



10.22092/irj.2018.115191



مشکلات کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب در مناطق بیابانی

شهرام بانج شفیعی*

تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۰۶/۰۴

چکیده

پلیمرهای سوپر جاذب پنا بر ادعای شرکت‌های تولیدی می‌توانند خواص فیزیکی خاک‌های سبک را برای حفظ و نگهداری آب بهبود بخشند. به منظور تاثیر برخی از عوامل محیطی مثل اثر زمان و میزان املاح، در این بررسی روند تغییرات آب‌گیری یک پلیمر سوپر جاذب از نوع A-200 در شرایط صحرائی و آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت. در بررسی صحرائی ابتدا پلیمر به نسبت وزنی ۰/۶ درصد با نوعی ماسه بادی از منطقه بیابانی کاشان مخلوط شد. تعیین منحنی رطوبتی خاک در سه نوبت اندازه‌گیری در فواصل سه‌ماهه نشان داد که با گذشت زمان از میزان آب قابل استفاده گیاه کاسته شده و از ۱۳/۲ درصد وزنی در نوبت اول به ۴/۴ درصد و ۳/۷ درصد وزنی در نوبت‌های دوم و سوم کاهش پیدا کرد. در مطالعات آزمایشگاهی که به تاثیر حضور برخی از املاح شاخص خاک‌های بیابانی بر روند آب‌گیری پلیمر پرداخته شد، مشخص شد که آب‌گیری پلیمر در مجاورت محلول‌های نمکی کاهش می‌یابد و شدت این کاهش تابع غلظت نمک و ظرفیت یون‌های غالب محلول قرار می‌گیرد؛ به طوری که کمترین تاثیر بر آب‌گیری پلیمر در مقایسه با شاهد (آب مقطر) مربوط به محلول حاصل از اختلاط دو نمک کلرید سدیم و سولفات سدیم و بیشترین تاثیر مربوط به محلول تهیه شده از اختلاط دو نمک کلرید کلسیم و سولفات کلسیم است. چنین به نظر می‌رسد که با توجه به غیراقتصادی بودن پلیمرهای سوپر جاذب و از دست دادن قدرت نگهداری آب در طول زمان که متأثر از عوامل محیطی با حضور املاح در خاک است، بتوان با به‌کارگیری برخی دیگر از مواد جاذب رطوبت طبیعی مثل کمپوست و خاک رس در عرصه‌های منابع طبیعی تأمین نیاز آبی گیاهان مربوطه را مانند پلیمرها فراهم آورد.

واژه‌های کلیدی: پلیمر سوپر جاذب، خاک شنی، منحنی رطوبتی خاک، محلول‌های نمکی

Problems of superabsorbent polymers application in desert regions

Sch. Banedjschafie*

Abstract

According to the super absorbent polymer manufacturers, super absorbent polymer can improve the physical properties of light soils to absorb and store more water. This study was aimed to investigate the effect of environmental factors such as salinity and duration on super absorbent polymer to store water in sandy soils. Two separate experiments were conducted using A-200 polymer in the field and laboratory conditions. In the field experiment, a site of sand dune from Kashan desert, Iran, was selected and the soil was mixed with a polymer in a ratio of 0.6% w/w. Then, the soil moisture curves were measured three times at three-month intervals. The water uptake of the mixture was decreased from 13.2% to 4.4% and 3.7% at the first to the third times, respectively. In the laboratory experiment, the effect of soil salinity was investigated on the water uptake of pure polymer. Results showed that the net water uptake of the polymer was strongly dependent on concentration of dissolved salts as well as the valence of ions in the solution. The result also showed that the lowest decrease in the water uptake of polymers was obtained from the mixed sodium chloride and sodium sulfate solution in compare to control, and the highest decrease in water uptake was obtained from the mixed calcium chloride and calcium sulfate solution. It seems that applying superabsorbent polymers is non-economic due to the loss of water retention during the time, affected by environmental factors or the presence of salts (minerals) in the soil. Therefore, it is suggested to use natural absorbent material such as compost and clay soil in natural resources area to supply the water requirements of plants.

