استفاده از پلیمر فرا جاذب آب PR 3005 A جهت موفقیت برنامه های آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک

ناصر گنجی خرم دل - فاطمه کیخایی

گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

چکیده

پلیمرهای فرا جاذب آب (Water Superabsorbent) می توانند مقادیر زیادی آب یا محلول آبی را جذب نموده و متورم شوند. این مخازن ذخیره ای کوچک وقتی که در داخل خاک قرار می گیرند، آب حاصل از آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرو نشت آن جلوگیری می نماید. پس از عمل جذب و در اثر خشک شدن محیط آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه می گردد و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می ماند. بررسی خواص پلیمرهای فرا جاذب آب در شرایط مشابه درون خاک مطمئن ترین روش برای درک و پیش بینی رفتار آنها در سیستمهای واقعی آب، خاک و گیاه می باشد.

یکی از این پلیمرهای فرا جاذب آب ماده مصنوعی PR3005A (بلور آب) می باشد که می توان از آن به منظور بهبود شرایط فیزیکی خاک استفاده نمود. در مرحله اول این تحقیق ابتدا منحنی رطوبتی پلیمر و همچنین میزان تورم آن در مجاورت آب آبیاری و عصاره اشباع خاکهای مورد نظر بدست آمد. در بخش دوم پارامترهای ظرفیت نگهداری آب در خاک، تخلخل و ضریب آبگذری در دو نوع خاک با بافتهای لوم و لوم شنی مورد مطالعه قرار گرفت و در مرحله پایانی تغییرات رطوبت خاک با زمان و تاثیر پلیمر فرا جاذب آب بر روی خاکهای مورد آزمون ارزیابی گردید.

نتایج نشان داد که ماده مورد نظر در این تحقیق می تواند میزان نگهداری رطوبت در خاکهای سبک را افزایش داده و همچنین مشکل نفوذ پذیری خاکهای سنگین را مرتفع نماید و به طور کلی با بهبود شرایط فیزیکی خاک مانع از تنشهای رطوبتی و نهایتا باعث موفقیت برنامه های آبیاری در

Archive of SID

www.SID.ir

مناطق خشک و نیمه خشک گردد. از سوی دیگر، قیمت بالای این مواد مصرف انها را در کشت گیاهان زراعی از نظر اقتصادی غیر قابل توجیه نموده و تنها می تواند برای مصرف در کنار درختان در مناطق کم آب که آبیاری آنها هزینه سنگینی را در بر دارد و یا همراه با گیاهان گرانقیمت گلخانه ای مورد توصیه قرار گیرد.

مقدمه

آب عنصری حیاتی است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه خشک گسترش کشت در اراضی مستعد را با محدودیت مواجه می سازد. طبق آمار موجود بیش از ۹۵ درصد از آبی که در کشور مصرف می شود در بخش کشاورزی مورد استفاده قرارمی گیرد در نتیجه بیشترین حجم تلفات آب نیز در این بخش رخ می دهد (بی نام، ۱۳۸۲).

محدودیت منابع آب کشور ضرورت صرفه جویی در مصرف آب را روشن می سازد. اعمال مدیریت صحیح و بکارگیری تکنیکهای پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک از جمله اقدامات موثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب کشور می باشد. دستیابی به اهداف فوق الذکر (حفظ ذخیره رطوبتی، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و ...) با انجام اقداماتی نظیر استفاده از کود سبز و آلی، مالچ گیاهی و مصنوعی، ایجاد پوشش گیاهی و یا استفاده از مواد اصلاح کننده نظیر تورب، پرلیت و پلیمرها میسر می باشد.

با توجه به اینکه خاکهای سبک توانایی ذخیره و نگهداری رطوبت کمی را دارند و خاکهای سنگین میزان رطوبت بالایی را در خود نگهداری می کنند اما مقدار رطوبت قابل استفاده گیاه در حد فاصل بین ظرفیت زراعی (F.C) نقطه پژمردگی دائم (P.W.P) نسبتا کم می باشد، با افزودن این ماده به خاک علاوه بر اینکه ظرفیت نگهداری خاک افزایش می یابد نفوذ پذیری آب نیز در خاکهای سنگین اصلاح شده و از میزان تبخیر آب در خاک کاسته می شود و در نهایت کارایی مصرف آب آبیاری افزایش یافته و در مصرف آب صرفه جویی می گردد.

با توجه به تولید و عرضه مواد جاذب رطوبت به عنوان اصلاح کننده خاک و اینکه این مواد می توانند موجب جذب رطوبت ناشی از بارشهای ناچیز در مناطق خشک و نگهداشت آنها در خاک شده و از این طریق مانع از تنشهای رطوبتی و عدم موفقیت برنامه های آبیاری در اینگونه مناطق

Archive of SID

www.SID.ir

شوند لازم است پژوهشهایی از جنبه های مختلف شامل مقدار مواد افزوده، روش استفاده، میزان موفقیت و شدت تاثیر و پیامدهای مثبت و منفی ناشی از استفاده مواد جاذب رطوبت به عمل آید.

