

بررسی اثر نوع ماده جاذب آب بر ظرفیت نگهداری آب خاک

عاطفه دشت بزرگ^{۱*}، غلامعباس صیاد^۲ و ایرج کاظمی نژاد^۳

* نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

atefeh.dashtbozorg@yahoo.com

۲- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۹

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۰

چکیده

خش کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده منابع آب در کشور ما می‌باشد. برای افزایش بازده آبیاری و استفاده بهینه از منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک اقدامات مختلفی مانند استفاده از مالچ، کودهای آلی و ایجاد تغییر در خواص فیزیکی خاک با استفاده از اصلاح‌کننده‌های مختلف نظیر پرلیت، هیدروپالاس و نظایر آن صورت می‌گیرد. به منظور مقایسه مواد جاذب آب طبیعی و مصنوعی بر ظرفیت نگهداشت آب خاک، آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار ماده جاذب آب (شاهد (بدون اعمال ماده جاذب آب)، کود پوسیده گاوی (۱۵ گرم در کیلوگرم خاک) و سوپرجاذب طراوت A200 (۲ گرم در کیلوگرم خاک)) در سه تکرار در دو بافت شنی لومی و لومی رسی انجام شد. سپس مقدار آب خاک برای هر تیمار در مکش‌های ۰، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۳، ۵ و ۱۵ بار اندازه‌گیری و منحنی‌های رطوبتی هر خاک به طور جداگانه رسم گردید. نتایج نشان داد که بین دو بافت خاک و تیمارها در مکش‌های مختلف و همچنین اثر متقابل این عوامل با هم در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. به طور کلی میزان ظرفیت نگهداشت رطوبت خاک در هر بافت، با کاربرد مواد جاذب آب نسبت به شاهد افزایش یافت. پلیمر سوپرجاذب در دو بافت شنی لومی و لومی رسی میزان درصد رطوبت حجمی خاک را به ترتیب ۳/۵ و ۱/۳ برابر نسبت به شاهد افزایش داد در حالی که این افزایش برای کود به ترتیب ۱/۶ و ۱/۱ برابر بود. بنابراین مصرف پلیمر در خاک، مخصوصاً در بافت‌های سبک می‌تواند با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت باعث موفقیت برنامه‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک گردد.

کلیدواژه‌ها: بافت خاک، کود پوسیده گاوی، سوپرجاذب طراوت A200، منحنی رطوبتی.

مقدمه

طبیعی کشور ایران را تهدید می‌کند، ضرورت صرفه‌جویی و کاربرد بهینه آب در بخش‌های گوناگون و به‌خصوص بخش کشاورزی را بیش از پیش آشکار می‌سازد (۳). با توجه به مسائل بیان شده مدیریت صحیح منابع آب در دسترس و استفاده صحیح از روش‌های علمی به‌خصوص در بخش کشاورزی که بزرگترین بخش مصرف‌کننده آب در ایران می‌باشد، علاوه بر افزایش کارایی مصرف آب، موجب کاهش خسارت ناشی از خشکی به این بخش نیز می‌گردد. از جمله این راهکارها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

عمده‌ترین میزان مصرف آب در ایران در بخش کشاورزی می‌باشد. ارقامی که در گزارش‌های مختلف در این رابطه ارائه گردیده، حاکی از این است که حدود ۹۰ درصد از حجم آب مصرفی در کشور، صرف تولیدات کشاورزی می‌شود (۵) که ۶۵ درصد این مقدار به شیوه‌های غلط آبیاری هدر رفته و بخشی از آن عناصر غذایی و کودهای محلول را شسته و ضمن بردن آن‌ها به عمق، باعث آلودگی مقادیر ناچیز و گرانبهای آب‌های زیرزمینی می‌گردد (۱) و (۲). از طرف دیگر خطر بحران خشکسالی نیز، که مانند سایر بلایای - تجهیز و نوسازی اراضی شبکه‌های آبیاری.

- احداث شبکه‌های آبیاری و پوشش کانال‌های آبیاری.

