

تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب بر میزان نگهداشت رطوبت در مکش‌های مختلف دو خاک با بافت متفاوت

• حمید رمضانی‌فر

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

• نجمه یزدان‌پناه

استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۹۲

Email: nyazdanpanah@gmail.com

چکیده

یکی از راهکارهای مقابله با کمبود منابع آب و بحران خشکسالی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب رطوبت است. تحقیق حاضر به بررسی تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب بر رفتار رطوبتی دو خاک با بافت مختلف می‌پردازد. به این منظور، آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: دو نوع پلیمر جاذب رطوبت (تراوات و استاکوزرب)، هر یک در پنج سطح (صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک) و دو خاک با بافت مختلف (شنی لوم و لوم شنی) بود. پس از اعمال تیمارها، میزان رطوبت در ۷ مکش شامل: صفر (اشباع)، ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ بار اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در همه مکش‌ها، نوع سوپر جاذب، سطح مصرف و همچنین بافت خاک تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان نگهداشت رطوبت دارد. کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب در خاک شنی لوم نسبت به خاک لوم شنی افزایش بیشتر نگهداشت رطوبت را به دنبال داشت. همچنین در تمام مکش‌ها با افزایش سطح مصرف پلیمر، میزان نگهداشت رطوبت نسبت به تیمار شاهد، افزایش یافت. از طرفی، بیشترین میزان افزایش نگهداشت رطوبت، در دامنه مکش ۰/۳ تا ۰/۵ بار مشاهده شد. در خاک شنی لوم، مصرف بیشترین سطح تراوات و استاکوزرب باعث افزایش رطوبت به ترتیب بین ۱۸۲/۴ تا ۱۹۷/۷ و ۱۵۶/۴ تا ۱۶۶/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید در حالی که، این مقادیر برای خاک لوم شنی، به ترتیب بین ۴۷/۸۴ تا ۵۴/۷۱ و ۳۶/۲۴ تا ۳۷/۸۲ درصد بدست آمد. این نتیجه دلالت بر کارایی بیشتر تراوات نسبت به استاکوزرب به خصوص در خاک شنی لوم دارد. نتایج همچنین حاکی از این بود که با افزایش سطح مصرف سوپر جاذب، درصد منافذ در دامنه اندازه بین ۶۰ تا ۱۰۰ میکرون افزایش بیشتری نسبت به سایر منافذ می‌یابد.

کلمات کلیدی: منحنی مشخصه رطوبتی، پلیمر جاذب رطوبت، تراوات، استاکوزرب.

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 104 pp: 177-186

Effect of superabsorbent polymers on moisture retention of two contrasting soils at different suctions

By: H. Ramazanifar, MSc. Student, Dep. of Water Eng., Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran
Najme Yazdanpanah, Assistant Prof. Dep. of Water Eng., Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran
(Corresponding Author).

One of the strategies to combat water resources deficiency and drought crisis, especially in arid and semiarid region is superabsorbents application. This study investigates the influence of some polymers on moisture behavior of two different soils. For this purpose, the experiments were carried out as factorial based on complete randomized design, with three replications. The treatments were included of two types of polymer (Tarawat and Stockosorb), each in five levels (0, 2, 4, 6 and 8 g/kg soil), and two soil textures (loamy sand and sandy loam). After treatment preparation, soil moisture content was measured at 7 suctions of 0, 0.3, 0.5, 1, 5, 10 and 15 bars. The results showed that for all suctions, the type of polymer, level and soil texture had significant influence ($P < 0.01$) on moisture retention. Application of polymers in the loamy sand soil led to higher moisture content than the sandy loam soil. Also for all suctions, increasing polymer level, moisture retention enhanced compared with the control. In addition, the highest increase was observed at suctions between 0.3 to 0.5 bar. For the loamy sand soil, the largest level of Tarawat and Stockosorb compared with the control, resulted in increases of moisture content between 182.4-197.7 and 156.4-166.1 %, respectively, whereas these values for the sandy loam soil were 47.84-54.71 and 36.24-37.82 %, respectively. This finding indicates higher efficiency of Tarawat compared to Stockosorb, particularly for the loamy sand soil. The results also implied that increasing the level of polymer, the percentage of pores in the range of 60 to 100 micron enhanced than other pore sizes

Keywords: Soil moisture characteristics curve, Superabsorbent polymer, Tarawat, Stockosorb

مناطق خشک باشند (Askari et al., 1994). مواد سوپر جاذب باعث افزایش رطوبت خاک و جذب مواد غذایی و میکرو المان های ضروری در خاک می شود. این پلیمرها وقتی آب را جذب می کنند، به شدت افزایش حجم می یابند و میزان مصرف این مواد برای خاکها و محصولات مختلف کشاورزی متفاوت است (Sohrab, 2003; Karimi et al., 2008).

مواد سوپر جاذب بی بو، بی رنگ، بدون خاصیت آلاینده گی در خاک، آب های سطحی و زیرزمینی و بافت های گیاهی می باشند. از نظر بار الکتریکی دارای انواع آنیونی، کاتیونی و خنثی بوده، و همین امر موجب می شود که سوپر جاذبها اثر سوئی بر خاک نداشته و باعث سمیت نگردد. نوع آنیونی سوپر جاذبها در کشاورزی حائز اهمیت است. سوپر جاذب های آنیونی با دارا بودن قابلیت بالای ظرفیت تبادل کاتیونی قادرند علاوه بر جذب مقادیر زیاد آب، کاتیون های مؤثر و مفید رشد گیاه را در خود جذب نموده و در موقع لزوم در اختیار گیاه قرار دهند. ذرات پلیمرهای سوپر جاذب دارای چهار اندازه، کوچک (۰/۳ تا ۱ میلی متر)، متوسط (۱ تا ۲ میلی متر)، بزرگ (۲ تا ۴ میلی متر) و پودری می باشند. به استثنای نوع پودری آن که دارای خاصیت بقاء و عمر کوتاه در خاک می باشد، این مواد بسته به شرایط محیط حدود ۵ تا ۱۲ سال در خاک باقی مانده و به علت تغییر حجم مداوم (انبساط به هنگام تورم و انقباض به هنگام از دست دادن آب) میزان هوا را در خاک افزایش می دهند و در نهایت بسته به نوع آن، در خاک توسط میکرو ارگانیسمها تجزیه می گردند (Kabiri, 2002).

