافت رسی افزایش داده‌اند و در هر بافت بیشترین افزایش مربوط به کاربرد ماده جاذب مصنوعی (سوپرجاذب) بود (میچیگان، ۲۰۰۶؛ سولر-روویرا و همکاران، ۲۰۰۶).

رطوبت ۴۸ ساعته خاک ترسیم شده است. مطابق با این شکل ملاحظه می‌شود که تقریباً به‌ازای افزودن هر ۱۰ گرم دیاتومیت خام به یک کیلوگرم خاک مورد بررسی ۰/۶ درصد به میزان رطوبت ۴۸ ساعته خاک افزوده شده است. از آنجایی که مقدار رطوبت ۴۸ ساعته یک خاک کشاورزی شاخصی از ظرفیت نگهداری آب در خاک است، نتایج تحقیق حاضر تأثیر مثبت دیاتومیت بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک‌های کشاورزی شن و ماسه‌ای را نشان می‌دهد. در نتایج مشابه، عابدی کوپایی و سهراب (۱۳۸۳) اثر کاربرد دو نوع پلیمر سوپرجاذب را بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب سه نوع بافت خاک

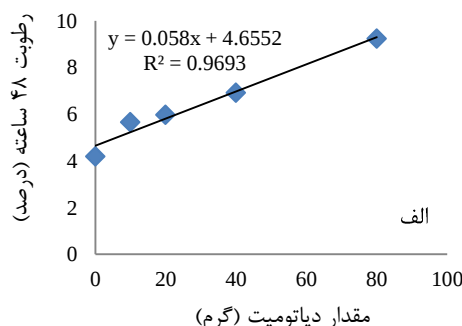
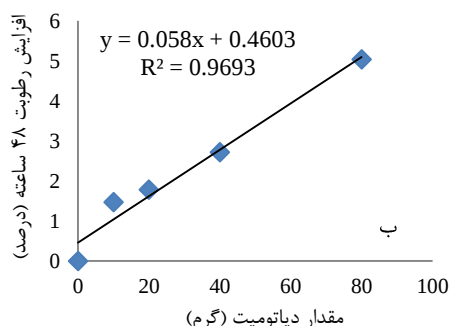


شکل ۳- تأثیر اندازه دیاتومیت بر درصد رطوبت اشباع خاک (الف) و میزان افزایش رطوبت اشباع خاک (ب). حروف مشترک روی ستون‌ها نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مقدار دیاتومیت بر رطوبت ۴۸ ساعته خاک

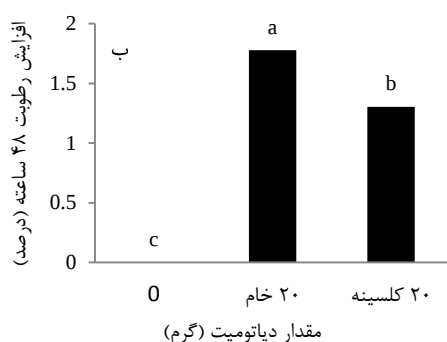
میانگین مربعات		درجه آزادی	منبع تغییر
افزایش رطوبت ۴۸ ساعته	رطوبت ۴۸ ساعته		
۱۰/۱۸**	۱۰/۳۹ ^{xx}	۴	مقدار دیاتومیت
.	۲/۷۹	۱۰	خطا
.	۸/۲۶	-	ضریب تغییرات

^{xx} معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار در سطح ۵ درصد

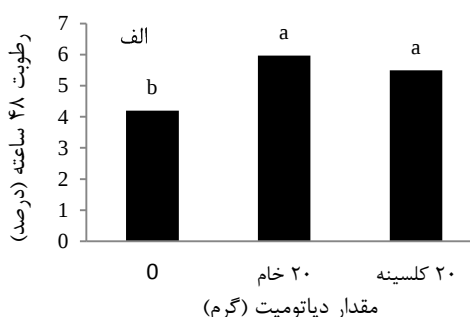


شکل ۴- تأثیر مقادیر دیاتومیت بر درصد رطوبت ۴۸ ساعته خاک (الف) و میزان افزایش رطوبت ۴۸ ساعته خاک (ب)