- استفاده از روش‌های آبیاری مناسب و روش‌های کم‌آبیاری.
- استفاده از گیاهانی با نیاز آبی کمتر و یا دوره رشد کوتاه‌تر.
- استفاده مجدد از فاضلاب.
- انجام شخم مناسب و مبارزه با علف‌های هرز.
- استفاده از اصلاح‌کننده‌های طبیعی مانند کود.
- استفاده از مواد سوپر جاذب با قابلیت جذب آب بسیار بالا (۳، ۱۲ و ۱۴).

قابلیت بالای ظرفیت تبادل کاتیونی قادرند علاوه بر جذب مقادیر زیاد آب، کاتیون‌های مؤثر و مفید رشد گیاه را در خود جذب نموده و در مواقع لزوم در اختیار گیاه قرار دهند (۱۶). سوپر جاذب‌ها هرگز به مواد اولیه خود برنمی‌گردند، در شرایط یونی و میکروبی خاک به آرامی تجزیه شده و سرانجام به آب، دی‌اکسید کربن و ترکیبات نیتروژن‌دار غیرسمی از جمله آمونیاک تبدیل شده و به ماده آلی خاک اضافه می‌شوند (۱۰ و ۱۵).

شروع تحقیقات علمی در دنیا روی پلیمرهای سوپر جاذب مربوط به دهه ۱۹۸۰ میلادی می‌باشد. پس از شناخت تأثیر این مواد روی خصوصیات خاک و رشد گیاهان، تولید تجاری و انبوه آن در برخی کشورها از اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی آغاز و حدود سال ۲۰۰۰ میلادی اغلب کشورها به خصوص مناطق خشکی نظیر آفریقا، آمریکای جنوبی، خاورمیانه و برخی مناطق خاور دور نسبت به آن شناخت بیشتری پیدا نمودند. استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب به عنوان ماده افزودنی به خاک در ایران دارای سابقه چندان نبوده و پژوهش‌هایی در سال‌های اخیر آغاز شده است (۶ و ۱۱).

در این تحقیق اثر کاربرد یک نوع ماده جاذب آب مصنوعی (سوپر جاذب طراوت A200: محصول پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران) و یک جاذب طبیعی (کود پوسیده گاوی) بر روی درصد رطوبت حجمی خاک در مکش‌های مختلف منحنی رطوبتی در دو خاک با بافت‌های شن‌لومی و لومی‌رسی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. از دو نوع بافت خاک نمونه‌هایی از عمق ۳۰ - ۰ سانتی‌متری به صورت مرکب و دست‌خورده برداشته شد. پس از هواخشک کردن و گذراندن خاک‌ها از الک ۲ میلی‌متری بافت هر خاک به طور جداگانه به روش هیدرومتری تعیین و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها مطابق جدول (۱) اندازه‌گیری شد.

در این آزمایش از سه تیمار ماده جاذب آب شامل طبیعی: کود پوسیده گاوی به میزان ۱۵ گرم در کیلوگرم خاک (بر اساس استفاده سالانه ۵۰-۲۰ تن کود در خاک کشاورزی)، مصنوعی: سوپر جاذب طراوت A200 به میزان ۲ گرم در کیلوگرم خاک (بر اساس توصیه پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران) و شاهد (بدون اعمال ماده جاذب آب) استفاده شد (۱، ۵، ۶ و ۷). آزمایش به صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی اجرا شد.

برای تعیین اثر دقیق مواد جاذب آب در افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک، تیمارها به شرح ذیل تهیه شد:

- ۱- شاهد، ۱۰ گرم خاک (بدون اعمال ماده جاذب آب).

مهمترین ماده اصلاحی طبیعی کود است. کودها دارای انواع مختلفی هستند: کودهای شیمیایی، زیستی و آلی. دسته سوم (کودهای آلی)، دارای منشأ طبیعی بوده و علاوه بر افزایش حاصلخیزی خاک، تا حدودی ظرفیت نگهداری آب در خاک را نیز افزایش می‌دهند. اما با توجه به آلودگی‌هایی که کودها در خاک، آب‌های زیرزمینی و هوا ایجاد می‌کنند و همین‌طور اثر بسیار ضعیف آنها در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، مصرف آنها چندان توصیه نمی‌شود (۴ و ۹).