بدیهی است به دستیابی به موارد ذکر شده افزون بر امکان استفاده بهینه از آبهای موجود و افزایش درصد موفقیت برنامه های آبیاری و بهبود شرایط زیست محیطی می توان گام اساسی در کاهش هزینه های آبیاری افزایش تولید برداشت. استفاده از مواد جاذب رطوبت به عنوان مواد افزوده به خاک در ایران دارای سابقه چندانی نمی باشد.

از بین پژوهش های انجام شده به صورت آزمایشگاهی تا قبل از این تحقیق، منسجم ترین آنها پروژه تحقیقاتی انجام شده در گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران است. کریمی در پایان نامه خود بر روی تخلخل، ظرفیت نگهداری رطوبت ، آبگذری و همچنین تأثیر آن در رشد و نمو نباتات سویا و آفتابگردان کار کرده و به این نتیجه رسیده است که افزودن ماده اصلاحی ایگیتا به خاک باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک می گردد و به طور غیر مستقیم در رشد و نمو گیاهان موثر می باشد (کریمی، ۱۳۷۲). در پژوهشی دیگر که در دانشکده شیمی دانشگاه تربیت مدرس انجام پذیرفت، در بخشی از تحقیق رفتار تورمی پلیمر PR 3005 A به طور کامل مورد بررسی قرار گرفت. به این ترتیب که یونهای موجود در خاکهای نمونه شناسایی و اثرات آنها بعلاوه اثر PH و شوری خاک بر درجه تورم پلیمر بررسی گردید (نادری، ۱۳۷۵).

تنها پروژه تحقیقاتی که استفاده از پلیمر فرا جاذب آب را به طور صحرایی و با کاربرد گیاه مورد استفاده قرار داده است، توسط کیخایی در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام پذیرفت. محقق در کار خود با استفاده از ماده مصنوعی PR 3005 A شرایط فیزیکی خاک را بهبود بخشیده و اثر این ماده را بر خصوصیات رشد و نمو گیاه دارویی کتان روغنی بررسی نموده است، همچنین با ایجاد تنش آبی و بررسی نتایج، استفاده از آن راجهت صرفه جویی آب و بالا بردن بازده مصرف توصیه نموده و در پایان نتیجه گیری کرده است که کاربرد مقادیر توصیه شده از پلیمر فرا جاذب آب می تواند تا حد زیادی مشکل نگهداری رطوبت خاکهای سبک را مرتفع نماید (کیخایی، ۱۳۸۰).

استفاده از مواد فرا جاذب آب در دیگر کشورهای جهان از جمله آلمان، آمریکا و استرالیا دارای دیرینه زیاد است. سابقه تحقیق در این مورد به سالهای ۱۹۶۰ باز می گردد. با توجه به اینکه این مواد فرا جاذب آب بر اساس شرایط اقلیمی کشورهای سازنده ساخته می شوند و به بازارهای ایران نیز را پیدا نموده اند لازم است که پژوهشهایی بر روی این مواد در داخل کشور انجام پذیرد (بی نام، ۱۳۷۷).

Archive of SID

www.SID.ir

پلیمر مورد بررسی در این تحقیق[۱] به صورت پودر سفید است و اندازه آن از سه میلیمتر تا چند میکرون می باشد و این اندازه بستگی به درجه پلیمر دارد (نوع A، B و C) و در صورت تماس با آب هیدراته گشته و به صورت یک ژله نگهدارنده آب در می آید. با این حال تمامی ذرات به صورت مجزا باقی مانده و می توانند تا چند صد برابر وزن خود آب را در خود ذخیره نمایند. آب جذب شده توسط پلیمر می تواند به وسیله عمل تبخیر و یا توسط ریشه های گیاه جذب و به حرکت در آید. ذرات پلیمر در طی عمل آبدهی به حالت اول خود بر می گردند و عملیات آبدهی و آبگیری می تواند مرتبا تکرار شود سازنده این مواد، مدت دوام آن را ۵ سال ذکر نموده است (Anonymous, 1994).

در این تحقیق سعی بر آن شد که با افزودن مقادیر پلیمر فرا جاذب آب به خاکهایی که هر کدام به نحوی دارای مشکلاتی از نظر زراعی می باشند مسایل مربوط به آنها را تعدیل نموده و در نهایت نتیجه شود که کاربرد این ماده تا چه اندازه در بهبود شرایط فیزیکی خاک موثر است.

مواد و روشهای مورد استفاده

در این مطالعه از دو نوع خاک که به ترتیب دارای بافت لومی[۲] و لوم شنی[۳] می باشند (در صورت تمایل به آشنایی با چگونگی تعیین بافت و تجزیه مکانیکی کامل خاکها به مرجع شماره ۵ مراجعه نمایید).

نمونه هایی از عمق ۲۰ – ۰ سانتیمتری تهیه کرده و برای اجرای آزمایشات مورد نظر به آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب تهران منتقل نمودیم، نمونه های خاک را بعد از خشک کردن در هوای آزاد و کوبیدن، از الک دو میلیمتری عبور داده و سپس آزمایش طی سه مرحله زیر انجام گردید.