مقدمه

آب مهم ترین و اساسی ترین عامل حیات و پیشرفت در هر زمینه ای محسوب می شود و بخش جدایی ناپذیر هر موجود زنده و جزء اصلی هر خاک حاصلخیزی است. آب را نیز همانند هوا باید یکی از مهم ترین منابع اصلی در طبیعت به شمار آورد که بدون آن ادامه فعالیت های صنعتی، کشاورزی و عملاً ادامه حیات امکان پذیر نیست (Baybordy, 2009). کشور ایران به دلیل کمبود ریزش های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان همواره با مشکل کمبود آب روبرو است. از طرفی، بخش کشاورزی عمده ترین مصرف کننده منابع آب کشور می باشد. ارقامی که در گزارش های مختلف در این رابطه ارائه گردیده حاکی از این است که حدود ۹۰ درصد از حجم آب مصرفی در کشور صرف تولیدات کشاورزی می شود. محدودیت منابع آب در کشور ضرورت صرفه جویی در مصرف آب را روشن می سازد. اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری تکنیک های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب می باشد (Seyed Doraji et al., 2010).

یکی از روش های نوین در حفظ و ذخیره رطوبت، استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب است. مواد جاذب رطوبت می توانند با کاهش تعداد دفعات آبیاری و کاهش هزینه ها، گزینه مناسبی در استفاده بهینه از آب در

طوری که با مصرف بیشتر پلیمر، این تأثیر بیشتر می‌شود. Akhter et al (2004) ابراز داشتند که افزایش ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد هیدروژل به خاک لومی و لوم شنی منجر به افزایش رطوبت ظرفیت زراعی و افزایش آب قابل استفاده گیاه در هر دو خاک گردید. Woodhouse and Johnson (1991) با استفاده از مواد جاذب رطوبت در خاک‌های شنی مشاهده کردند که استفاده از این مواد فاصله بین ظرفیت زراعی و آغاز پژمردگی را افزایش داده و از تکرار آبیاری و مقدار کل آب مصرفی می‌کاهد. با توجه به کمبود منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک و اهمیت پلیمرهای سوپر جاذب در مقابله با این بحران، تحقیق حاضر به بررسی تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب تراوات و استاکوزرب بر رفتار رطوبتی دو خاک با بافت متفاوت در مکش‌های مختلف می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل؛ دو نوع پلیمر جاذب رطوبت (تراوات و استاکوزرب)، هر یک در پنج سطح (صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک) و دو خاک با بافت مختلف (شنی لوم و لوم شنی) بود. علت انتخاب این دو خاک، نگهداشت کمتر رطوبت خاک‌های سبک با مقدار قابل توجه شن است. با توجه به ساختار شیمیایی پلیمرهای مورد استفاده، پلیمر تراوات دارای ساختاری عمدتاً آنیونی و فاقد آکریل آمید (مونومر غیر یونی) بود در حالی که پلیمر استاکوزرب با داشتن جزء آکریل آمید از سهم غیر یونی بیشتری برخوردار می‌باشد (Deym Gostar Sabz Atie, 2010). جدول ۱ برخی مشخصات پلیمرهای مورد استفاده را نشان می‌دهد. هر دو پلیمر قابلیت قابل توجهی در جذب و نگهداشت رطوبت (حدود ۲۰۰ برابر جرم خود) دارند.

در پژوهشی که توسط (Abedi Kuhpai and Sohrab, 2004) روی تأثیر دو نوع سوپر جاذب سنتزی به نام‌های PR3005A و تراوات در چهار سطح (۲، ۴، ۶ و ۸ گرم پلیمر در کیلوگرم خاک) در سه نوع بافت خاک (سبک، متوسط و سنگین) انجام شد مشخص گردید که مقدار آب در دسترس گیاه در هر بافت نسبت به شاهد افزایش پیدا نموده است. در تحقیق دیگری که به منظور بررسی کارایی مصرف پلیمر آبدوست تراوات در تطویل دور آبیاری در اراضی شنی مناطق بیابانی انجام شد بسته به سطح مصرف پلیمر، نگهداشت رطوبت در خاک مورد مطالعه در همه مکش‌ها افزایش یافت (Banj Shafie et al, 2006). Yazdani et al (2006) به بررسی تأثیر مصرف چهار مقدار پلیمر سوپر جاذب تراوات (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و سه فاصله آبیاری (۶، ۸ و ۱۰ روز یکبار) بر رشد و عملکرد سویا تحت شرایط مزرعه‌ای پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب به نسبت سایر سطوح، بهترین تأثیر را بر رشد و عملکرد در تمامی شرایط آبیاری از خود نشان داده است.

بررسی منحنی رطوبتی مربوط به سه خاک سبک، متوسط و سنگین بافت در اثر مصرف پلیمر سوپر جاذب در سطوح مختلف نشان داد که کاربرد پلیمر بسته به سطح مصرف، رطوبت قابل استفاده گیاه را به ویژه در خاک سبک تا ۸ درصد حجمی بیشتر از شاهد افزایش داد (Geesing and Schmidhalter, 2004, Pieter, 2002). در مطالعه خود نشان داد که استفاده از هیدروژل‌ها در خاک‌های ماسه‌ای درشت دانه بهترین نتیجه را در مقایسه با سایر خاک‌ها دارد که می‌تواند به دلیل ظرفیت نگهداشت کمتر این خاک‌ها نسبت به خاک‌های دیگر باشد. همچنین Choudhary et al (1995) پس از بررسی تأثیر مواد سوپر جاذب در خاک مشاهده کردند که مصرف پلیمر تأثیر معنی داری بر ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌گذارد به

جدول ۱- برخی مشخصات کلی پلیمرهای مورد استفاده

پلیمر سوپر جاذب		مشخصات
تراوات	استاکوزرب	
دانه‌های سفید شکرمانند		حالت ظاهری
۶-۷	۶-۷	pH محلول آبی
نامحلول		حلالیت در آب
۵-۷	۵-۷	حداکثر پایداری (سال)
۲۲۰	۲۰۳	ظرفیت جذب آب مقطر (g/g)
۱۹۰	۱۸۰	ظرفیت جذب آب شهر (g/g)