Keywords: Super absorbent polymer, sandy soils, soil moisture curve, salt solutions

* دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
پست الکترونیک: sbjschafie@rifr-ac.ir

* Corresponding author, Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: sbjschafie@rifr-ac.ir

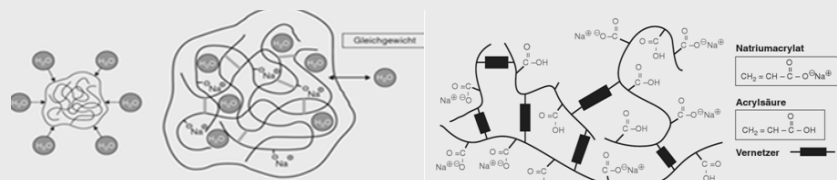
● مقدمه

با محدود شدن منابع آبی و کاهش نزولات جوی، به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری می‌تواند امکان صرفه‌جویی و جلوگیری از هدررفت آب را خصوصاً در مناطق کم‌آب و خشک فراهم آورد. صرفه‌جویی در مصرف آب از طریق بهبود سیستم آبیاری یا اضافه کردن انواع مواد جاذب رطوبت به خاک امکان‌پذیر است. با اصلاح روش آبیاری و جلوگیری از تبخیر سطحی در صورتی که آبرسانی به‌صورت مستقیم به محل مصرف گیاه یعنی ریشه انجام شود امکان افزایش بهره‌وری آبیاری به‌خوبی میسر است (Bastani, 1998). از طریق اضافه کردن مواد جاذب رطوبت اعم از نوع طبیعی (هوموس و مواد آلی قابل تجزیه و خاک رس) یا مصنوعی (پلیمر سوپرجاذب) به خاک نیز قدرت نگهداری آب بهبود پیدا می‌کند. استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب می‌تواند جذب آب را تا چند صد برابر وزن پلیمر افزوده شده به خاک میسر کند (Evonik Industrie, 2012). با توجه به این خصوصیت، استفاده از پلیمرها به‌عنوان راهکاری برای تولیدات گیاهی در خاک‌های سبک و مناطق خشک معرفی می‌شوند (Robiul Islam et al., 2013 & Shooshtarian et al., 2012). خاصیت جذب آب توسط این نوع جاذب‌های رطوبت براساس ترکیبات ساختاری آنها که هنگام تولید صورت می‌گیرد، انجام می‌شود. در این فرایند، ابتدا مولکول‌های کوچک و ساده یعنی مولکول‌های اسید آکریلیک، بر اثر پلیمریزاسیون با یکدیگر پیوند برقرار کرده و تشکیل یک زنجیره بزرگ‌تر را می‌دهند. سپس در مرحله بعد با اضافه کردن یک محلول بازی مثل هیدروکسید

سدیم (NaOH) قسمت‌های دارای بار منفی مولکول اسید آکریلیک توسط کاتیونی مانند سدیم خنثی می‌شود. حال اگر در چنین شرایطی آب به پلیمرها اضافه شود، از محلول شدن سدیم بر اثر فشار اسمزی، مکش قوی برای جذب آب به‌وجود می‌آید. علاوه بر این، بزرگی قطر لایه آب‌پوش سدیم سبب می‌شود که بر اثر آب‌گیری فضاهای موجود بین مولکول‌های پلیمر، باز شده و به تورم آن بینجامد. در ساختار پلیمرهای سوپرجاذب از موادی به نام کراس لینک (cross-linked) برای ایجاد پیوندهایی متقاطع بین مولکول‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱).

افزایش توان نگهداری آب توسط پلیمرها سبب شد که در تحقیقات متعددی استفاده از این مواد در خاک، زنده‌مانی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج تحقیق (Sivapalan, 2006) بیانگر آن است که افزودن پلیمر به خاک‌های شنی و سبک در سطوح ۰/۰۳ درصد و ۰/۰۷ درصد وزنی، باعث ارتقای بازده مصرف آب و افزایش زنده‌مانی گیاه سویا می‌شود. آزمایش‌های صورت گرفته (Huttermann et al., 2012) نیز نشان داد که علائم تنش آبی در خاک شنی بدون پلیمر، ۱۲ روز پس از آبیاری بروز کرد و حال آنکه در همین خاک در سطح اختلاط ۰/۴ درصد پلیمر، علائم تنش بعد از گذشت ۲۴ روز ظاهر شد.