که مطابق با نظر بریز و بادیکامب (۲۰۰۶) هرچقدر از درجه حرارت بالاتر و مدت طولانی‌تری برای کلسینه کردن دیاتومیت استفاده شود، درصد تخریب ساختمان ریزمقیاس آن بیشتر خواهد بود. از آنجایی که منافذ میکروسکوپی یک ماده نقش اصلی را در حفظ و بالابردن ظرفیت نگهداری آب برعهده دارند، روشن می‌شود که چرا عملیات حرارتی سبب کاهش کیفیت دیاتومیت کلسینه نسبت به دیاتومیت خام برای اصلاح خاک شده است؛ بنابراین برای اصلاح خاک‌های کشاورزی به منظور مقابله با تنش خشکی بهتر است از دیاتومیت خام استفاده شده و دیاتومیت کلسینه توصیه نمی‌شود.



در شکل‌های ۵-الف و ۵-ب تأثیر استفاده از دیاتومیت کلسینه بر افزایش رطوبت ۴۸ ساعته خاک در مقایسه با دیاتومیت خام نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، استفاده از دیاتومیت کلسینه تأثیری بر افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک ندارد و حتی در مقایسه با دیاتومیت خام (شکل ۵-ب) سبب کاهش رطوبت ۴۸ ساعته خاک مورد بررسی در تیمار ۲۰ گرم بر کیلوگرم شده است. دیاتومیت کلسینه در مقایسه با دیاتومیت خام باعث افزایش ظرفیت جذب آب خاک و از سوی دیگر کاهش ظرفیت نگهداشت آب می‌شود. برای توضیح این اتفاق غیرعادی بایستی به این نکته اشاره کرد



شکل ۵- تأثیر دیاتومیت کلسینه بر درصد رطوبت ۴۸ ساعته خاک (الف) و میزان افزایش رطوبت ۴۸ ساعته خاک (ب). حروف مشترک روی ستون‌ها نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار است.

سطح احتمال پنج درصد و افزایش رطوبت ۴۸ ساعته در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴).

تأثیر اندازه ذرات دیاتومیت بر ظرفیت نگهداری آب توسط خاک نیز در تیمار ۴۰ گرم بر کیلوگرم بررسی شد. نتایج نشان داد که اندازه دیاتومیت بر رطوبت ۴۸ ساعته در

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر اندازه دیاتومیت بر رطوبت ۴۸ ساعته خاک

میانگین مربعات		درجه آزادی	منبع تغییر
افزایش رطوبت ۴۸ ساعته	رطوبت ۴۸ ساعته		
۲/۲۸**	۲/۴۶*	۳	اندازه دیاتومیت
.	۰/۲۲	۴	خطا
.	۵/۷۵	-	ضریب تغییرات

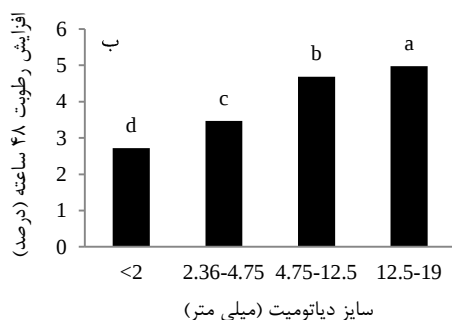
** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار در سطح ۵ درصد

نسبت به اندازه ذرات ریزتر از ۲ میلی‌متر پیدا کرده و از حدود ۶/۹ درصد به ۷/۷ درصد افزایش یافته است. به‌ازای استفاده از ذرات درشت‌تر با اندازه ۱۲/۵-۴/۷۵ میلی‌متر افزایش جالب توجهی در حدود ۲ درصد در رطوبت ۴۸ ساعته خاک اتفاق افتاده است؛ به‌نحوی که رطوبت ۴۸ ساعته خاک از حدود ۶/۹ درصد به ۸/۹ درصد افزایش یافته است. قابل ذکر است که استفاده از ذرات درشت‌تر

مطابق با شکل‌های ۶-الف و ۶-ب مشاهده می‌شود که استفاده از ذرات درشت‌تر دیاتومیت سبب افزایش نگهداشت آب در خاک در مقایسه با اندازه کمتر از ۲ میلی‌متر شده است.