غلظت سدیم و پتاسیم با استفاده از فلیم فوتومتر و کلسیم و منیزیم از طریق تیتراسیون قرائت شد. بافت به روش هیدرومتری (Page et al, 1992)، pH گل اشباع با دستگاه pH سنج، EC عصاره اشباع با EC سنج، کربن آلی به روش Walkley and Black (1934)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون و کلر از طریق تیتراسیون

نمونه برداری خاک از عمق ۳۰ سانتی متری سطحی با کاربری زراعی صورت گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک کردن از الک دو میلی متری عبور داده شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (جدول ۲). به این منظور، پس از عصاره‌گیری کاتیون‌های محلول با آب مقطر،

افزایش نگهداشت رطوبت نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف پلیمر)، از پارامتر درصد افزایش رطوبت استفاده شد. این عامل از رابطه زیر برای تمام تیمارها محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفت:

$$P = \left[\frac{(T-C)}{C} \right] \times 100 \quad (1)$$

که در آن؛ IP درصد افزایش رطوبت نسبت به تیمار شاهد، T میزان رطوبت برای تیمار مورد نظر و C میزان رطوبت برای تیمار شاهد است. بر این اساس مقادیر مثبت و منفی IP به ترتیب مبین افزایش و کاهش میزان رطوبت برای تیمار مورد نظر نسبت به شاهد می باشد. همچنین هر چه مقدار IP بزرگتر باشد نشان دهنده تأثیر بیشتر آن تیمار در افزایش نگهداشت رطوبت نسبت به شاهد است.

با نیترا نقره اندازه گیری شد (Pansu and Gautheyrou, 2006). به منظور تهیه تیمارها، در ابتدا نمونه های خاک از الک ۲ میلی متر عبور داده شد. سپس بسته به سطح هر تیمار، ۵۰۰ گرم از هر نمونه خاک با مقدار مشخص پلیمر به طور کامل مخلوط گردید. نمونه ها به ظروفی که در آنها زهکش تعبیه شده بود، منتقل گردید. برای ایجاد زهکش، کف ظروف منافذی ایجاد و با کاغذ صافی پوشانده شد. سپس با استفاده از آب مقطر و به آرامی هر نمونه از زیر اشباع گردید و به مدت ۲۴ ساعت در شرایط اشباع نگه داشته شد. در ادامه، با استفاده از دستگاه صفحات و غشاء فشاری، میزان رطوبت هر تیمار در ۷ مکش شامل؛ صفر (اشباع)، ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ بار به روش وزنی اندازه گیری شد. همچنین، درصد حجمی رطوبت از حاصل ضرب جرم مخصوص ظاهری در رطوبت جرمی هر نمونه، تعیین گردید. به منظور مقایسه کمی تأثیر تیمارهای مورد مطالعه از نظر میزان

جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه

ویژگی	واحد	خاک شنی لوم	خاک لوم شنی
رس	(%)	۵/۸	۱۹/۸
سیلت	(%)	۱۰	۱۶
شن	(%)	۸۴/۲	۶۴/۲
کربنات کلسیم معادل	(%)	۱۹/۷۵	۱۶/۲۵
pH	-	۷/۶۱	۷/۳۶
هدایت الکتریکی	dS.m ⁻¹	۲/۱	۳/۱
ماده آلی	(%)	۰/۹۵	۱/۲۶
سدیم	meq.L ⁻¹	۱/۸۷	۲/۸
پتاسیم	meq.L ⁻¹	۰/۱۸	۰/۲۲
کلسیم	meq.L ⁻¹	۱۴/۶	۱۵/۴
منیزیم	meq.L ⁻¹	۳/۲	۲/۸
کلر	meq.L ⁻¹	۱/۲۵	۳/۲۵
کربنات	meq.L ⁻¹	-	-
بی کربنات	meq.L ⁻¹	۰/۲	۰/۲
نسبت جذب سدیم	(meq.L ⁻¹) ^{0.5}	۰/۶۲	۰/۹۲

نتایج

دو خاک از نظر بافت با یکدیگر متفاوت بوده بطوری که در دو کلاس مختلف (شنی لوم و لوم شنی) قرار می گیرند (جدول ۲). همچنین با توجه به آهکی بودن خاکها، مقدار کربنات کلسیم قابل توجه بوده و از طرفی، هیچ یک از دو خاک محدودیت شوری ندارند. همچنین میزان ماده آلی خاکها اندک است و در بین کاتیون های و آنیون های محلول، به ترتیب کلسیم و کلر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده اند.

برای تجزیه و تحلیل نتایج، با استفاده از نرم افزار SAS، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین از طریق آزمون دانکن (در سطح پنج درصد) و رسم نمودارها در محیط Excel انجام شد. دو پلیمر مورد استفاده یعنی؛ تراوات و استاکوزر به ترتیب با علائم T و S و سطح مصرف هر پلیمر با اندیس و تیمار شاهد (عدم مصرف پلیمر) با C نشان داده شده است. همچنین از دو خاک با اسامی شنی و لوم شنی نام برده می شود.

