

بررسی تأثیر نوع و غلظت نمک بر کارایی جذب سوپرجاذب

سعید جلیلی^۱، معین هادی^۲، ابوالفضل مجنوننی هریس^۳، رضا دلیر حسن‌نیا^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۷)

چکیده

در این پژوهش از دو نوع سوپرجاذب با نام آکوازورب و استاکوزورب و چهار نوع نمک شامل سولفات سدیم، کلرید پتاسیم، کلرید کلسیم و کلرید سدیم در سه غلظت ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱ مولار استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد در ابتدای آزمایش، ظرفیت جذب آب آکوازورب بیشتر از استاکوزورب می‌باشد و عموماً بعد از ۳۰ الی ۴۵ دقیقه، ظرفیت جذب استاکوزورب در مقایسه با آکوازورب افزایش می‌یابد. نمک‌های NaCl و CaCl₂ در همه غلظت‌ها به ترتیب کمترین و بیشترین تأثیر را در کاهش جذب نسبت به محلول شاهد برای هر دو سوپرجاذب آکوازورب و استاکوزورب داشتند. سرعت جذب نیز در تمامی محلول‌ها با گذشت زمان کاهش یافت. همچنین افزایش غلظت محلول‌ها نیز باعث کاهش سرعت جذب گردید. در تمامی محلول‌ها، در دقایق ابتدایی آزمایش، کاهش سرعت جذب توسط آکوازورب در مقایسه با استاکوزورب کمتر بود. در مورد شوری محلول‌ها پس از جذب آب توسط سوپرجاذب‌ها نیز در همه غلظت‌ها برای آکوازورب رابطه $Na_2SO_4 > CaCl_2 > KCl > NaCl$ برقرار است. اما در مورد استاکوزورب، روند ثابتی در غلظت‌های مختلف محلول‌ها مشاهده نگردید. بر اساس نتایج حاصل شده، با توجه به سرعت جذب بیشتر آکوازورب نسبت به استاکوزورب در دقایق ابتدایی، در مناطقی که بارندگی‌ها به صورت رگباری و با مدت زمان تداوم کمتر از ۳۰ دقیقه رخ می‌دهد و نیز در مناطق عمده کشت دیم، کاربرد سوپرجاذب آکوازورب توصیه می‌گردد. همچنین با توجه به نتایج جذب در ۲۴ ساعت و بالا بودن ظرفیت جذب استاکوزورب در مقایسه با آکوازورب، کاربرد استاکوزورب در شرایط کشت آبی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آکوازورب، استاکوزورب، سوپرجاذب، شوری، ظرفیت جذب

جلیلی س.، هادی م.، مجنوننی هریس ا.، دلیر حسن‌نیا ر. ۱۳۹۸. بررسی تأثیر نوع و غلظت نمک بر کارایی جذب سوپرجاذب. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۷، شماره ۲. ص ۹۷-۱۰۸.

۱- دانشجوی دکتری گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران (مکاتبه کننده)

۲- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*پست الکترونیک: jalili_saeid@yahoo.com

مقدمه

جاذب صورت گرفته که بیشتر آن‌ها بر روی تحقیق و توسعه مواد جدید و تولید آن‌ها (Liu ; Achwal, 1997)؛ مقایسه و ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها (Glasbey et al., 1998)؛ و اثر آن‌ها بر روی خاک و رشد گیاهان بوده است (Busscher ; Arbona et al., 2000)؛ (Nazarli et al., 2011; Islam et al., 2009)؛ (Wu et al 2012; Eskin et al., 2011)؛ (Majed Abu, 2006) استفاده از نوعی پلیمر سوپر جاذب در پلات‌های خاک را بر افزایش نفوذپذیری، کاهش رواناب، کل حجم نفوذپذیری و سرعت نفوذ نهایی مؤثر دانست. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که می‌توان در مناطق ضعیف از نظر استعداد کشاورزی، از این دسته پلیمرهای یونی به منظور بهبود ساختمان خاک و افزایش تهویه و نگهداشت در خاک استفاده کرد. بای و همکاران (Bai et al., 2010) در پژوهشی نشان دادند که استفاده از پلیمر سوپر جاذب با گذشت زمان و دوره‌های متوالی خشک و مرطوب شدن خاک، باعث کاهش هدایت الکتریکی (EC) خاک می‌گردد. ایشان همچنین گزارش کردند که نوع پلیمر سوپر جاذب نیز در تغییرات EC خاک تأثیرگذار می‌باشد. لذا با توجه به تأثیر سوپر جاذب‌ها در حفظ رطوبت خاک و شور شدن اراضی کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه، هدف پژوهش حاضر بررسی اثر غلظت‌های مختلف شوری بر مقدار و روند تغییرات ظرفیت جذب، شدت جذب و تغییرات هدایت الکتریکی محلول‌ها در کاربرد دو نوع سوپر جاذب استاکوزورب و آکوازورب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از دو نوع سوپر جاذب آکوازورب و استاکوزورب، چهار نوع نمک سولفات سدیم، کلرید پتاسیم، کلرید کلسیم و کلرید سدیم استفاده شده است. سوپر جاذب استاکوزورب و آکوازورب پلیمرهای حاوی پتاسیم هستند که مخصوص بهبود ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی در انواع خاک‌ها طراحی شده‌اند. این سوپر جاذب‌ها با مقدار کمی هیدروکسید پتاسیم و آمونیاک، غنی شده که هر دو جزء مواد ضروری گیاه هستند و به صورت یک پلی‌اکریلامید خنثی درآمده‌اند. مشخصات فیزیکی و