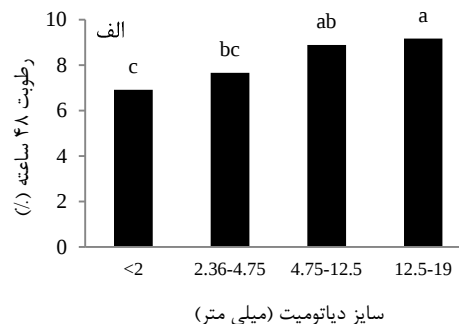
بررسی دقیق اشکال ۶-الف و ۶-ب نشان می‌دهد که درصد رطوبت ۴۸ ساعته خاک مورد بررسی به‌ازای اندازه ذرات ۴/۷۵-۲/۳۶ میلی‌متر افزایشی در حدود ۰/۸ درصد

افزایش ظرفیت نگهداشت آب به کار برده شود. آنگن و همکاران (۲۰۱۱) خاطر نشان کردند که افزودن دیاتومیت حفرات میکروسکوپی تا ریز خاک را افزایش می‌دهد و بدین ترتیب سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک می‌شود.



یعنی اندازه ۱۹-۱۲/۵ میلی‌متر تأثیر چندانی در مقایسه با اندازه ۱۲/۵-۴/۷۵ میلی‌متر به جای نگذاشته است و تنها باعث افزایش ۰/۳ درصد بیشتر رطوبت اشباع خاک و رسیدن آن به ۹/۲ درصد شده است.

کارن و ان‌کان‌گولو (۱۹۹۹) نشان دادند که در خاک‌های با بافت سست، دیاتومیت می‌تواند به عنوان عاملی برای



شکل ۶- تأثیر اندازه ذرات دیاتومیت بر درصد رطوبت ۴۸ ساعته خاک (الف) و میزان افزایش رطوبت ۴۸ ساعته خاک (ب). حروف مشترک روی ستون‌ها نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار است.

نتیجه‌گیری

افزودن دیاتومیت به خاک باعث افزایش قابل‌ملاحظه رطوبت اشباع خاک شد. استفاده از دیاتومیت کلسینه به جای دیاتومیت خام، تأثیر مثبت بیشتری بر ظرفیت جذب آب خاک بر جای گذاشت. استفاده از ذرات درشت‌تر دیاتومیت باعث افزایش ظرفیت جذب آب خاک شد؛ بنابراین برای اصلاح خاک‌های کشاورزی با ظرفیت جذب آب پایین، استفاده از ذرات دیاتومیت درشت با اندازه تقریبی بین ۱۹-۴/۷۵ میلی‌متر توصیه می‌شود. استفاده از دیاتومیت کلسینه تأثیری بر افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک نداشت؛ بنابراین برای اصلاح خاک‌های کشاورزی و به منظور مقابله با تنش خشکی بهتر است از دیاتومیت خام استفاده شده و دیاتومیت کلسینه توصیه نمی‌شود. استفاده از ذرات درشت‌تر دیاتومیت سبب افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک می‌شود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که برای بالا بردن ظرفیت جذب و نگهداشت آب در خاک‌های کشاورزی، استفاده از دیاتومیت خام با اندازه ذرات ۱۹-۴/۷۵ میلی‌متر بیشترین تأثیر را دارد.