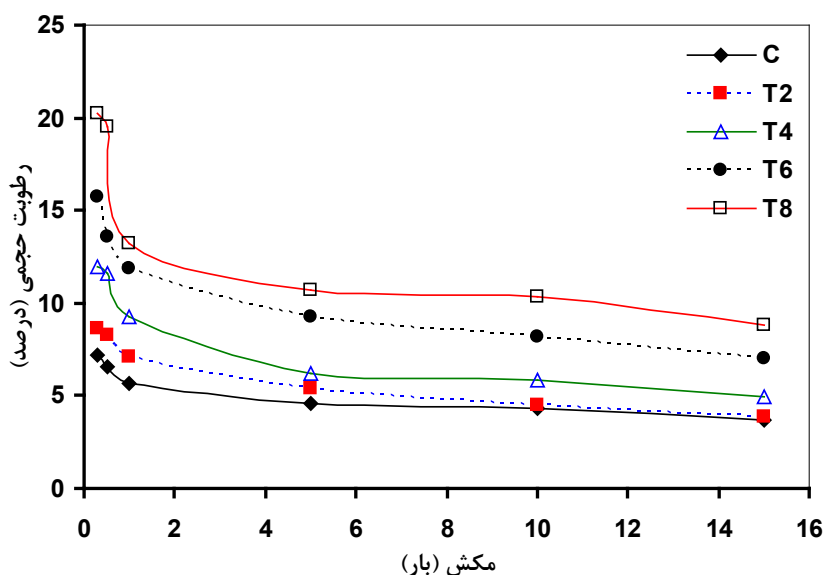
است. شکل‌های ۱ و ۲ منحنی مشخصه رطوبتی خاک شنی لوم را به ترتیب برای سطوح مختلف پلیمر تراوات و استاکوزرب نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش مکش، میزان رطوبت کاهش می‌یابد. همچنین میزان کاهش رطوبت برای تیمارهای مختلف، متفاوت است. همچنین شکل‌های ۳ و ۴ منحنی مشخصه رطوبتی خاک لوم شنی را به ترتیب برای سطوح مختلف پلیمر تراوات و استاکوزرب نشان می‌دهد. مشابه با خاک شنی لوم، در تمامی سطوح مصرف پلیمر با افزایش مکش، میزان نگهداشت رطوبت کاهش یافته است. همچنین افزودن پلیمر به خاک لوم شنی موجب افزایش رطوبت خاک در مکش‌های مختلف نسبت به شاهد شده است.

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس مربوط به میزان رطوبت در مکش‌های مختلف را برای تیمارهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در همه مکش‌ها نوع سوپر جاذب و همچنین سطح مصرف، تأثیر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر میزان رطوبت خاک داشته است. نتایج تحقیقات El-Saied et al. (2000) و همچنین Sivapalan (2006) هم در نتیجه کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب، بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک و افزایش آب قابل استفاده گیاه را گزارش نمودند. همچنین عامل بافت خاک نیز تأثیر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر میزان نگهداشت رطوبت در مکش‌های مختلف نشان می‌دهد. از طرفی، اثرات متقابل دوگانه و همچنین سه‌گانه بین عوامل نیز باعث تفاوت معنی‌دار ($P < 0.01$) رطوبت برای تمام مکش‌ها شده

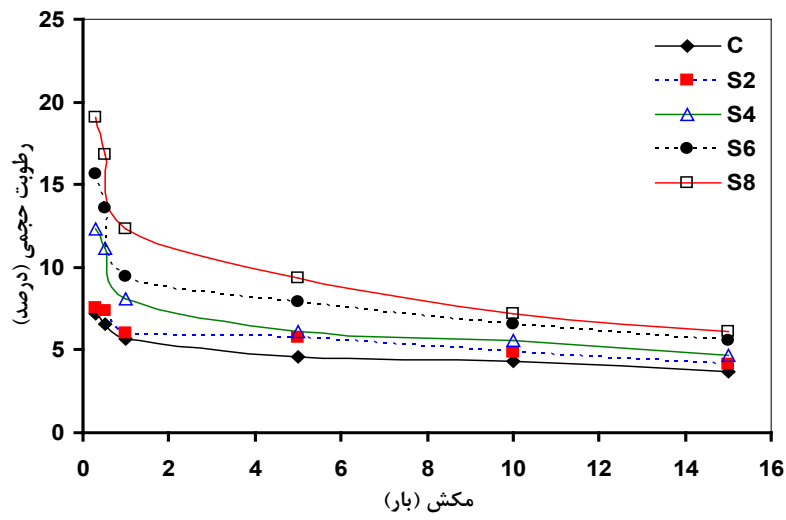
شکل ۲- نمای یک شبکه عصبی مصنوعی

منبع تغییرات	درجه آزادی	صفر بار (اشباع)	۰/۳ بار	۰/۵ بار	۱ بار	۵ بار	۱۰ بار	۱۵ بار
سوپر جاذب (A)	۱	۷۴/۲۵**	۵۰/۵۶**	۴۴/۷۸**	۱/۳۷**	۴/۴۳**	۶/۹۴**	۵/۰۲**
سطح سوپر جاذب (B)	۴	۱۰۳۵/۶۷**	۲۸۷/۹۶**	۲۳۰/۹۵**	۶۵/۱۸**	۲۱/۴۱**	۲۰/۹۲**	۱۵/۱۲**
خاک (C)	۱	۴۸۴/۷۸**	۶۷۶۹/۶۱**	۵۹۱۸/۶۷**	۴۰۷۵/۳۳**	۲۱۰۰/۵۳**	۱۴۴۳/۴۴**	۱۰۴۲/۵۰**
A×B	۴	۸/۱۵**	۴/۶۸**	۹/۸۱**	۰/۶۸**	۰/۹۱**	۱/۱۲**	۰/۸۱**
A×C	۱	۶/۳۱**	۳۰/۱۶**	۱۲/۰۴**	۹/۴۸**	۱۵/۹۲**	۱/۰۰**	۰/۷۳**
B×C	۴	۶/۰۳**	۱۹/۲۱**	۹/۱۶**	۵/۵۳**	۰۰۱۰/۲۳	۴/۳۹**	۳/۱۷**
A×B×C	۴	۲/۶۰**	۱/۹۶**	۶/۱۷**	۱/۴۳**	۱/۵۵**	۲/۲۲**	۱/۶۱**
خطا	۴۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۸۷	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۱۷
ضریب تغییرات	-	۰/۰۰۱	۰/۲۸	۰/۴۴	۰/۹۴	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۴۴