در ادامه این تحقیق که به تأثیر سطوح مختلف پلیمر بر زنده‌مانی نهال‌های کاج حلب گونه *Pinus halepensis* پرداخته شده، مشخص شد با قطع آبیاری در خاک دارای ۰/۲ درصد پلیمر، زنده‌مانی نهال‌ها تا ۲۳ روز میسر بوده ولی با افزودن پلیمر به خاک به اندازه ۰/۴ درصد زنده‌مانی نهال‌ها تا ۴۵ روز ادامه داشت. در خاک شاهد اما زنده‌مانی نهال‌ها فقط تا ۱۷ روز تداوم یافت. در تحقیقات (Hu et al., 2014) استفاده از پلیمر،



شکل ۱- ساختار شیمیایی پلیمرهای سوپرجاذب (مستطیل‌های سیاه‌رنگ در تصویر سمت راست همان کراس لینک‌ها هستند). تصویر سمت چپ تأثیر یون‌های سدیم را در ایجاد فشار اسمزی و مکش آب در پلیمر سوپرجاذب نشان می‌دهد (Koltzenburg, 2013).

مقدار تبخیر از سطح خاک را در مقایسه با شاهد کاهش داد. در مطالعه دیگر (Banedjschafie, 2006) پلیمر در نسبت وزنی ۰/۳ درصد با سه نوع خاک سبک، متوسط و سنگین مخلوط شد، پلیمر میزان ماده خشک در هر سه نوع خاک را در کشت گلدانی گیاه *Panicum antidotale* افزایش داد. بانج‌شفیعی و همکاران (۱۳۸۵) در آزمایش‌های گلدانی نشان دادند که با اضافه کردن پلیمر به خاک‌های سبک، قدرت نگهداری آب و میزان آب قابل دسترس گیاه افزایش می‌یابد. میزان ذخیره آب در پلیمرها تابع نوع پلیمر، ناخالصی یا میزان هدایت الکتریکی آب است. در تحقیقی دیگر از (Banedjschafie, 2015) چنین نتیجه شد که در یک نوع پلیمر آب‌دوست که با نام تجاری A-۲۰۰ از پژوهشگاه پلیمر ایران تهیه شد، میزان جذب آب مقطر در هر گرم از این پلیمر حدود ۲۰۰ گرم بود؛ حال آنکه میزان جذب آب با املاحی در حد ۱/۸ dS/m به کمتر از ۹۰ گرم کاهش پیدا کرد. تأثیر منفی املاح بر آب‌گیری ژل پلی‌آکریل امید در مطالعات دیگری (Bowman et al., 1990) نیز گزارش شده است. این محققان بیان کرده‌اند که مقدار آب مقطر جذب شده در هر گرم از ژل پلیمری بعد از گذشت سه ساعت به بالاترین حد خود یعنی ۴۲۰ گرم رسید در صورتی که آب‌گیری همین ژل در همین زمان با آب دارای املاحی در حد ۰/۵ dS/m باعث کاهش آب‌گیری پلیمر تا حدود ۷۰ درصد در مقایسه با آب مقطر شد.