یکی از راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن استفاده از اصلاح‌کننده‌های مصنوعی به نام پلیمر سوپر جاذب است که در دهه‌های اخیر در دنیا کاربرد وسیعی یافته است. این مواد می‌توانند با کاهش تعداد دفعات آبیاری و کاهش هزینه‌های آبیاری گزینه مناسبی در استفاده بهینه از آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشند (۶). پلیمرهای سوپر جاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبی را جذب نموده و متورم شوند. این مخازن ذخیره‌کننده آب وقتی در خاک قرار می‌گیرند، آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرو نشستن آن جلوگیری می‌نمایند و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (۵).

یک سوپر جاذب به صورت خشک، شبیه ذرات شکر بوده و می‌تواند آب و برخی مواد محلول را به میزان ۵۰۰ - ۲۰۰ برابر وزن خود جذب نماید. ساختار این مواد به گونه‌ای است که می‌توانند در شرایط یونی، وجود فشار و حضور میکروارگانیسم‌های خاک، چندین سال مانند یک مخزن، آب و مواد محلول را جذب و نگهداری کرده و بر حسب نیاز ریشه (بر اثر اختلاف فشار اسمزی) در اختیار گیاه قرار دهند (۲ و ۸). سوپر جاذب‌ها بی‌بو، بی‌رنگ، بدون خاصیت آلایندگی در خاک، آب‌های سطحی، زیرزمینی و بافت‌های گیاهی می‌باشند. pH این مواد خنثی بوده و بسته به نوع آن، بافت خاک و شرایط اقلیمی حدود ۷-۴ سال در خاک ماندگار هستند (۸).

مهمترین نوع سوپر جاذب‌های مورد استفاده در کشاورزی، پلیمرهایی با ماهیت پلی‌اکریل‌آمید می‌باشند. این پلیمرها آلی و از پلی‌اکریلات پتاسیم و کوپلیمرهای پلی‌اکریل‌آمید هستند و از نظر بار الکتریکی دارای انواع آنیونی، کاتیونی و خنثی بوده که نوع آنیونی آن در کشاورزی حائز اهمیت است. سوپر جاذب‌های آنیونی با دارا بودن

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	pH	EC dS/m	SP (%)	pb gr/cm ³	ماده کربن آلی (%)	CEC Meq/100g
شنی لومی	۸۷/۴	۶/۱	۶/۵	۸/۲	۱/۲	۲۹	۱/۶۷	۰/۴	۰/۲۵
لومی رسی	۳۶	۳۴/۸	۲۹/۲	۷/۶	۶/۵	۴۴/۵	۱/۳۸	۱/۴	۲۵/۳

سپس منحنی‌های رطوبتی هر خاک به طور جداگانه مطابق شکل‌های (۱) و (۲) رسم گردید.

با بررسی منحنی رطوبتی هر دو خاک مشاهده شد که با کاربرد مواد جاذب آب میزان درصد رطوبت حجمی هر دو خاک نسبت به شاهد در تمام دامنه‌های منحنی رطوبتی افزایش یافت البته این افزایش در یافت شنی لومی چشمگیرتر بود. از مطالعه کلی منحنی‌های رطوبتی خاک‌ها هم‌چنین نتیجه می‌شود که:

- در مکش‌های کم (صفر تا سه بار) مقدار قابل توجهی از رطوبت جذب شده توسط مواد جاذب آب آزاد می‌گردد. بنابراین بیشترین رطوبتی که در این مواد ذخیره می‌شود با تولید فشار اسمزی و مکش کم به وسیله گیاه قابل استفاده است.

- با توجه به این که مقدار قابل توجهی از رطوبت در مکش‌های کم آزاد می‌گردد، ولی مقایسه مقادیر رطوبتی باقی‌مانده در مکش‌های بالا (۳ تا ۱۵ بار) در هر دو خاک نشان داد که میزان آزادسازی رطوبت از مواد جاذب آب به خاک کاهش یافته است. با این وجود مقایسه میان میزان رطوبت این محدوده از مکش با شاهد نشان می‌دهد که اختلاف رطوبت باقی‌مانده نسبت به نمونه شاهد با افزودن مواد جاذب نیز قابل توجه است.