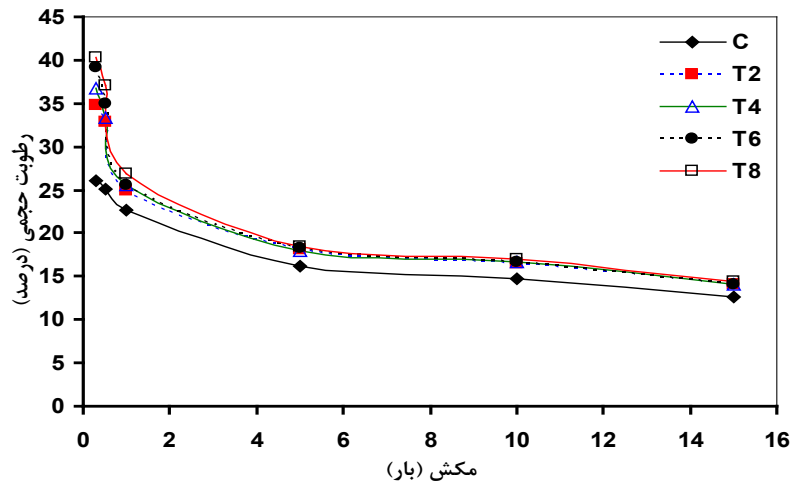
** معنی‌دار در سطح یک درصد



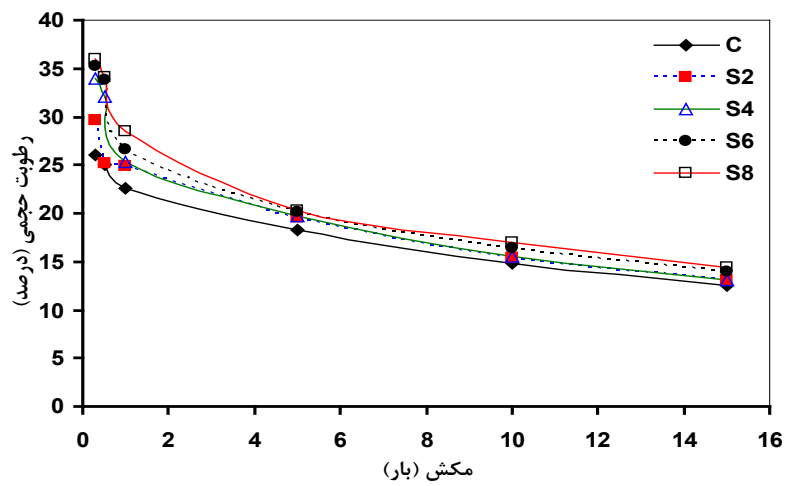
شکل ۱- منحنی مشخصه رطوبتی خاک شنی لوم در نتیجه کاربرد سطوح مختلف پلیمر تراوات



شکل ۲- منحنی مشخصه رطوبتی خاک لوم شنی در نتیجه کاربرد سطوح مختلف پلیمر استاکوزرب



شکل ۳- منحنی مشخصه رطوبتی خاک لوم شنی در نتیجه کاربرد سطوح مختلف پلیمر تراوات



شکل ۴- منحنی مشخصه رطوبتی خاک لوم شنی در نتیجه کاربرد سطوح مختلف پلیمر استاکوزرب

که بیشترین تأثیر در سطح ۸ گرم بر کیلوگرم خاک قابل مشاهده است. همچنین بیشترین تأثیر پلیمر در دامنه مکش ۰/۳ تا ۰/۵ بار رخ داده است. میزان افزایش رطوبت برای این دو مکش بین ۴۷/۸۴ تا ۵۴/۷۱ درصد افزایش یافته است. درصد افزایش رطوبت نسبت به تیمار شاهد برای خاک لوم شنی حاوی استاکوزرب در جدول ۷ نشان داده شده است. مشابه با تیمار تراوات، بیشترین تأثیر پلیمر در دامنه مکش ۰/۳ تا ۰/۵ بار رخ مشاهده می‌شود. میزان افزایش رطوبت برای این دو مکش بین ۳۶/۲۴ تا ۳۷/۸۳ درصد افزایش یافته است. مقایسه درصد افزایش رطوبت در اثر مصرف دو پلیمر مورد مطالعه نشان می‌دهد که تراوات کارایی بیشتری داشته است.

جدول ۴ درصد افزایش رطوبت در اثر کاربرد پلیمر سوپرچاذب تراوات در خاک شنی لوم را نسبت به شاهد نشان می‌دهد. با افزایش مصرف پلیمر، میزان درصد رطوبت افزایش یافت. میزان افزایش رطوبت در بالاترین سطح مصرف پلیمر بسته به مکش خاک، بین ۲۷/۷۷ تا ۱۹۷/۷ درصد متغیر بود. همچنین میزان افزایش رطوبت در اثر کاربرد پلیمر استاکوزرب در خاک شنی لوم نشان می‌دهد که با افزایش سطح مصرف مواد سوپرچاذب درصد رطوبت افزایش می‌یابد (جدول ۵). جدول ۶ درصد افزایش رطوبت نسبت به تیمار شاهد را برای خاک لوم شنی حاوی تراوات نشان می‌دهد. با افزایش سطح مصرف سوپرچاذب، درصد رطوبت همانند خاک شنی لوم افزایش نشان می‌دهد به طوری

جدول ۴- درصد افزایش رطوبت در اثر کاربرد پلیمر تراوات در خاک شنی لوم نسبت به شاهد

مکش ۱۵ بار	مکش ۱۰ بار	مکش ۵ بار	مکش ۱ بار	مکش ۰/۵ بار	مکش ۰/۳ بار	مکش صفر بار	مقدار پلیمر (گرم بر کیلوگرم خاک)
۴/۶۱	۴/۶۱	۱۶/۴	۲۴/۳۸	۲۶/۵۶	۲۰/۶۴	۸/۰۵	۲
۳۴/۵۱	۳۴/۶۴	۳۴/۶۳	۶۱/۷۵	۷۷/۷	۶۶/۶۶	۱۰/۵	۴
۸۹/۶۷	۸۹/۸	۹۹/۵۶	۱۰۷/۸	۱۰۷/۱	۱۲۰	۲۶/۹۴	۶
۱۳۸/۵	۱۳۹	۱۳۲/۴	۱۳۱/۷۵	۱۹۷/۷	۱۸۲/۴	۲۷/۷۷	۸

جدول ۵- درصد افزایش رطوبت در اثر کاربرد پلیمر استاکوزرب در خاک شنی لوم نسبت به شاهد