۱- پلیمر از خانواده پلی اکریل آمید و نام تجاری PR 3005 A ساخت شرکت SNF فرانسه که اخیرا در ایران توسط پژوهشگاه پلیمر ایران ساخته و به تولید انبوه رسیده است.

2- Loam
3- Sandy Loam

Archive of SID

www.SID.ir

مرحله اول آزمایش

در این مرحله از تحقیق، تاثیر میزان مصرف ماده فرا جاذب آب (۰/۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی) بر روی انواع تخلخل، ظرفیت نگهداری رطوبت و ضریب آبگذری خاکهای مورد آزمون تحت بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی اثرات این ماده بر روی خصوصیات فیزیکی فوق الذکر آزمایش در طرح آماری فاکتوریل ۵ × ۲ در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و جمعاً در ۳۰ گلدان انجام گردید. برای مقایسه میانگین تیمارها از روش آماری دانکن و برای بررسی اثرات اصلی و متقابل خاک و پلیمر از روش آماری اسپلیت پلات استفاده گردید.

در این تحقیق از گلدانهای پلاستیکی به رنگ تیره با قطر دهانه ۲۴ و قطر کف ۱۸ سانتیمتر استفاده گردید. ابتدا در کف هر گلدان تعدادی منفذ ایجاد کرده و سپس به ارتفاع ۲ سانتیمتر شن درشت (با قطر ۲ تا ۵ میلیمتر) به منظور زهکشی و جلوگیری از خروج خاک در کف هر گلدان ریخته شد و سطح آن صاف گردید. سپس ۶/۱ کیلوگرم خاک با مقادیر مختلف ماده فرا جاذب آب به نسبتهای ۰/۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳درصد وزنی به خوبی مخلوط و در گلدان ریخته شد. در شروع آزمایش گلدانها تا حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. سپس هر هفت روز یکبار گلدانها را وزن کرده و با محاسبه میزان آب تبخیر شده مجددا گلدانها تا به حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. این روش تا ۲ ماه ادامه یافت و در آخرین نوبت آبیاری، رطوبت گلدانها به حد ظرفیت زراعی رسانده شد. سپس گلدانها به آزمایشگاه منتقل شده و تخلخل، ظرفیت نگهداری رطوبت و ضریبآبگذری آنها اندازه گیری گردید.

مرحله دوم آزمایش

به منظور بررسی تغییرات رطوبت خاک با زمان و تاثیر ماده جاذب رطوبت بر روی خاکهای مورد آزمون از گلدانهای پلاستیکی استوانه ای شکل به رنگ تیره با قطر دهانه ۱۰ سانتیمتر استفاده گردید .تعداد ۱۰ عدد گلدان را (طبق روش مرحله اول) آماده کرده و ۵ عدد از آنها به بافت لومی و ۵ عدد باقیمانده به خاک دارای بافت لوم شنی اختصاص یافت . سپس مقدار ۱/۵ کیلوگرم خاک را با مقادیر مختلف ماده فرا جاذب آب به نسبتهای ۰/۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی به خوبی مخلوط و در گلدان ریخته شد.

ابتدا گلدانها را تا حد اشباع آبیاری نموده به طوری که آب اضافی از ته گلدان زهکشی گردید. سپس روزانه در ساعات مشخص گلدانها را با ترازوی دقیق توزین کرده و نتایج ثبت شد. این کار تا

Archive of SID

www.SID.ir

آنجا ادامه یافت که بین قرائتها تفاوت محسوسی مشاهده نگردید . با توجه به مشخص بودن وزن خالص خاک، گلدان، میزان پلیمر مصرفی و فیلتر بکار برده شده، درصد وزنی رطوبت را بدست آورده و منحنی تغییرات رطوبت با زمان رسم گردید.

مرحله سوم آزمایش

برای مقایسه قابلیت جذب آب پلیمر در برابر آب مقطر، آب شهری (آب تهران)، آب آبیاری و عصاره خاک، پلیمر را با وزنهای گوناگون (۰/۰۱ تا ۰/۰۵ گرم) در ۱۵۰ میلی لیتر از محلولهای مذکور به مدت دو روز قرار داده و مجددا ژلهای متورم شده توزین گردیدند. سپس با استفاده از نسبت بین وزن اولیه پلیمر قبل از تورم به وزن پلیمر متورم شده درجه تورم پلیمر محاسبه گردید (گنجی خرم دل، ۱۳۷۸).

نتایج و پیشنهادات

نتایج حاصل از این تحقیق را می توان بر حسب مراحل آزمایش در چند بخش به شرح ذیل جمع بندی نمود.

۱- پلیمر مورد بررسی در نگهداری رطوبت در خاک نقش مهمی دارد، زیرا زمانی که به خاک اضافه می شود تغییراتی را در توزیع سه فاز جامد، مایع و گاز خاک ایجاد می کند. بنحوی که پس از اضافه شدن آب به خاک درصد بخش گازی کاهش و درصد بخش مایع افزایش می یابد.