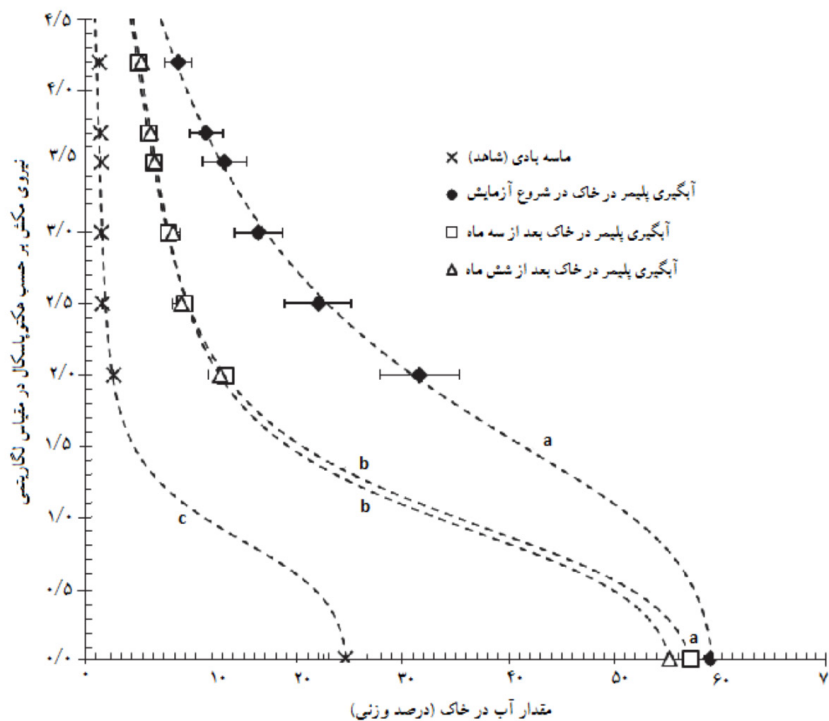
کاهش قدرت نگهداری محلول‌های دارای املاح توسط پلیمر به این دلیل است که بارهای آنیونی مربوط به گروه‌های کربوکسیل در ساختار پلیمر توسط کاتیون‌های حاصل از انحلال نمک خنثی شده و به‌دنبال آن از قدرت مکش آب به داخل پلیمر کاسته می‌شود. از دیگر دلایل کاهش جذب آب در محلول‌های نمکی توسط پلیمر آن است که این نوع محلول‌ها به‌دلیل مکش اسمزی، حرکت آب را به محیط داخل پلیمر با کندی مواجه می‌کنند. گفتنی است که افزایش مکش اسمزی در یک محلول تابع غلظت نمک و نوع یون‌های تشکیل‌دهنده آن محلول است (Banedjschafie, 2015).

یافته‌ها



به‌منظور تأثیر روند کاهش احتمالی کارایی پلیمر سوپرجاذب بر اثر گذشت زمان در این بررسی، ابتدا پلیمر مورد استفاده در نسبت وزنی ۰/۶ درصد با نوعی خاک ماسه بادی از منطقه کاشان مخلوط شد. سپس در سه نوبت اندازه‌گیری در فواصل سه‌ماهه از این خاک برای تعیین منحنی رطوبتی خاک در مکش‌های صفر، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۱/۰، ۳/۰، ۵/۰ و ۱۵/۰ اتمسفر معادل ۰/۰، ۲/۰، ۳/۰، ۳/۵، ۳/۷ و ۴/۲ هکتوپاسکال در مقیاس لگاریتمی نمونه‌برداری شد. نتایج نشان داد که منحنی رطوبتی خاک با گذشت زمان دچار کاهش آب‌گیری می‌شود (شکل ۲). به‌موازات این بررسی هم‌زمان اثر نمک‌های شاخص خاک‌های مناطق بیابانی در غلظت‌های مختلف بر میزان آب‌گیری پلیمر به‌صورت آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت. به‌این منظور نمک‌های مربوطه که از نوع صنعتی آن برای آماده‌سازی محلول‌ها استفاده شد در ابتدا به نسبت‌های مولکولی ۱ به ۱ و با غلظت‌های ۱۶۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شدند. محلول‌های نمکی تهیه شده حاصل از اختلاط $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ، $\text{MgCl}_2 + \text{MgSO}_4$ ، $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ، $\text{MgCl}_2 + \text{NaCl}$ ، $\text{MgSO}_4 + \text{CaCl}_2 + \text{CaSO}_4$ و Na_2SO_4 بودند. پس از آماده‌سازی محلول‌ها به هر لیتر ۱/۰ گرم پلیمر افزوده و به مدت یک شبانه روز به حال خود گذاشته شدند تا پلیمر به بیشینه آب‌گیری برسد.