مکش ۱۵ بار	مکش ۱۰ بار	مکش ۵ بار	مکش ۱ بار	مکش ۰/۵ بار	مکش ۰/۳ بار	مکش صفر بار	مقدار پلیمر (گرم بر کیلوگرم خاک)
۱۲/۲۲	۱۲/۴۷	۲۴/۲۴	۵/۹۶	۱۲/۳۶	۵/۰۲	۸/۰۵	۲
۲۸/۲۶	۲۸/۴۰	۳۳/۳۳	۴۱/۲۲	۶۹/۶۱	۷۱/۵	۱۰/۵	۴
۵۱/۶۳	۵۱/۷۳	۷۱/۴۲	۶۶	۱۰۷/۱	۱۱۸	۲۶/۹۴	۶
۶۶/۸۴	۶۷	۱۰۲/۱	۱۱۶	۱۵۶/۴	۱۶۶/۱	۲۷/۷۷	۸

جدول ۶- درصد افزایش رطوبت در اثر کاربرد پلیمر تراوات در خاک لوم شنی نسبت به شاهد

مکش ۱۵ بار	مکش ۱۰ بار	مکش ۵ بار	مکش ۱ بار	مکش ۰/۵ بار	مکش ۰/۳ بار	مکش صفر بار	مقدار پلیمر (گرم بر کیلوگرم خاک)
۱۱/۶۰	۱۱/۵۴	۶/۸۳	۹/۶۶	۳۱/۱۸	۳۳/۴۲	۴/۰۴	۲
۸/۳۴	۸/۳۰	۷/۱۹	۱۳/۱۰	۳۲/۷۳	۴۱	۵/۹۵	۴
۱۲/۵۶	۱۲/۵۰	۱۱/۱	۱۲/۶۲	۳۹/۵۵	۵۰/۴۲	۷/۶۵	۶
۱۴/۷۰	۱۴/۶۵	۱۳/۲	۱۸/۴۹	۴۷/۸۴	۵۴/۷۱	۱۸	۸

جدول ۷- درصد افزایش رطوبت در اثر کاربرد پلیمر استاکوزرب در خاک شنی نسبت به شاهد

مکش ۱۵ بار	مکش ۱۰ بار	مکش ۵ بار	مکش ۱ بار	مکش ۰/۵ بار	مکش ۰/۳ بار	مکش صفر بار	مقدار پلیمر (گرم بر کیلوگرم خاک)
۴/۲۹	۴/۲۵	۶/۹۷	۱۰	۱۱	۱۳/۹۲	۴/۰۴	۲
۴/۵۳	۴/۵۲	۷/۴۷	۱۱/۶۰	۲۷/۷۵	۳۰	۵/۹۵	۴
۱۰/۴۱	۱۰/۳۹	۹/۷۶	۱۷/۳۰	۳۴/۸۸	۳۵/۳۷	۷/۶۵	۶
۱۴/۲۲	۱۴/۱۷	۱۰/۶۸	۲۵/۸۱	۳۶/۲۴	۳۷/۸۳	۱۸	۸

بحث

نتایج تحقیق حاضر گویای این مطلب است که همه عوامل مورد مطالعه یعنی؛ نوع و سطح پلیمر و بافت خاک، اثرات ژرفی بر رفتار رطوبتی خاک نشان داده‌اند. یکی از مهمترین عواملی که در این ارتباط قابل بحث است، نقش بافت خاک و دانه‌بندی ذرات بر توزیع اندازه تخلخل است. از آنجا که دو خاک مورد مطالعه، بافت متفاوتی دارند، طبیعی است که رفتار رطوبتی متفاوتی داشته باشند. همچنین هر دو نوع پلیمر با توجه به ماهیت جاذب رطوبتی خود، تأثیر معنی‌داری بر رفتار رطوبتی خاک نشان می‌دهد.

افزودن پلیمر تراوات به خاک شنی لوم، در تمامی سطوح موجب افزایش درصد حجمی رطوبت خاک در مکش‌های مختلف نسبت به شاهد شده است. از طرفی، با افزایش سطح مصرف پلیمر، میزان نگهداشت رطوبت در تمام مکش‌ها افزایش نشان می‌دهد. به‌طور مشابهی، نتایج تحقیقات Choudhary et al (1995)، Geesing (2010)، Seyed Doraji et al (2004) و Abedi Kuhpai and Sohrab (2004) نیز دلالت بر افزایش میزان نگهداشت رطوبت خاک با سطح مصرف پلیمر سوپر جاذب دارد. مقایسه شکل‌های ۱ و ۲ گویای این مطلب است که در خاک شنی لوم، تأثیر پلیمر تراوات در افزایش رطوبت حجمی خاک، نسبت به پلیمر استاکوزرب بیشتر است.

مقایسه منحنی مشخصه رطوبتی دو خاک مورد مطالعه نشان می‌دهد که کاربرد پلیمر سوپر جاذب در خاک شنی لوم نسبت به خاک لوم شنی باعث افزایش بیشتر نگهداشت رطوبت شده است. به عبارتی، نقش بافت خاک در کنترل میزان رطوبت در هر مکش، مشهودتر از سطح مصرف پلیمر بوده است. به‌طور مشابهی، Al-Omran et al (1997) نیز گزارش کردند که استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب، باعث افزایش درصد رطوبت در سه خاک شنی، لوم شنی و رسی شده به طوری که تأثیر آن در خاک‌های سبک بیشتر بود. همچنین نتایج بررسی Volkmar and Chang (1995) نیز به‌طور مشابهی نشان داد که مصرف ۰/۳ و ۰/۲ درصد وزنی پلیمر در خاک لوم شنی باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. Seyed Doraji et al (2010) در بررسی تأثیر سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب تراوات شامل؛ شاهد، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد وزنی بر ظرفیت نگهداری آب دریافتند که کاربرد ۰/۶ درصد وزنی پلیمر در دو خاک شنی و لومی میزان آب قابل استفاده گیاه را به ترتیب ۲/۲۰ و ۱/۲۰ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. همچنین نتایج بررسی Khalilpour (2002) که با استفاده از پلیمر BT53 انجام شد، نشان داد که این پلیمر با افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک و ایجاد چسبندگی بین ذرات، تأثیر معنی‌داری در میزان جذب آب توسط گیاه دارد.