۲- پلیمر فرا جاذب آب باعث تغییراتی در میزان و انواع تخلخل خاکها می گردد، به طوری که هر چه مقدار پلیمر مصرفی افزایش یابد، میزان انواع تخلخل خاک نیز افزایش می یابد. با توجه به تجزیه و تحلیلهای آماری ملاحظه گردید که در خاک لومی درصد های مختلف، روی افزایش تخلخل کل خاک چندان موثر نبوده اند، اما بیشترین تاثیر را مقدار ۰/۳ درصد وزنی از پلیمر مصرفی اعمال نموده است . در خاک لوم شنی مقادیر ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی از پلیمر مصرفی بیشترین تاثیر را بر روی افزایش تخلخل کل خاک اعمال نموده اند و همچنین از نتایج مشاهده گردید که افزودن پلیمر فرا جاذب آب به خاک لوم شنی در مجموع تخلخل مویین را بیشتر افزایش داده و پلیمر جاذب آب توانایی بیشتری در جذب و نگهداری رطوبت در این خاک دارد (اشکال ۱ و ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

۳- با افزایش مقادیر پلیمر مصرفی ظرفیت نگهداری رطوبت خاکهای مورد آزمون نیز افزایش می یابد اما این افزایش در خاک لوم شنی چشمگیر تر می باشد به طوری که درصد وزنی رطوبت در حد ظرفیت زراعی و در خاک لومی (با مصرف ۰/۳ درصد وزنی از پلیمر) ۴/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داده است در صورتی که در خاک لوم شنی این مقدار افزایش ۷/۲۴ درصد بوده است. همچنین میزان آب قابل استفاده نیز در خاک لومی ۴/۱۷ درصد و در خاک لوم شنی ۵/۴۴ درصد افزایش نشان داده است (اشکال ۳، ۴ و ۵).

لازم به ذکر است که برای شناخت بیشتر پلیمر مورد استفاده و بررسی عملکرد آن تحت فشارهای مختلف منحنی رطوبتی پلیمر (در مجاورت آب آبیاری و آب مقطر) رسم گردید. با توجه به نتایج مشاهده گردید که در فشار صفر، اختلاف شدیدی بین درصد حجمی رطوبت دو منحنی رطوبتی وجود دارد، اما به تدریج با اعمال فشار این اختلاف کمتر می شود به طوری که در فشارهای بالا آب آبیاری و آب مقطر از نظر میزان حفظ رطوبت تقریبا یکسان عمل می نمایند (شکل ۶).

۴- با افزایش میزان بکارگیری پلیمر ضریب آبگذری خاکهای مورد آزمون افزایش می یابد. با توجه به اینکه در خاکهای با بافت متوسط نیاز است که میزان آبگذری خاک به حد مطلوبی برسد با توجه به نتایج آماری و جنبه های اقتصادی میزان ۰/۰۵ تا ۰/۱ درصد وزنی از پلیمر قابل توصیه است (شکل ۷).

۵- نتایج حاصل از بررسی تغییرات رطوبت خاک با زمان در خاکهای مورد آزمون نشان داده است که با گذشت زمان قابلیت حفظ رطوبت در خاک لوم شنی بیشتر از خاک لومی می باشد. بنابراین از این طریق می توان ضعف قدرت نگهداری آب در خاکهای سبک را بهبود بخشید (اشکال ۸ و ۹).

۶- نتایج حاصل از بررسی میزان قابلیت جذب آب پلیمر نشان داد که وجود یونهای محلول در آب خاک به شدت درجه تورم پلیمر را کاهش می دهد. به طوری که میزان تورم در خاک لومی که دارای آنیونها و کاتیونهای بیشتری است، بسیار کمتر از میزان تورم در خاک لوم شنی است. همچنین ملاحظه می شود که حداکثر تورم در آب مقطر رخ می دهد و هر چه املاح محلول در آب افزایش می یابد، این مقدار تورم کاهش می یابد. بنابراین توصیه می شود که به منظور اعمال مدیریت صحیحتر در موقع انتخاب پلیمر مصرفی، کیفیت آب آبیاری و همچنین خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده، حتما در نظر گرفته شود (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

۷- همانطور که در بخشهای قبلی عنوان گردید، اعمال مدیریت صحیح و بکار گیری تکنیکهای پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک از جمله اقدامات موثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب کشور می باشد . استفاده از پلیمرهای فرا جاذب آب یک روش نوین به منظور دستیابی به اهداف فوق الذکر (حفظ ذخیره رطوبتی، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و ...) می باشد.