بنا به اظهارات محققان (Bowman et al., 1990) پلیمرها بعد از ۲۴ ساعت به بیشینه آب‌گیری می‌رسند. بعد از اشباع کامل پلیمرها، ژل‌های پلیمری روی الک بسیار ریز تخلیه شده و به مدت یک ساعت به حال خود رها شدند تا تمام آب آزاد از زیر الک خارج شود. پس از اطمینان از خروج آب اضافی، ژل پلیمری باقی‌مانده روی الک با ترازیوی به دقت ۰/۰۱ گرم توزین و اعداد ثبت شدند. این اندازه‌گیری‌ها برای پلیمر با آب مقطر (نمونه شاهد) نیز انجام شد. بعد از هر



شکل ۲- تغییرات درصد وزنی رطوبت خاک ماسه بادی مخلوط با ۰/۶ درصد پلیمر در سه نوبت اندازه‌گیری در مقایسه با شاهد در مکش‌های مختلف. حروف لاتین غیرمشترک بیانگر معنی‌دار بودن اختلافات بین زمان‌های اندازه‌گیری هستند.

با

گذشت زمان، افزودن

محلول‌های نمکی به‌طور

کلی باعث کاهش ظرفیت

نگهداری آب در پلیمرها می‌شود.

همچنین این کاهش تحت تأثیر

غلظت نمک و ظرفیت یون‌های

محلول قرار می‌گیرد.

۴). چنانچه در شکل ۴ مشاهده می‌شود بیشترین تأثیر بر کاهش آب‌گیری توسط پلیمر متوجه بالاترین غلظت‌های محلول نمک و میزان ظرفیت یون‌های تشکیل‌دهنده در محلول مربوطه است. به‌عنوان مثال محلول حاصل از اختلاط نمک کلرید کلسیم و سولفات کلسیم در بالاترین غلظت، میزان آب‌گیری پلیمر سوپرجاذب را به کمتر از ۱۰ درصد مقدار آب‌گیری پلیمر شاهد (آب‌گیری پلیمر با آب مقطر) رساند.