بیشترین افزایش در سطح ۸ گرم بر کیلوگرم خاک شنی لوم در دامنه مکش ۰/۳ تا ۰/۵ بار مشاهده شد. یکی از دلایل این موضوع این است که علاوه بر ظرفیت بالای جذب آب توسط پلیمرها، افزودن آن‌ها به خاک باعث افزایش بیشتر منافذ ریز و همچنین افزایش خاصیت مویبندی می‌شود (Zeineldin and Aldakheel, 2006). مطابق جدول ۴، در رطوبت اشباع (مکش صفر بار)، افزایش سطح پلیمر تأثیر

کمتری نسبت به سایر مکش‌ها داشته است. مقایسه میزان افزایش رطوبت نسبت به تیمار شاهد در مکش‌های مختلف، نیز گویای این مطلب است که با افزایش سطح مصرف سوپر جاذب، به‌طور کلی درصد منافذ ریز افزایش بیشتری یافته که نتیجه آن بهبود وضعیت رطوبتی نسبت به شرایط اشباع است.

Hatterman et al (1999) با بررسی تأثیر سطوح مختلف هیدروژل جاذب رطوبت بین ۰/۴ تا ۰/۴ درصد، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت را در دو خاک لومی و رس سیلتی گزارش کردند. نتایج آنها نشان داد که مقادیر بیشتر هیدروژل در طی دوره کم‌آبی، آب بیشتری را نسبت به تیمار شاهد در اختیار گیاه کاج قرار داد. مطابق جدول ۵، بیشترین تأثیر پلیمر استاکوزرب در سطح ۸ گرم بر کیلوگرم خاک شنی لوم مشاهده شد، هرچند کارایی آن نسبت به سوپر جاذب تراوات کمتر بود. میزان رطوبت در بالاترین سطح مصرف پلیمر در مکش ۰/۳ بار، ۱/۶۶ درصد افزایش را نشان می‌دهد که کمتر از مقدار بدست آمده برای پلیمر تراوات (۱۹۷/۷ درصد) است. به‌طور کلی، جداول ۴ تا ۷ گویای این مطلب است که تأثیر دو نوع سوپر جاذب در هر دو خاک، باعث افزایش نگهداشت رطوبت خاک شده که این افزایش در سطوح بالاتر سوپر جاذب، بیشتر است. نتایج بررسی‌های Save et al (1995)، El-Saied et al (2000) و همچنین Abedi Kuhpai and Sohrab (2004) به‌طور مشابهی نشان داد که بیشترین تأثیر در افزایش رطوبت در سطوح بالاتر مواد سوپر جاذب رخ می‌دهد. از سوی دیگر مطابق جداول ۴ تا ۷ مشخص می‌شود که افزایش سطح پلیمر باعث افزایش حجم منافذ متناظر با مکش ۰/۳ تا ۰/۵ بار شده است. این دامنه مکش مربوط به دامنه اندازه تخلخل بین ۶۰ تا ۱۰۰ میکرون است. این در حالی است که در شرایط تنش خشکی منافذ ریز نسبت به منافذ درشت، اهمیت بیشتری داشته زیرا در اثر تخلیه رطوبت، در ابتدا منافذ درشت خالی از آب شده و در نتیجه حجم منافذ ریز نقش بیشتری در نگهداشت رطوبت دارد. این یافته نشان از اهمیت افزودن پلیمرهای سوپر جاذب در افزایش مقاومت در برابر تنش خشکی برای خاک‌های مورد مطالعه دارد. از طرفی، میزان افزایش رطوبت در خاک شنی لوم نسبت به خاک لوم شنی بیشتر بود. به‌طور مشابهی، Nadler (1993) در مطالعه خود با استفاده از پلی اکریل آمید آبیونی نشان داد که در خاک‌های با بافت شنی و لومی، کاربرد این پلیمر باعث افزایش نگهداری آب شده ولی تأثیر آن در خاک‌های رسی کمتر بود. Ganji Khoramdel (1999) اثر پلیمر PR3005A را در دو بافت لومی و لوم شنی بررسی کرد و دریافت که با مصرف ۰/۳ درصد پلیمر، میزان رطوبت در حد ظرفیت زراعی در خاک لومی و لوم شنی به ترتیب به مقدار ۴/۶ و ۷/۴۴ درصد افزایش می‌یابد. این محقق همچنین گزارش کرد که مقدار آب قابل استفاده گیاه در خاک لومی به مقدار ۴/۱۷ درصد و در خاک لوم شنی به مقدار ۵/۴۴ درصد افزایش یافته است. نتایج برخی تحقیقات دیگر (Seyed Doraji et al, 2010) نیز حاکی از آن است که افزودن مواد سوپر جاذب به خاک‌های با بافت سنگین که از میزان تخلخل بالا و ظرفیت نگهداری رطوبت زیادی برخوردارند، نه تنها تغییر زیادی در میزان تخلخل تهویه‌ای آن‌ها ایجاد نمی‌کند،

6. Baybordy, M. 2009. Soil Physics. 9th Edition, University of Tehran Press.
7. Choudhary, M.I., Shalaby, A.A. and Al-Omran, A.M. 1995. Water holding capacity and evaporation of calcareous soils as affected by four synthetic polymers. J. Commun. Soil Sci. Plant Analysis, 14-13 :26.
8. Deym Gostar Sabz Atie, Stockosorb. 2010. Superabsorbent Polymer for Water and Nutrients Holding to Improve Plant Growth. Stockosorb Co. Tehran, Iran.
9. El-Saied, H., Waley, A.I. and Basta, A.H. 2000. High water absorbents from lignocelluloses. I: Effect of reaction variables on the water absorbency lignocelluloses. Polymer Plastics Tech. Eng., (5)39 926-905.
10. Ganji Khoramdel, N. 1999. Effect of PR3005A polymer on soil physical properties. MSc. Thesis, Agriculture Faculty, Tarbiat Moddaress University. 165 p.
11. Geesing, D. and Schmidhalter, U. 2004. Influence of sodium polyacrylate on the water- holding capacity of three different soils and effects on growth of wheat. Soil Use and Management, 209 -207 :20.
12. Huttermann, A., Zommodi, M. and Reise, K. 1999. Addition of hydrogel to soil prolonging the survival of Pinus halepensis seeding subjected to drought. Soil Tillage Res., 304-295 :50.
13. Kabiri, K. 2002. An introduction to the application of Acrylic Hydrogels in different industries. Proceeding of the Second Workshop on Agricultural and Industrial Application of Superabsorbent Hydrogels. Tehran, Iran, 32-1.
14. Karimi, A., Noshadi, M. and Ahmadzadeh, M. 2008. Application effect of Igita superabsorbent on soil water, plant growth and irrigation cycle. Sci. Tech. Agri. Natural Res., 46(12).
15. Khalilpour, A. 2002. Study on the application of superabsorbent polymer for conserving sensitive soils to erosion. 2nd Workshop on the Agricultural-Industrial Application of Superabsorbent Hydro gels, Iranian Inst. of Polymer and Petro chemistry.
16. Nadler, A. 1993. Negatively charged PAM efficacy as a soil conditioner as affected by the presence of roots. Soil Sci., 85-79 :156.
17. Page, A.L., Miller, R.H., and Jeeney, D.R. 1992. Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical properties.