اما نکته مهمی که باید در مصرف آنها مد نظر داشت صرفه اقتصادی آن می باشد. اگر چه نمونه ای از این ماده به تازگی در داخل کشور توسط پژوهشگاه پلیمر ایران ساخته شده لیکن هنوز بهای هر کیلوگرم آن قابل توجه می باشد. با توجه به بندهای ۲، ۳ و ۴ می توان دریافت که عمده ترین نقشی که پلیمر ایفا می نماید، افزایش دوره زمانی است که طی آن خاک، آب قابل مصرف خود را از دست می دهد و به این ترتیب دور آبیاری به میزان قابل توجهی (تا ۲ برابر) قابل افزایش است. در نتیجه مصرف پلیمر در شرایط فعلی که از قیمت بالایی برخوردار است در صورتی اقتصادی خواهد بود که تامین آب در محل کشت گیاه مورد نظر، قیمت تمام شده بالایی داشته باشد تنها در این صورت از آنجا که مصرف پلیمر می تواند دوره آبیاری را تا نزیک به ۲ برابر افزایش دهد، می توان انتظار داشت که هزینه های آبیاری به نصف کاهش یابد و مصرف آن را از نظر اقتصادی توجیه نماید.

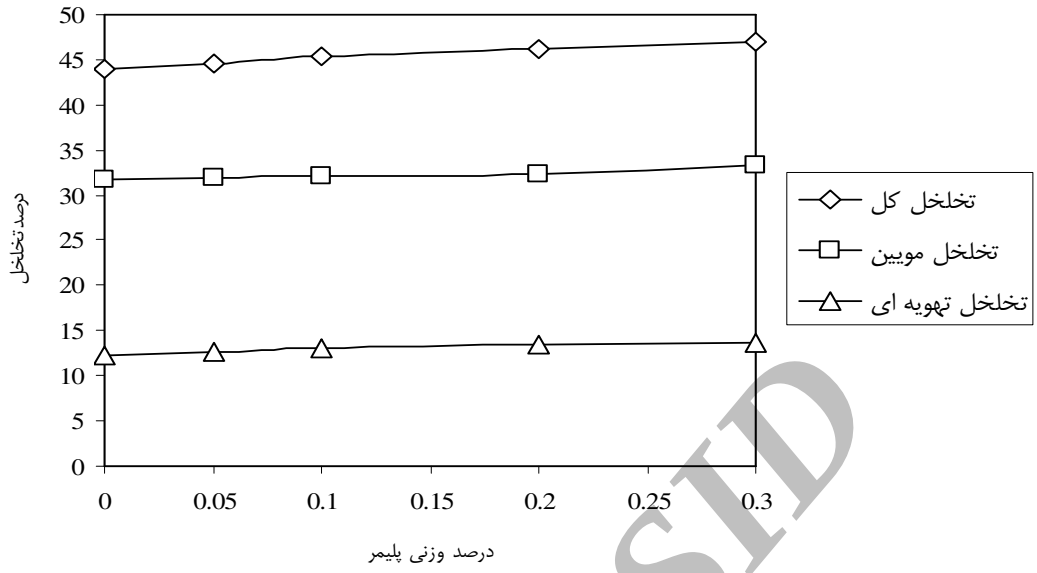
جدول ۱ – نسبت تورم پلیمر در محلولهای مختلف (گرم بر گرم)

	آب مقطر	آب شهر (آب تهران)	آب آبیاری	عصاره خاک یک	عصاره خاک دو
پلیمر PR 3005 A	۲۹۰	۱۶۰	۹۰	۲۶	۴۴

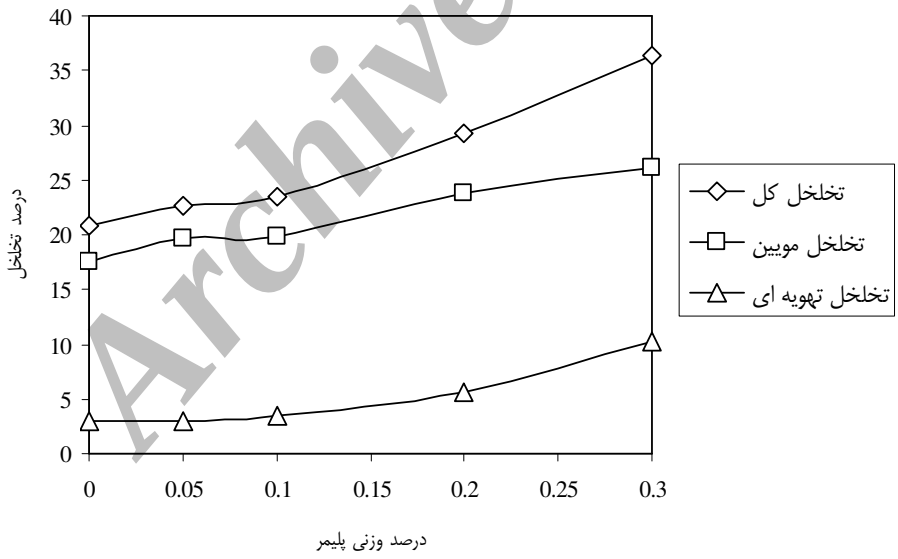
- مجموع کاتیونها و آنیونهای خاک یک (لومی) = ۸۲/۲ میلی اکی والان در لیتر
- مجموع کاتیونها و آنیونهای خاک دو (لوم شنی) = ۳۹/۷ میلی اکی والان در لیتر
- EC آب آبیاری = ۱۲۸۴ میلی موس بر سانتیمتر