مطالعات عابدی کویایی و سهراب نیز نشان داد که اگرچه در مکش‌های پایین میزان قابل توجهی از رطوبت جذب شده توسط ابر-جاذبها آزاد می‌شود اما در مکش‌های بالا میزان آزادسازی رطوبت از مواد جاذب به خاک کاهش می‌یابد (۶).

تجزیه و تحلیل آماری

در هر بافت به طور جداگانه در هر مکش بین مواد جاذب آب با هم و با نمونه شاهد و همچنین بین دو بافت خاک اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد مشاهده شد.

۲- ۰/۱۵ گرم کود در ۱۰ گرم خاک (معادل ۱۵ گرم در کیلو گرم).
۳- ۰/۰۲ گرم سوپرجاذب در ۱۰ گرم خاک (معادل ۲ گرم در کیلوگرم).

هر تیمار شامل سه تکرار بود. سپس درصد وزنی رطوبت برای هر تیمار در هشت مکش (صفر، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۳، ۵ و ۱۵ بار) توسط دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد.

برای آماده‌سازی نمونه‌های تیمار شده برای قرار دادن در دستگاه صفحات فشاری به طریق زیر عمل شد:

از حلقه‌های فلزی مخصوص دستگاه صفحات فشاری استفاده شد و در انتهای هر حلقه یک کاغذ صافی قرار داده و با کش لاستیکی بسته شد (کاغذ برای جلوگیری از خروج ذرات ریز خاک به کار رفت). نمونه‌های تیمار شده ۱۰ گرمی در داخل این حلقه‌ها ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت با آب‌گذاری اشباع گردیدند. سپس نمونه‌های اشباع شده تحت مکش‌های مختلف قرار گرفتند. پس از توقف جریان آب خروجی از دستگاه صفحات فشاری که دال بر به تعادل رسیدن فشار وارده بود، نمونه‌ها از دستگاه خارج شده و بلافاصله توزین و سپس در آون در دمای ۱۰۵ درجه خشک گردیدند. سپس رطوبت وزنی نمونه‌ها تعیین گردید و درصد رطوبت حجمی از حاصلضرب وزن مخصوص ظاهری در رطوبت وزنی خاک محاسبه گردید.

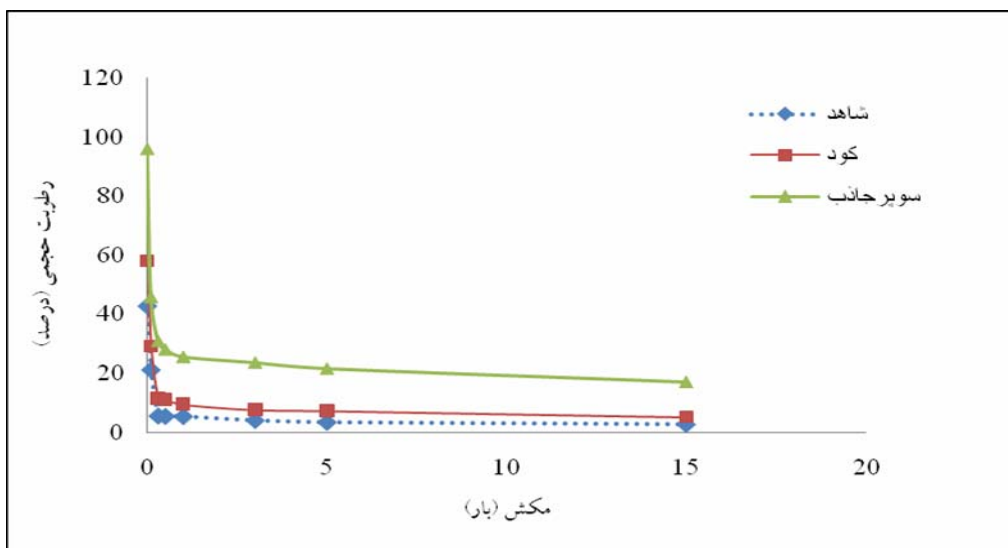
سپس با به‌دست آوردن رطوبت حجمی نمونه‌ها در مکش‌های مختلف، منحنی‌های رطوبتی برای تیمارهای مختلف برای هر خاک به طور جداگانه رسم گردید.