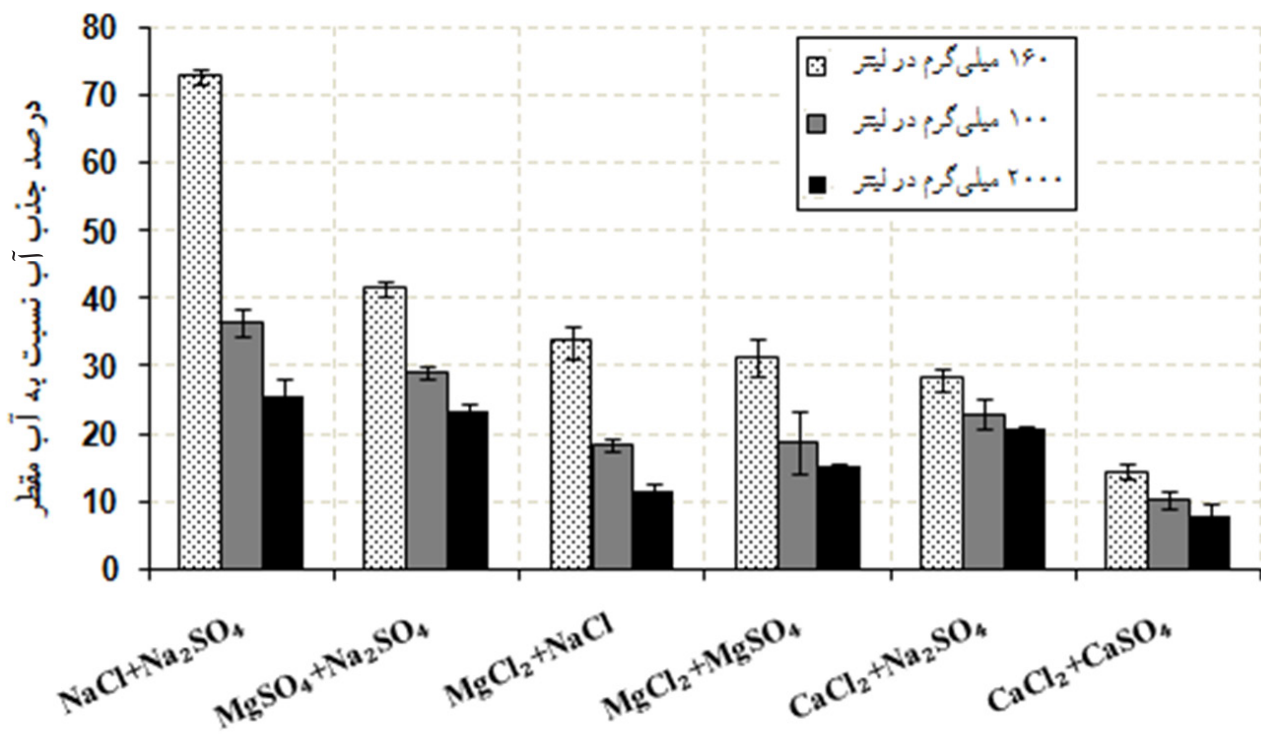
نتیجه‌گیری و پیشنهادها

توان آب‌گیری پلیمرها به‌مرور زمان دچار کاهش شده و از این نظر برای استفاده در عرصه‌های منابع طبیعی به‌منظور نهال‌کاری چندان مناسب به‌نظر نمی‌رسند؛ خصوصاً اینکه اراضی بیابانی بیشتر از املاح بالایی برخوردارند. به‌این منظور پیشنهاد می‌شود برای افزایش قدرت نگهداری آب در عملیات آبیاری در طرح‌های نهال‌کاری در

نوبت از مجموع ۱۱ نوبت اندازه‌گیری در این مرحله از آزمایش محلول‌های نمکی مذکور هر بار تجدید و ساخته می‌شدند. شکل‌های ۳ و ۴ تأثیر افزایش محلول‌های نمکی را بر آب‌گیری پلیمرها نشان می‌دهد. این تحقیق نشان داد که با گذشت زمان، افزودن محلول‌های نمکی به‌طور کلی باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب در پلیمرها می‌شود. همچنین این کاهش تحت تأثیر غلظت نمک و ظرفیت یون‌های محلول قرار می‌گیرد (شکل



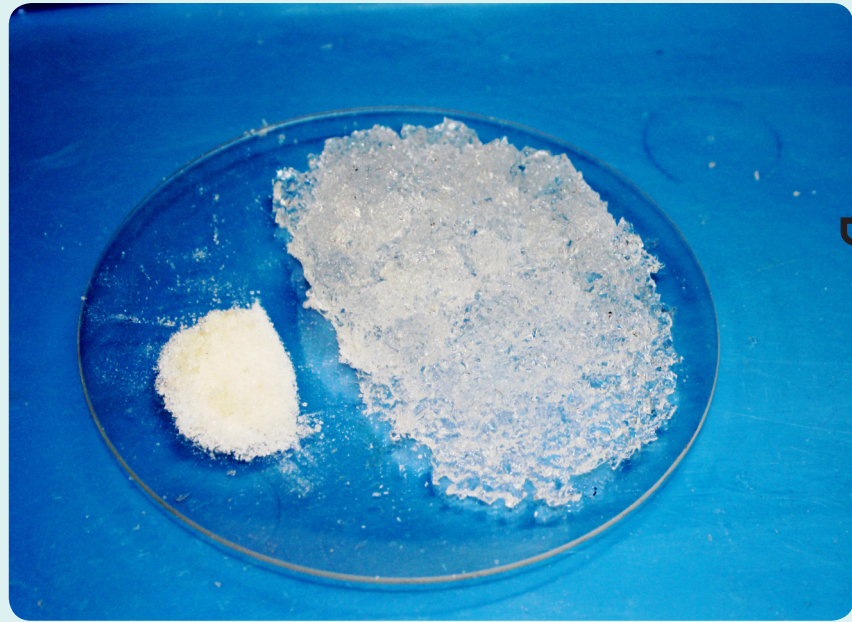
شکل ۳- ظرف سمت راست (الف) پلیمر با ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر، ظرف وسط (ب) پلیمر با ۲۰۰ میلی لیتر آب حاوی ۰/۵ درصد نمک و ظرف سمت چپ (پ) پلیمر با ۲۰۰ میلی لیتر آب حاوی ۰/۹ درصد نمک (افزایش غلظت نمک در این لیوان سبب شد که جذب آب به کمترین حد برسد و مقدار آب آزاد افزایش یابد).