منابع

۱. راهکاری مهم در کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، تهران.
۲. حاجی رسولی ف. ۱۳۹۶. تأثیر دیاتومیت بر خصوصیات کمی و کیفی ارزن معمولی در سطوح مختلف رطوبتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه بیرجند.
۳. زمانی غ. ر. قطبی‌نژاد د. سیاری م. ح. و نبی‌پور ز. ۱۴۰۱. اثر دیاتومیت بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۵(۱): ۱۶۱-۱۷۲.
۴. سیددراجی س. گلچین ا. و احمدی ش. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپر جاذب (*superab A200*) و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی. مجله آب و خاک. ۲۴(۲): ۳۰۶-۳۱۶.
۵. عابدی کوپایی ج. و سهراب ف. ۱۳۸۳. ارزیابی اثر کاربرد پلیمرهای ابر جاذب بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع بافت خاک. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر. ۳: ۱۶۳-۱۷۳.

۱. الهدادی ا. مؤذن قمصری ب. و اکبری غ. ع. ۱۳۸۵. بررسی کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب به عنوان

- availability of water of different soils amended with superabsorbent hydrogels. Department of Agronomy Escuela Universitaria de Ingenieria Tecnica Agricola Universidad Politecnica, de Madrid Spain.
18. Tohidi-Moghadam H.R Shirani-Rad A.H. Nour-Monhammadi G. Habibi D. Modarres-Sanavy S.A.M. Mashhadi-Akbar-ب-oojar M. and Dolatabadian A. 2009. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*. 39: 243-250.
 19. Wu L. Liu M. and Liang R. 2008. Preparation and properties of a double-coated slowrelease NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. *Bioresour. Technol.* 99: 547-554.
 ۶. کریمی ا. و نادری م. ۱۳۸۶. بررسی اثرات کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در خاک‌های با بافت مختلف. *پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی*. ۷(۳): ۱۸۷-۱۹۸.
 7. Abdalla M. M. 2011. Impact of diatomite nutrition on two *Trifolium alexandrinum* cultivars differing in salinity tolerance. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistr.* 3(13): 233-246.
 8. Abedi-Koupai J. Sohrab F. and Swarbrick G. 2008. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. *Journal of Plant Nutrition*. 31: 317-331.
 9. Ahmad S. and Haddad H. 2011. Study of silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of wheat under drought stress. *Journal of Genetic and Plant Breeding*. 47(1): 17-27.
 10. Angin I. Kose M. and Aslantas R. 2011. Effect of diatomite on growth of strawberry. *Pakistan Journal of Botany*. 43: 573-577.
 11. Badawy E.S.M. Kandil M.M. Habib A.M. and El-Sayed I.M. 2015. Influence of diatomite, putrescine and alpha-tocopherol on some vegetative growth and flowering of *Antirrhinum Majus L.* plants. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*. 7 (1): 07-18.
 12. Basha D.M. El-Sayed S.A. El-Aila H.I. 2013. Effect of nitrogen levels, diatomite and potassium silicate application on yield and chemical composition of wheat (*Triticum aestivum L.*) plants. *World Applied Sciences Journal*. 25: 1217-1221.
 13. Breese R. and Bodycomb F. 2006. Diatomite. In JE. Kogel (Ed) *Industrial Minerals and Rocks- Commodities, Markets, and Uses*, SME, 433-450.
 14. Caron J. and Nkongolo V.K.N. 1999. Aeration in growing media: Recent developments. *Acta Horticulturae*. 481: 545-551.
 15. Michigan J. 2006. Hydrogel polymer effects on available water capacity and percolation of sandy soils at Al – Hassa, Saudi Arabia. *CSBE/SCGAB Annual conference*.
 16. Sayyari-Zahan M.H. Gholami A. and Rezaeepour S. 2015. Diatomite and re-use coal waste as promising alternative for fertilizer to environmental improvement. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 5(2): 70-76.
 17. Soler – Rovira J. Usano – Martines M.C. Fuentes – Prieto I. Arroyo – Sanz J.M. and Onzalez – Torres F.G. 2006. Retention and