نتایج با نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با نرم‌افزار مذکور با آزمون LSD انجام شد.

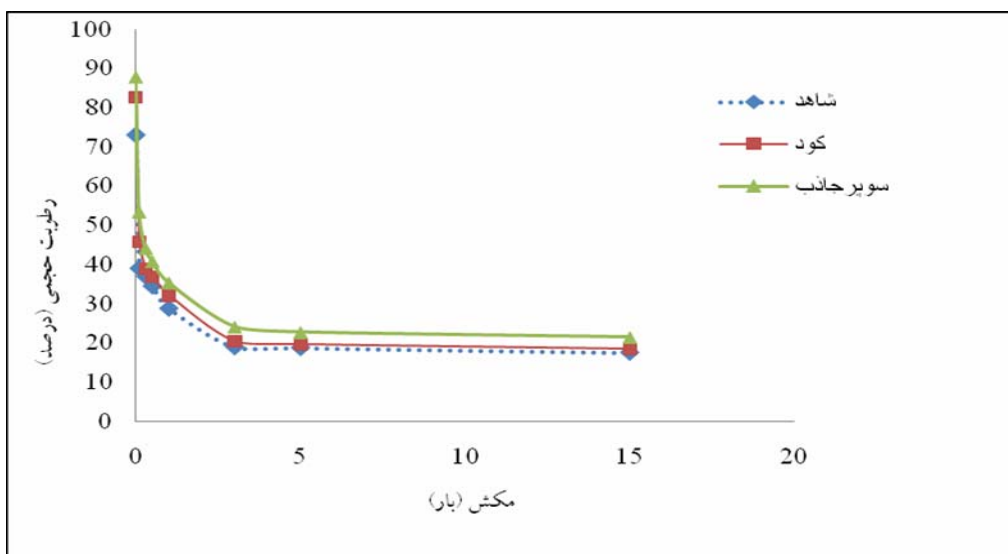
نتایج و بحث

منحنی‌های رطوبتی خاک‌ها

میزان رطوبت حجمی نمونه‌های خاک در تیمارهای مختلف برای هر دو بافت خاک محاسبه شد.



شکل ۱- منحنی‌های رطوبتی خاک شنی لومی در تیمارهای مختلف



شکل ۲- منحنی‌های رطوبتی خاک لومی رسی در تیمارهای مختلف

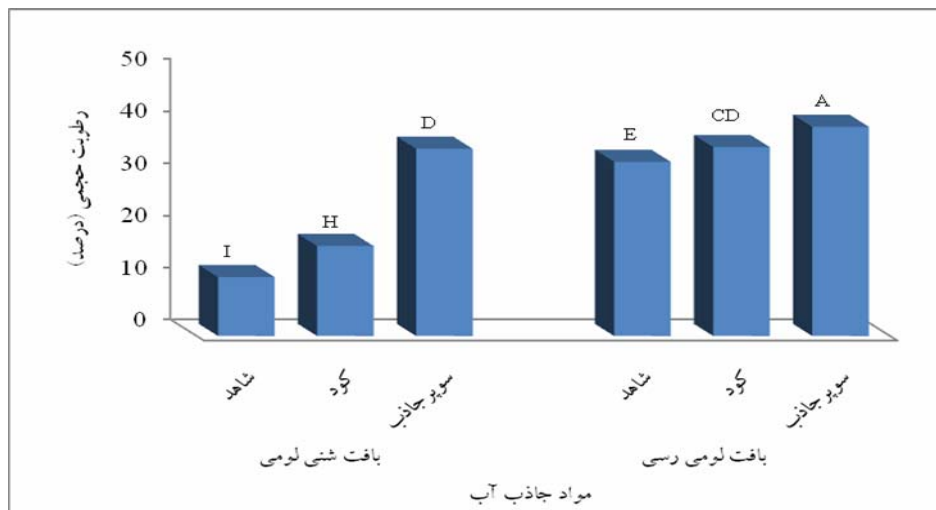
نگهداشت آب خاک بررسی کرده و مشاهده نمودند که اثر ماده جاذب مصنوعی به مراتب بیش از ماده جاذب طبیعی بود (۶ و ۷). در بافت شنی لومی اثر افزودن تیمارهای مختلف مواد جاذب آب به خاک بر افزایش درصد رطوبت حجمی خاک بسیار چشمگیر و قابل-توجه بود. مقدار درصد رطوبت حجمی خاک در مکش‌های مختلف نسبت به شاهد با کاربرد پلیمر سوپر جاذب ۳/۵ برابر گردید. این رقم برای کود پوسیده گاوی ۱/۶ برابر بود.