شکل ۴- کاهش درصد تغییرات ظرفیت آب گیری پلیمر سوپرجاذب در محلول های نمکی با غلظت های متفاوت در مقایسه با آب مقطر در آخرین نوبت اندازه گیری



شکل ۸- اثر پلیمر سوپرجاذب روی سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاه یونجه



شکل ۵- افزایش حجم نوعی پلیمر سوپرجاذب قبل از آب‌گیری (سمت چپ) و بعد از آن (سمت راست)



شکل ۷- مقایسه تأثیر پلیمر سوپرجاذب در دو حالت مصرف مناسب پلیمر (سمت راست) و کاهش مصرف آن بر رشد نهال (سمت چپ)



شکل ۶- تأمین آب برای ریشه گیاه توسط پلیمر سوپرجاذب

dration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amended container media. *Journal American Soc. Hort. Sci.* 115 (3): 382-386.

Evonik Industries, 2013. Stockosorb FAQ. Available at: <http://www.creasorb.de/producte/stocosorb/faqpages/default.aspx> (last accessed December 14:2013).

Hu, Z., Yang, J., Yan, L., and Shi, Y., 2014. Effects of Super Absorbent Resin on Soil Characteristics in Dry-land Wheat. *Advance Journal of Food Science and Technology* 6(4): 480-483.

Hüttermann, A., Reise, K., Zomorodi, M. and Wang, S., 1997. The use of hydrogels for afforestation of difficult stands: water and salt stress. In: Zhou, H., Weisgerber, H. (eds.): *Afforestation in semi-arid regions* pp.167 - 177, Datong/Jinshatan, China.

Koltzenburg, S., 2013. *Polymere: Synthese, Eigenschaften und Anwendungen*. Springer Verlag, 607p.

Robiul Islam, M., Shahidul Alam, A.M., Egrinya Eneji, A., Ren, C., Song, W., and Hu, Y., 2011. Evaluation of a water-saving superabsorbent polymer for forage oat (*Avena sativa* L.) production in arid regions of northern China. *J. Food, Agricult. & Environ.* 9: 514-518.

Shooshtarian, S., Abedi-Kupai, J. and TehraniFar, A., 2012. Evaluation of Application of superabsorbent Polymers in Green Space of Arid and semi-Arid regions with emphasis on Iran. *Int. J. Forest, Soil and Erosion (IJFSE)* 2: 24-36.

Sivapalan, S., 2006. Benefits of treating a sandy soil with a crosslinked-type polyacrylamide. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46 (4): 579-584.

پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۳ (۲): ۱۴۴-۱۳۹.

Banedjschafie, S., Durner, W., 2015. Water retention properties of a sandy soil with superabsorbent polymers as affected by aging and water quality. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178: 798-806.

Banedjschafie, S. and Herzog, H., 2006. Wirkungen eines polymeren Bodenverbessers auf die Ertragsbildung von Hirse unter ariden Bedingungen. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 107 (1): 55-66.

Bastani, S., 1998. *Unterflurbewässerung mittels Kuseh-Rohre, Entwicklung eines neuen Bewässerungssystems mit hoher Wassereffizienz und Bewässerungsversuche in Karadj/Iran, Heft 26*

Bowman, D.C., Evans, R.Y. and Paul, J.L., 1990. Fertilizer salts reduce hy-

مناطق خشک و بیابانی در خاک‌های شنی به جای استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب با توجه به غیراقتصادی بودن آن از مواد جاذب رطوبت طبیعی آلی مثل کمپوست، هوموس یا خاک رس استفاده شود؛ زیرا افزودن مخلوطی از خاک رس و کمپوست به چاله‌های درخت‌کاری در عرصه‌های منابع طبیعی علاوه بر افزایش مواد آلی در خاک به خوبی می‌تواند ویژگی‌های مورد انتظار از کاربرد پلیمرهای آبدوست را به‌طور هم‌زمان تأمین کند.

منابع

بانج شفیعی، ش.، رهبر، الف.، خاکساریان، ف.، ۱۳۸۵، اثر نوعی پلیمر آبدوست بر ویژگی‌های رطوبتی خاک‌های شنی. فصلنامه علمی -