Archive of SID

www.SID.ir

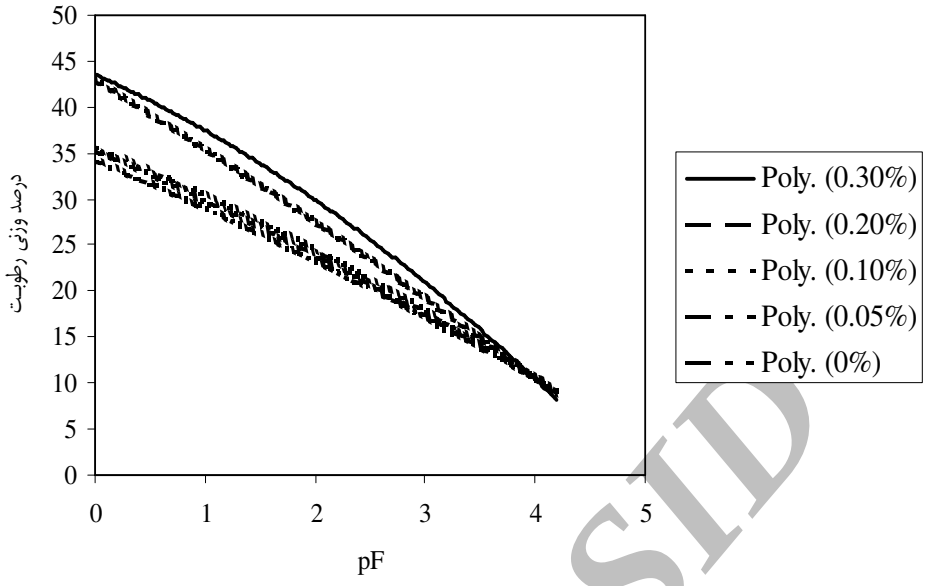


شکل 1 – تغییرات انواع تخلخل در خاک لومی با درصد های مختلف پلیمر

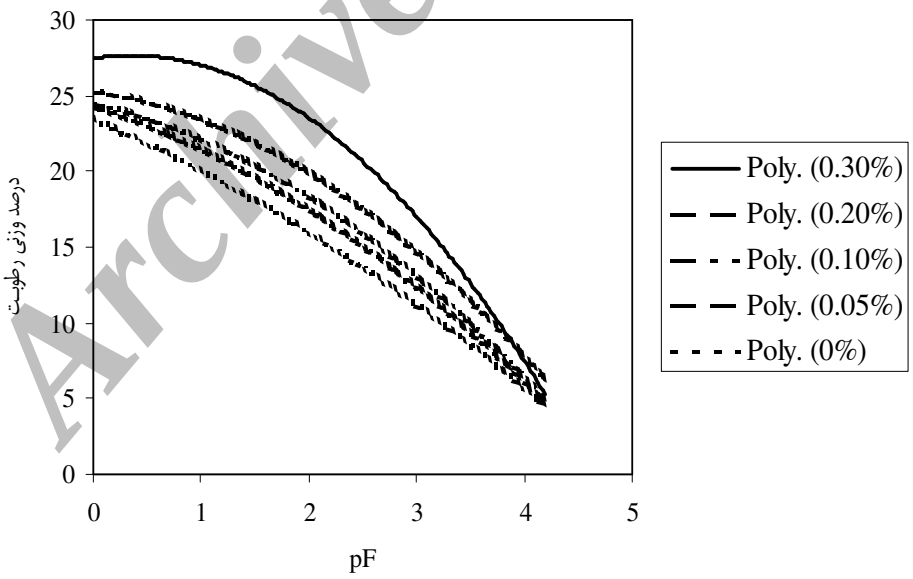


شکل 2 – تغییرات انواع تخلخل در خاک لوم شنی با درصدهای مختلف پلیمر