در بافت لومی رسی نیز درصد رطوبت حجمی خاک در هر مکش نسبت به شاهد با کاربرد پلیمر سوپر جاذب ۱/۳ برابر شد. این رقم برای کود پوسیده گاوی ۱/۱ برابر بود.

در مقایسه میانگین اثر متقابل بافت خاک و مواد جاذب آب مشاهده شد که هر دو نوع ماده جاذب (کود و سوپر جاذب) درصد رطوبت حجمی هر دو بافت خاک را نسبت به شاهد به طور معنی‌دار افزایش داده‌اند (شکل ۳).

همچنین مشاهده شد که پلیمر سوپر جاذب طراوت A200 نسبت به کود پوسیده گاوی تأثیر بیشتری در افزایش درصد رطوبت حجمی خاک داشته است.

عابدی کویابی و سهراب و غیور و همکاران اثر مواد جاذب آب طبیعی (کود) و مصنوعی (سوپر جاذب) را روی افزایش ظرفیت



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل بافت خاک و مواد جاذب آب بر درصد رطوبت حجمی خاک‌ها

جذب بیش از حد آب توسط پلیمر می‌باشد. بنابراین استفاده از کود به دلیل توانایی بسیار کم آن در جذب آب و ایجاد آلودگی در محیط توصیه نمی‌شود.

با توجه به نتایج حاصل از خاک‌های مورد آزمایش و با در نظر گرفتن این نکته که خاک‌های با بافت سنگین و نسبتاً سنگین از میزان ظرفیت نگهداری آب زیادی برخوردارند، افزودن سوپرجاذب به این گونه خاک‌ها تغییر چندانی در ظرفیت نگهداری رطوبت آن‌ها ایجاد نمی‌کند ولی خاک‌های سبک‌بافت به این دلیل که دارای خلل و فرج بسیار درشت و تخلخل تهویه‌ای بسیار بالایی هستند، میزان نگهداری رطوبت در این خاک‌ها بسیار کم بوده و آب به سرعت از دسترس گیاه خارج می‌شود. همین امر باعث شده تا این خاک‌ها به لحاظ زراعی نامناسب محسوب گردند. بنابراین استفاده از سوپرجاذب‌ها در بافت سبک این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان از این خاک‌ها برای کشت گیاهان زراعی و کارهای گلخانه‌ای به-خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک بهره گرفت.

نتایج میچيگان^۱ و سولرویرا و همکاران^۲ نشان داد که استفاده از مواد جاذب آب (طبیعی و مصنوعی) میزان ظرفیت نگهداشت آب خاک را به میزان ۲-۴ برابر در بافت لوم‌شنی، ۲-۱/۵ برابر در بافت لومی و ۱-۱/۵ برابر در بافت رسی افزایش داده‌اند و در هر بافت بیشترین افزایش مربوط به کاربرد ماده جاذب مصنوعی (سوپرجاذب) بود (۱۳ و ۱۴).