در سال‌های اخیر، برخی از مواد شیمیایی جهت افزایش میزان نگهداشت آب در خاک به کار برده شده‌اند. پلیمرهای سوپر جاذب یکی از این نوع مواد می‌باشند. کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب در کشاورزی به دلیل نقش این مواد در افزایش ظرفیت نگهداری و جذب آب در خاک، به منظور مقابله با شرایط کم آبی و کاهش اثرات سوء خشکسالی از اهمیت به‌سزایی برخوردار هستند. این پلیمرها موجب جذب سریع و به مقدار قابل ملاحظه‌ای آب در ساختمان خود می‌شوند. تحقیقات انجام شده روی تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب در خاک و تحت شرایط کم آبی روی برخی گیاهان موفقیت‌آمیز بوده است (De Herralde et al., 1998). از پرکاربردترین نوع سوپر جاذب‌های مورد استفاده در کشاورزی، پلیمرهایی با ماهیت پلی‌اکریل آمید می‌باشند. این پلیمرها آلی و از پلی‌اکریلات پتاسیم و کوپلیمرهای پلی‌اکریل آمید 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 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 (Xiahua et al., 2008). این مواد در ساختار خود دارای یک بخش آب‌دوست بوده که می‌تواند مایعات را جذب و در خود نگه دارند. برای آزاد شدن آب جذب شده از این مواد، نیاز به یک نیروی فشاری خواهد بود (Devine & Higginbotham, 2005; Rao et al., 2012). امروزه صدها نوع ماده هیدروژل به عنوان مواد جاذب رطوبت با توانایی جذب و نگهداری ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ گرم آب به ازای هر گرم هیدروژل موجود است (Bowman & Evans, 1991). پلیمرهای سوپر جاذب شبکه‌های هیدروفیلی هستند که هم آب جذب می‌کنند و هم مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبدار را نگهداری می‌کنند (Zohurian-mehr & Kabiri, 2008). این پلیمرها به‌طور مؤثری سرعت نفوذ، تراکم، ساختار خاک، فشردگی خاک، بافت خاک، پایداری خاکدانه‌ها، سله زمین و سرعت تبخیر را تحت تأثیر قرار داده (Abedi-koupai & Asadkazemi, 2006) و به ازای هر گرم وزن خشک خود، ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌لیتر آب ذخیره می‌نماید. مطالعات بسیاری بر روی مواد سوپر

اقدام به توزین سوپر جاذب گردید. در این آزمایش پارامترهایی نظیر ظرفیت جذب آب توسط سوپر جاذب، سرعت جذب، جذب ۲۴ ساعته و نیز هدایت الکتریکی محلول‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

ظرفیت جذب آب توسط سوپر جاذب‌ها با اشباع کردن آن‌ها توسط محلول‌های تهیه شده و سپس فیلتر نمودن آب اضافی در زمان‌های قرائت به دست آمد. جهت به دست آوردن میزان جذب در یک روز نیز محلول‌های تهیه شده به مدت ۲۴ ساعت به حال خود رها شده و پس از سپری شدن زمان مورد نظر، میزان جذب در ۲۴ ساعت نیز به دست آمد.