Archive of SID
www.SID.ir



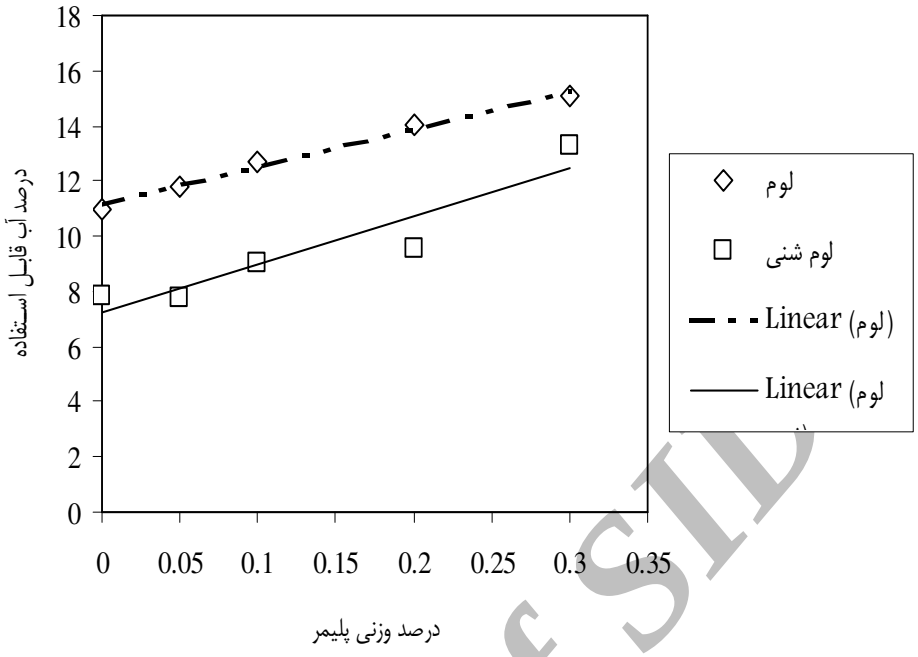
شکل 3 – منحنی های مشخصه رطوبتی خاک لومی با درصدهای مختلف پلیمر



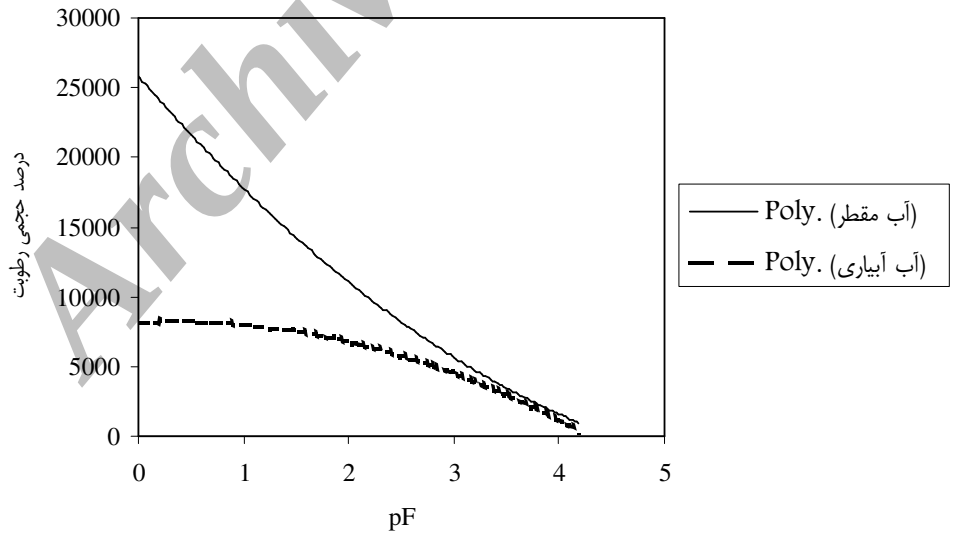
شکل 4 – منحنی های مشخصه رطوبتی خاک لوم شنی با درصدهای مختلف پلیمر