نتیجه‌گیری

با بررسی منحنی‌های رطوبتی هر دو خاک مشاهده شد که با افزودن مواد جاذب آب (طبیعی: کود پوسیده گاوی و مصنوعی: پلیمر سوپر جاذب طراوت A200) درصد رطوبت حجمی خاک نسبت به شاهد در تمام دامنه منحنی‌های رطوبتی در هر دو بافت شنی-لومی و لومی-رسی به طور معنی‌دار افزایش یافت اما این افزایش در بافت شنی لومی چشمگیرتر بود.

نتایج نشان داد که اثر پلیمر در افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک به مراتب بیش از کود است که دلیل آن خاصیت آبدوستی و

منابع

- ۱- ابراهیمی، س.، همایی، م. و ا. واشقانی‌فراهانی. ۱۳۸۶. تورم تناوبی پلیمرهای ابرجاذب در محیط متخلخل خاک. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۸، شماره ۴، صفحات ۱۸-۱.
- ۲- اعوانی، ع. ۱۳۸۷. معرفی سوپرجاذب. شرکت آتیه انرژی تلاش، تهران. صفحه ۴-۱.
- ۳- الهدادی، ا.، مؤذن‌قمصری، ب. و غ. ع. اکبری. ۱۳۸۵. بررسی کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب به عنوان راهکاری مهم در کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، تهران. صفحات: ۱۷۳-۱۵۳.

- ۴- حیدری، م. ۱۳۸۷. تعریف کود و انواع آن. سازمان نظام مهندسی کشاورزی. نهاده‌های کشاورزی. صفحات ۳-۱.
- ۵- سیددراجی، س.، گلچین، ا. و ش. احمدی. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپرجاذب (SuperabA200) و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی. نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۲، صفحات ۳۱۶ - ۳۰۶.
- ۶- عابدی کوپایی، ج. و ف. سهراب. ۱۳۸۳. ارزیابی اثر کاربرد پلیمرهای ابرجاذب بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع بافت خاک. مجله علمی- پژوهشی علوم و تکنولوژی پلیمر، سال هفدهم، شماره ۳، صفحات ۱۷۳ - ۱۶۳.
- ۷- غیور، ف.، اسکندری، ذ. و ا. ج. شعریاف. ۱۳۸۴. بررسی و مقایسه چند ماده جاذب رطوبت بر قدرت نگهداری و پتانسیل آب در خاک. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. تهران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- ۸- کبیری، ک. ۱۳۸۱. هیدروژل‌های سوپرجاذب آکریلی. دومین دوره تخصصی - آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.
- ۹- نجفی‌پور، ف. ۱۳۸۶. حاصلخیزی خاک‌های زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- 10- Eubeler, J. P., Bernhard, M. and T. P. knepper. 2010. Environmental biodegradation of synthetic polymers. II. Biodegradation of Different Polymer Groups. Trends in Analytical Chemistry, 29 (1) : 84 – 98.
- 11- Jhurry, D. 1997. Agricultural polymers. Food and Agricultural Research Council: 109 – 113.
- 12- Kiatkamjornwong, S. 2007. Superabsorbent polymer and superabsorbent polymer composites. Journal of Scienceasia, 33 (1) : 39 – 43.
- 13- Michigan, J. 2006. Hydrogel polymer effects on available water capacity and percolation of sandy soils at Al – Hassa, Saudi Arabia. CSBE/SCGAB Annual conference.
- 14- Soler – Rovira, J., Usano – Martines, M. C., Fuentes – Prieto, I., Arroyo – Sanz, J. M. and F. G. Onzalez – Torres. 2006. Retention and availability of water of different soils amended with superabsorbent hydrogels. Department of Agronomy Escuela Universitaria de Ingenieria Tecnica Agricola Universidad Politecnica, de Madrid Spain.
- 15- Swift, G. 1998. Requirements for biodegradable water – soluble polymers. Polymer Degradation and Stability, 59 : 19 – 24.
- 16- Xiahua, Q., Mingzhu, L., Zhenbin, C. and Z. Fen. 2008. Study on the swelling kinetics of superabsorbent using open, circuit potential measurement. European Polymer Journal, 44 : 743 – 754 .