جهت محاسبه سرعت جذب آب توسط سوپر جاذب‌ها از رابطه زیر استفاده شد:

$$q = \frac{m}{t} \quad (1)$$

در این رابطه q سرعت جذب آب توسط سوپر جاذب بر حسب گرم بر دقیقه و m وزن سوپر جاذب حاوی آب پس از انجام عمل فیلتراسیون و t زمان قرائت می‌باشد. تغییرات شوری محلول جذب نشده توسط سوپر جاذب نیز طی زمان‌های قرائت با استفاده از دستگاه EC سنج در دمای استاندارد اندازه‌گیری شد.

شیمیایی سوپر جاذب‌های استاکوزورب و آکوازورب به- ترتیب در جدول ۱ ارائه شده است (اطلاعات مربوطه از کاتالوگ شرکت سازنده استخراج شده است). با استفاده از این نمک‌ها و با کاربرد آب مقطر، محلول‌هایی با غلظت ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱ مولار تهیه گردید. در این آزمایش که به منظور بررسی اثر شوری بر مقدار و سرعت جذب سوپر جاذب صورت گرفته است، از آب مقطر به عنوان محلول شاهد استفاده شده است. در هر مرحله از آزمایش (یک سوپر جاذب و یک غلظت از یک محلول)، تعدادی ظرف آزمایشی به تعداد مورد نیاز تهیه شده و به هر کدام مقدار ۰/۰۵ گرم سوپر جاذب ریخته شد و در ادامه مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول به هر کدام از ظرف افزوده شد. زمان‌های ۱، ۳، ۶، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ دقیقه و ۲۴ ساعت به عنوان زمان‌های قرائت در نظر گرفته شد. به این ترتیب با داشتن دو نوع سوپر جاذب، چهار نمک، سه غلظت و ۱۰ زمان قرائت و با در نظر گرفتن آب مقطر به عنوان محلول شاهد در دو نوع سوپر جاذب و ۱۰ زمان قرائت، ۲۶۰ نمونه آزمایشی تهیه و آزمایش انجام گرفت. در زمان‌های قرائت، محلول را از صافی توری با قطر ۰/۲ میلی‌متر عبور داده و آب جذب نشده را در ظرف دیگری جمع‌آوری نموده و پس از انجام عمل آگیری آب مازاد،

جدول ۱ - مشخصات فیزیکی و شیمیایی سوپر جاذب‌های استاکوزورب و آکوازورب

Table 1. The physical and chemical properties of Aquasorb and Stockosorb superabsorbents

Properties	Stockosorb	Aquasorb
Solubility	Insoluble in water and organic solutions	Insoluble in water and organic solutions
Acidity	7-8	8
Water absorption capacity	The minimum 150 and maximum 400 mL per g	The minimum 150 and maximum 400 mL per g
The size of particles	0.2-0.8 mm	Powder, medium and large
Effective life span in the soil	7-15 years	5 years
The water usable for the plant	More than 95%	More than 95%
Toxicology and ecology	Nontoxic	Nontoxic

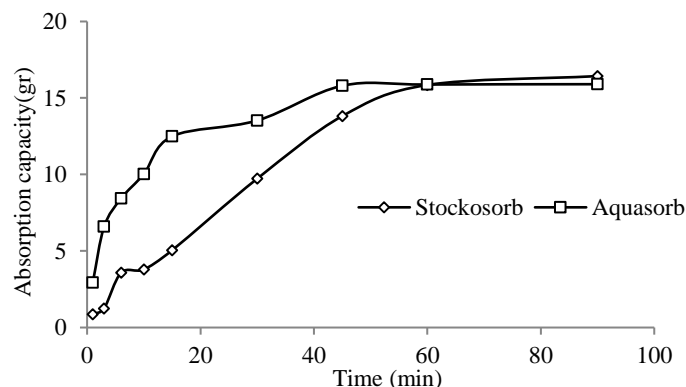
نشان داد که آکوازورب و استاکوزورب به ترتیب تا دقیقه ۴۵ و ۶۰ دارای روند صعودی بوده و در این دقیقه به حداکثر میزان جذب رسیده و پس از آن به صورت ثابت مانده و آبی را جذب ننموده‌اند. در زمان‌های ابتدایی، میزان فشار اسمزی نسبتاً بزرگ بود، در نتیجه میزان جذب آب نیز بیشتر بود (Huang et al., 2014). متوسط