Archive of SID

www.SID.ir

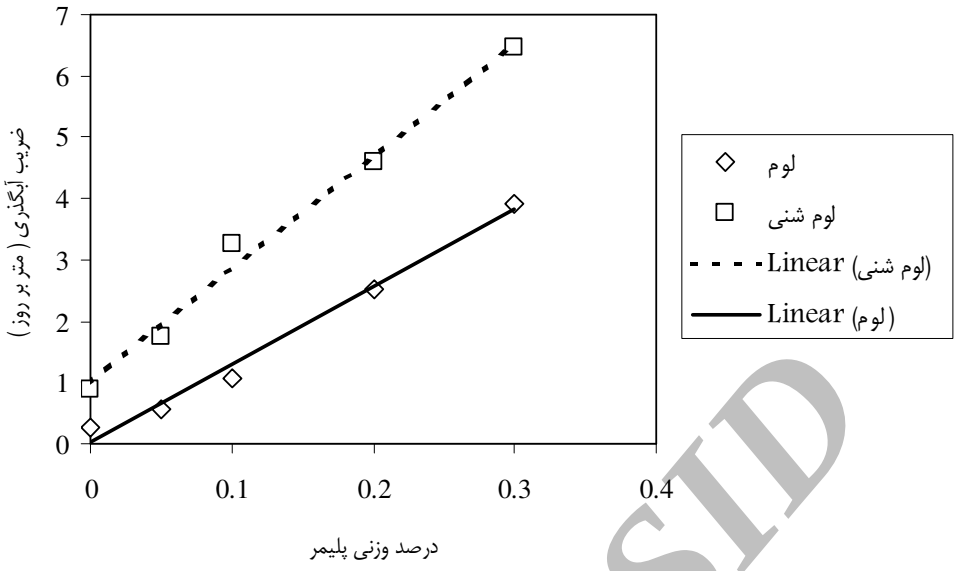


شکل 5 - تغییرات میزان آب قابل استفاده با درصدهای مختلف پلیمر

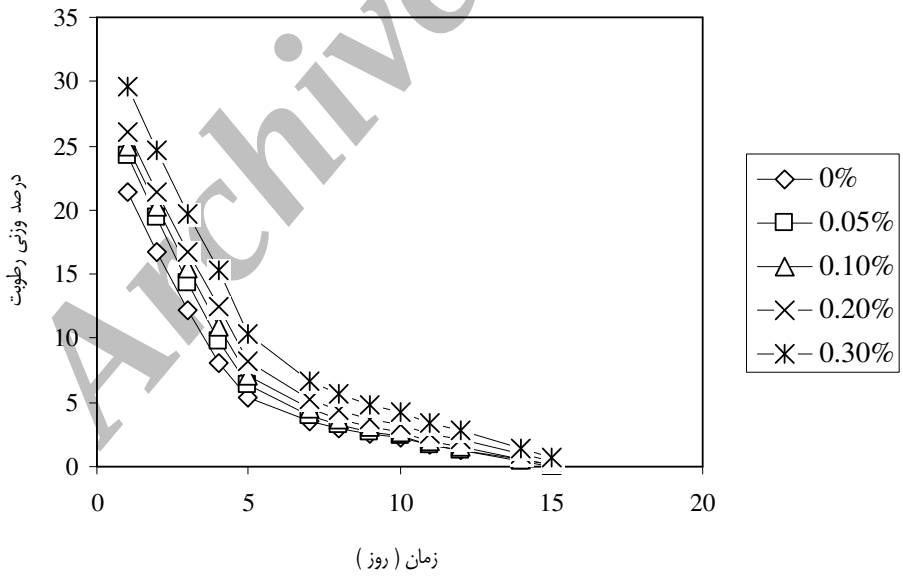


شکل 6 - منحنی مشخصه رطوبتی پلیمر فرا جاذب آب IR3005

Archive of SID
www.SID.ir



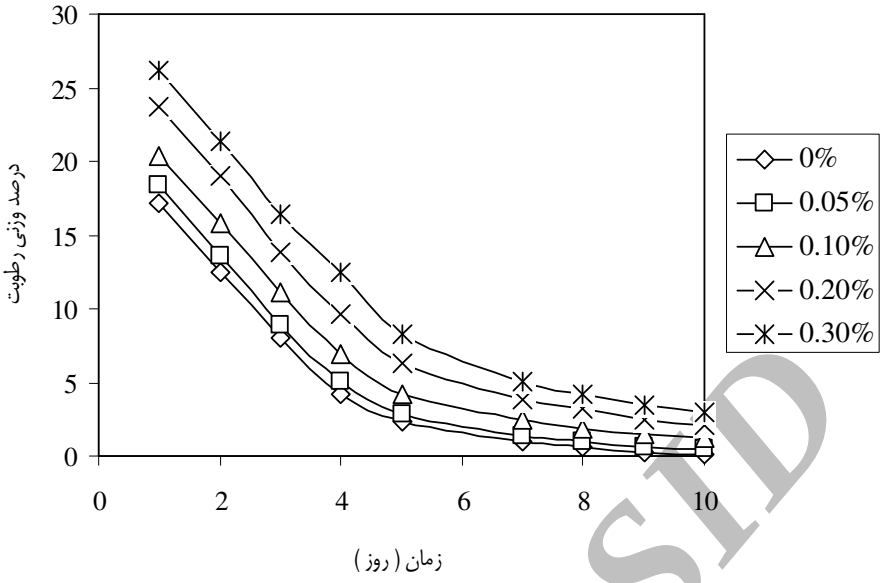
شکل 7 - تغییرات ضرایب آبگذری با درصدهای مختلف پلیمر



شکل 8 - تغییرات رطوبت خاک و زمان خاک لومی در تیمارهای مختلف

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 9 - تغییرات رطوبت خاک و زمان خاک لوم شنی در تیمارهای مختلف

منابع و مراجع

۱- بی نام. ۱۳۷۷. عناوین پیشنهادی وزارت جهاد سازندگی برای پایان نامه های کارشناسی ارشد و دکتری. انتشارات معاونت آموزش و تحقیقات وزارت جهاد سازندگی.

۲- بی نام. ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۳- کیمی، ا. ۱۳۷۲. بررسی تاثیر ماده اصلاحیه ایگیتا بر روی برخی از خصوصیات فیزیکی خاک و رشد گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.

۴- کیخایی، ف. ۱۳۸۰. بررسی اثر پلیمر جاذب رطوبت PR3005A بر میزان آب مصرفی و برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه کتان روغنی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.

۵- گنجی خرم دل، ن. ۱۳۷۸. تاثیر پلیمر جاذب رطوبت PR3005A بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.

۶- نادری، ف. ۱۳۷۵. بررسی رفتار تورمی هیدروژلها در محیط متخلخل. پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی دانشکده فنی و مهندسی. دانشگاه تربیت مدرس.

7- Anonymous. 1994. Soil conditioners (Aquasorb and Flobond). SNF Floerger. .WWW.tramfloc.com

Archive of SID
www.SID.ir