بلکه مصرف بیش از حد پلیمر، باعث افزایش بیشتر تخلخل مویین در این خاک‌ها می‌شود. در مقابل، در خاک‌های سبک بافت که از نظر تخلخل تهویه‌ای و وضعیت زهکشی مشکل عمده‌ای ندارد، افزودن پلیمر و کاربرد مقادیر زیاد آن‌ها باعث افزایش تخلخل مویین می‌گردد که دلیل آن خاصیت جذب رطوبت بیش از حد پلیمر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در همه مکش‌ها، نوع سوپر جاذب، سطح مصرف و همچنین بافت خاک تأثیر معنی‌داری بر میزان نگهداشت رطوبت دارد. کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب در خاک شنی لوم نسبت به خاک لوم شنی افزایش بیشتر نگهداشت رطوبت را به دنبال داشت. همچنین در تمام مکش‌ها با افزایش سطح مصرف پلیمر، میزان نگهداشت رطوبت نسبت به تیمار شاهد، افزایش یافت. از طرفی، بیشترین میزان افزایش نگهداشت رطوبت در دامنه مکش ۰/۳ تا ۰/۵ بار مشاهده شد. در خاک شنی لوم، مصرف بیشترین سطح تراوات و استاکوزرب باعث افزایش رطوبت به ترتیب بین ۱۸۲/۴ تا ۱۹۷/۷ و ۱۵۶/۴ تا ۱۶۶/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید در حالی که، این مقادیر برای خاک لوم شنی، به ترتیب بین ۴۷/۸۴ تا ۵۴/۷۱ و ۳۶/۲۴ تا ۳۷/۸۲ درصد بدست آمد. این نتیجه دلالت بر کارایی بیشتر تراوات نسبت به استاکوزرب به خصوص در خاک شنی لوم دارد. نتایج همچنین حاکی از این بود که با افزایش سطح مصرف سوپر جاذب، درصد منافذ در دامنه اندازه بین ۶۰ تا ۱۰۰ میکرون افزایش بیشتری نسبت به سایر منافذ می‌یابد.

منابع مورد استفاده

1. Abedi Kuhpai, J., and Sohrab, F. 2004. Assessment of Superabsorbent Polymers Application on Water Holding and Potential of Three Different Soils. Iran J. Polymer Sci. Tech., 173-163 :(3)17.
2. Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K.A., Mardan, A., Ahmad, M., and Iqbal, M.M. 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loamm soils and seeding growth of barley, wheat and chickpea. Plant, Soil and Environment, 469-463 :10 :50.
3. Al-Omran, A.M., Mustafa, M.A. and Shalaby, A.A. 1997. Intermittent evaporation from soil columns as affected by a gel-forming conditioner. Soil Sci. Soc. Am. J., 1599-1539 :51.
4. Askari, F., Nafisi, S., Omidian, H. and Hashemi, S.A. 1994. Synthesis, Detection and Improvement of Superabsorbent. Int. Conference of Sci. Tech. Polymer, 83-80.
5. Banj Shafie, Sh., Rahbar, A. and Khaksarian, F. 2006. Effect of Hydrogel Polymer on Moisture Characteristics of Sandy Soils. Range. Desert Res., 144-139 :(2)13.

Irrigation and Drainage, Agriculture Faculty, Isfahan University of Technology, 132 p.

24. Volkmar, K.M., and Chang, C. 1995. Influence of hydrophilic on water relations and growth and yield of barley and canola. *Can. J. Plant Sci.*, 611-605 :75.

25. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 38-29 :37.

26. Woodhouse, J., and Johnson, M.S. 1991. Effect of superabsorbent polymers on survival and growth of crop seedlings. *Agricultural Water Management*, :20 70-63.

27. Yazdani, F., Allahdadi, A., Akbari, Gh. and Behbahani, M.R. 2006. Effect of Tarawat-A200 levels and drought stress on soya (*Glycine max L.*) production. *Pajuhesh and Sazandegi*, 174-167 :(2)75.

28. Zeineldin, F.I. and Aldakheel, Y.Y. 2006. Hydrogel polymer effects on available water capacity and percolation of sandy soils at Al-Hassa, Saudi Arabia. *Annual Conference CSBE- SCGAB*.

SSSA Pub., Madison. 1750 p.

18. Pansu, M., and Gautheyrou, J. 2006. *Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Springer. 993 p.

19. Pieter, I. 2002. *Shrinking and Cracking of Swelling Porous Media*. Guelph University Press, Canada.

20. Save, R., Pery, M., Marfa, O. and Serrano, L. 1995. The effect of a hydrophilic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. *Hort. Tech.*, 143-141 :5.

21. Seyed Doraji, S., Golchin A., and Ahmadi, Sh. 2010. Effect of Different Levels of Superab-A200 Polymer and Soil Salinity on Water Holding Capacity of Sandy, Loamy and Clay Textures. *Water and Soil*, -306 :(2)24 316.

22. Sivapalan, S. 2006. Some benefits of treating a sandy soil with a cross-linked type polyacrylamide. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 25-1 :45.

23. Sohrab, F. 2003. Assessment of Superabsorbent Material Application on Water Holding Capacity of the Soils of Ardestan Watershed. MSc. Thesis, Dep. of

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■