نتایج و بحث

مقایسه محلول‌های شاهد دو نوع سوپر جاذب: در شکل ۱ میزان جذب آب توسط آکوازورب و استاکوزورب در محلول شاهد نشان داده شده است. در ۶۰ دقیقه ابتدایی، میزان جذب سوپر جاذب آکوازورب بیشتر از استاکوزورب بوده و پس از برابری میزان جذب در دقیقه ۶۰، مقدار جذب استاکوزورب بیشتر از آکوازورب می‌باشد. نتایج

استاکوزورب بوده و پس از آن شوری استاکوزورب بیشتر از آکوازورب بود. متوسط شوری محلول‌های شاهد حاوی استاکوزورب و آکوازورب تا زمان دقیقه ۹۰ به ترتیب برابر ۲۱/۱۷ و ۲۹/۷۸ میکرو زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد.

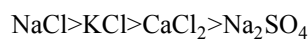
جذب آب آکوازورب در مدت زمان آزمایش نیز بیشتر از استاکوزورب بود. اندازه‌گیری شوری محلول‌ها نشان داد که مقدار شوری محلول حاوی استاکوزورب دارای روند افزایشی بوده و آکوازورب روند نوسانی داشته است. با مقایسه شوری بین دو سوپر جاذب نیز مشاهده شد که مقدار شوری محلول حاوی سوپر جاذب آکوازورب تا زمان ۴۵ دقیقه بیشتر از



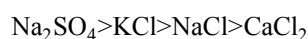
شکل ۱- مقایسه ظرفیت جذب سوپر جاذب‌های آکوازورب و استاکوزورب در محلول شاهد

Figure 1. Comparison of the absorption capacity of Aquasorb and Stockosorb superabsorbents in the reference sample

شده در زمان‌های قرائت را می‌توان به ترتیب زیر نشان داد:



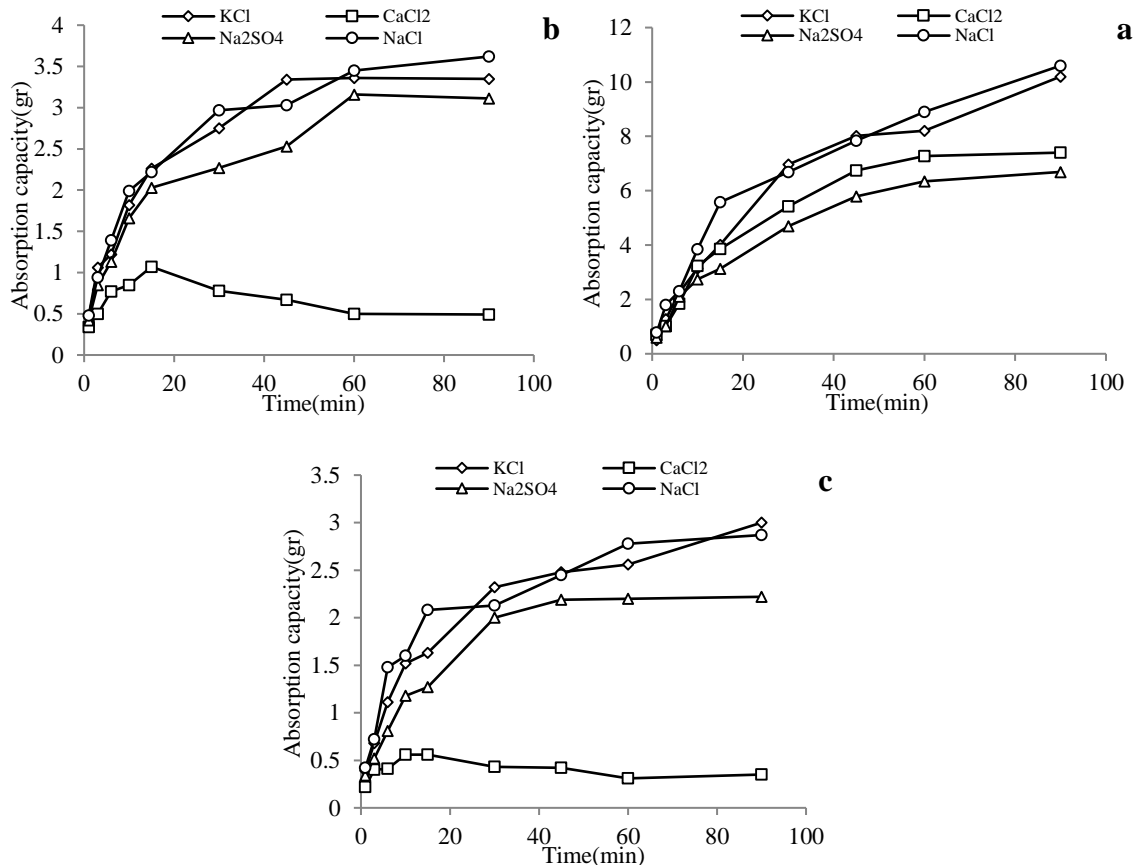
با مقایسه مقادیر شوری هر یک از محلول‌ها می‌توان میزان شوری هر یک از آن‌ها را به ترتیب زیر بیان کرد:



همچنین با گذشت زمان و جذب بیشتر آب توسط سوپر جاذب، میزان شوری محلول‌ها افزایش می‌یابد. دلیل این امر جذب بیشتر آب با گذشت زمان و افزایش غلظت نمک در محلول می‌باشد. متوسط افزایش شوری تا زمان ۹۰ دقیقه برای محلول‌های $\text{CaCl}_2, \text{NaCl}, \text{KCl}, \text{Na}_2\text{SO}_4$ به- ترتیب برابر ۲۲/۴۷ و ۲۷/۸۸، ۳۲/۷۸، ۵۰/۳۰ برابر محلول شاهد بوده است.

ظرفیت جذب سوپر جاذب استاکوزورب در محلول- های مختلف انواع نمک

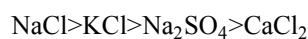
محلول‌های نمک با غلظت ۰/۰۰۵ مولار: نتایج تأثیر نمک- های NaCl و KCl ، CaCl_2 ، Na_2SO_4 بر میزان جذب آب توسط سوپر جاذب استاکوزورب در غلظت ۰/۰۰۵ مولار در شکل ۲-a نشان داده شده است. با توجه به این شکل، با گذشت زمان میزان جذب آب در تمامی محلول‌ها افزایش یافت، اما تا زمان قرائت ۱۰ دقیقه ترتیب مشخصی بین میزان جذب محلول‌ها وجود نداشت. هر چند میزان جذب محلول‌های حاوی NaCl بیشتر از سایر محلول‌ها بود. همچنین با مقایسه هر چهار محلول می‌توان مشاهده کرد که میزان جذب آب توسط محلول‌های KCl و NaCl بیشتر از دو محلول دیگر بود، ولی نمی‌توان روند مشخصی بین این دو محلول در نظر گرفت. متوسط میزان آب جذب



شکل ۲- مقایسه میزان جذب سوپر جاذب استاکوزورب بین محلول‌های مختلف در غلظت‌های متفاوت (a, b و c به ترتیب محلول با غلظت ۰/۰۰۵، ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار)

Figure 2. Comparison of the absorption capacity of Stockosorb superabsorbent in different solutions with varied concentrations (a, b, c solutions with concentrations 0.005, 0.05, 0.1M respectively)

آب جذب شده در زمان‌های قرائت را می‌توان به ترتیب زیر نشان داد:



نتیجه به دست آمده با نتایج حاصل از مطالعه هوانگ و همکاران (Huang *et al.*, 2014) همخوانی دارد. به دلیل اینکه شعاع یونی سدیم کمتر از پتاسیم است، بنابراین با قدرت یونی یکسان، جذب آب سوپر جاذب در محلول حاوی سدیم بیشتر از محلول حاوی یون پتاسیم است (Bao *et al.*, 2011).

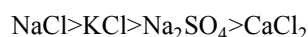
اندازه‌گیری شوری محلول فیلتر شده نشان داد که بیشترین مقدار شوری مربوط به محلول Na_2SO_4 و کمترین مقدار آن مربوط به محلول $NaCl$ بود. در مورد روند تغییرات شوری نمی‌توان یک روند منظمی را برای محلول‌ها در نظر گرفت. مقدار متوسط شوری محلول‌های $NaCl, KCl, CaCl_2, Na_2SO_4$ تا زمان ۹۰ دقیقه به ترتیب برابر ۹/۲، ۸/۸۴، ۸/۸۳، ۶/۸۳ و ۵/۵۵ میلی زیمنس بر متر

محلول‌های نمک با غلظت ۰/۰۵ مولار: روند تغییرات جذب آب در شکل ۲-b نشان داده شده است. با افزایش میزان شوری و رساندن غلظت نمک‌ها به ۰/۰۵ مولار، میزان جذب آب توسط سوپر جاذب استاکوزورب در تمامی محلول‌ها کاهش یافت. افزایش شوری در محلول حاوی $CaCl_2$ بیشتر از سایر محلول‌ها بر میزان جذب آب تأثیر گذاشت. در زمان ۱ دقیقه، تفاوت چندانی در میزان جذب آب در محلول‌ها مشاهده نگردید. ولی با گذشت زمان، میزان آب جذب شده تفاوت چشمگیر خود را نشان داد. میزان جذب آب در دو محلول KCl و Na_2SO_4 با گذشت زمان افزایش یافته و به مقدار تقریباً ثابتی رسید. محلول $NaCl$ همواره دارای روند افزایشی بود. ولی در مورد محلول $CaCl_2$ ، تا دقیقه ۱۵ روند افزایشی مشاهده گردید و پس از آن روند جذب به صورت نزولی بوده و در نهایت به مقدار تقریباً ثابتی رسیده است. متوسط میزان

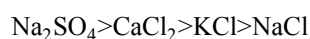
۱۶/۴۸ ، ۱۳/۰۶ و ۱۰/۵۱ میلی زمینس بر متر اندازه-گیری شد.

ظرفیت جذب سوپر جاذب آکوازورب در محلول‌های مختلف انواع نمک

محلول‌های نمک با غلظت ۰/۰۰۵ مولار: در شکل ۳-ا روند تغییرات جذب آب در این غلظت نشان داده شده است. میزان جذب آب در محلول NaCl همواره به صورت افزایشی بود. ظرفیت جذب در محلول حاوی نمک KCl دارای روند صعودی بوده و فقط در زمان‌های ۴۵ و ۶۰ دقیقه، دچار کاهش می‌گردد. در محلول Na₂SO₄ نیز ظرفیت جذب تا دقیقه ۴۵ دارای شیب افزایشی بوده و از آن پس تقریباً ثابت می‌گردد. در مورد محلول CaCl₂ نیز ظرفیت جذب تا دقیقه ۳۰ افزایش و سپس تغییرات به صورت نامنظم بود. متوسط میزان آب جذب شده در زمان‌های قرائت را می‌توان به ترتیب زیر نشان داد:

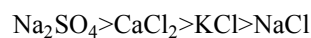


نتیجه به دست آمده با نتایج حاصل از مطالعه هوانگ و همکاران (Huang et al., 2014) همخوانی دارد. همچنین به این نکته می‌توان اشاره کرد میل به واکنش شیمیایی و ترکیب با مواد مختلف فلزات قلیایی، بیشتر از فلزات قلیایی خاکی است. بنابراین، بیشتر بودن جذب آب در محلول‌های سدیم کلرید، پتانسیم کلرید و سولفات سدیم نسبت به کلسیم کلرید را می‌توان این چنین تفسیر کرد. بررسی نتایج حاصل از شوری در مورد هر سه محلول نشان داد که هیچ‌گونه روند منظمی مشاهده نگردید. از نظر افزایش میزان شوری بین چهار نمک می‌توان طبقه-بندی زیر را بیان کرد:

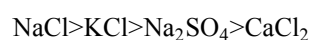


متوسط افزایش شوری تا زمان ۹۰ دقیقه برای محلول‌های NaCl، CaCl₂، KCl و Na₂SO₄ به ترتیب ۳۵/۷۹، ۳۲/۲۷، ۲۳/۶۹ و ۲۰/۲۲ برابر محلول شاهد بوده است.

قرائت شد. با مقایسه مقادیر شوری هر یک از محلول‌ها می‌توان میزان شوری هر یک از آن‌ها را به ترتیب زیر بیان کرد:



محلول‌های نمک با غلظت ۰/۱ مولار: نتایج میزان جذب آب در غلظت ۰/۱ مولار در شکل ۲-ب نشان داده شده است. بررسی نتایج به دست آمده نشان داد روند تغییرات جذب در محلول KCl به صورت صعودی بود. محلول NaCl نیز دارای روند صعودی بود. در مورد محلول Na₂SO₄ روند صعودی تا زمان قرائت ۴۵ دقیقه مشاهده شد و پس از آن میزان جذب به مقدار تقریباً ثابتی رسید. در رابطه با تغییرات جذب محلول CaCl₂ روند منظمی وجود نداشت. تغییرات جذب نیز در زمان‌های مختلف قرائت نسبت به سایر محلول‌ها بسیار کمتر بود. متوسط میزان آب جذب شده در زمان‌های قرائت را می‌توان به ترتیب زیر نشان داد:

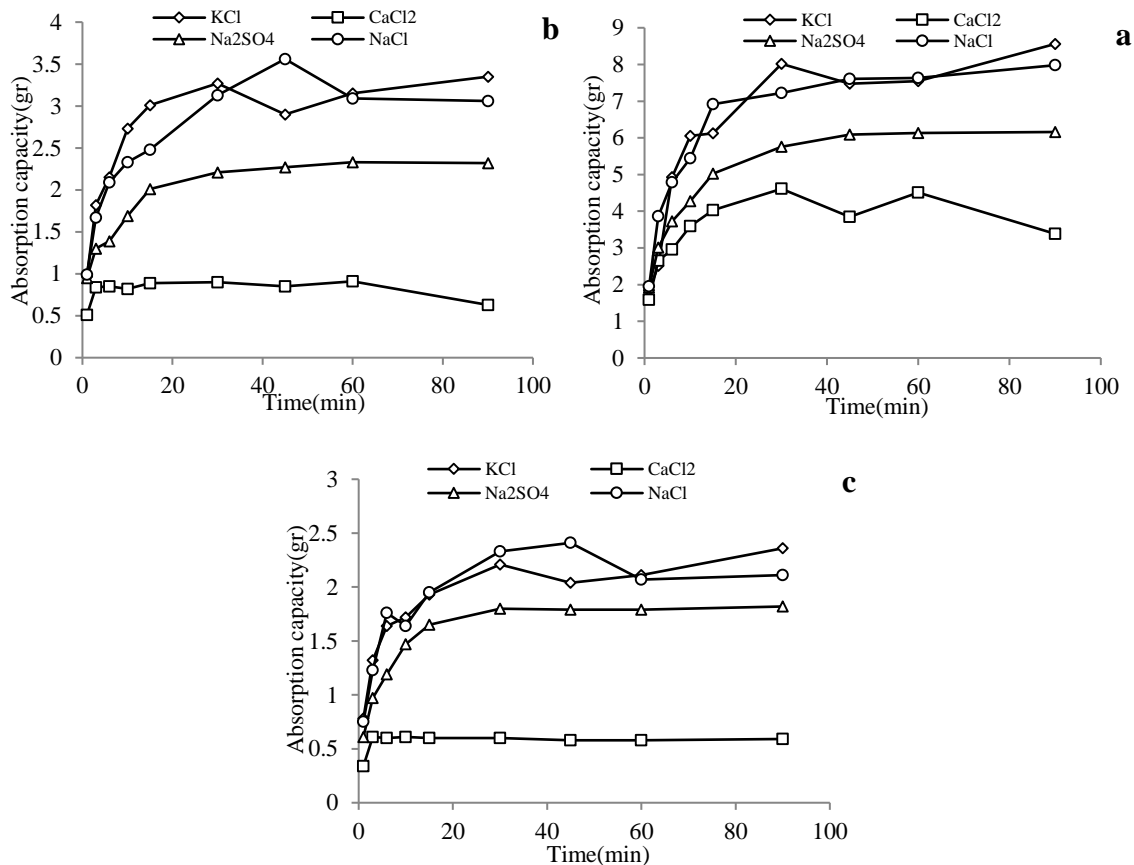


نتیجه به دست آمده با نتایج حاصل از مطالعه هوانگ و همکاران (Huang et al., 2014) همخوانی دارد. برای آنیون‌های یکسان و کاتیون‌های متفاوت مشاهده شد که میزان جذب آب با افزایش بار کاتیون کاهش داشت (Huang et al., 2014). همچنین در این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که برای کاتیون‌های ثابت با افزایش بار آنیون میزان جذب کاهش یافت مانند آنچه که بین محلول‌های سدیم کلرید و سدیم سولفات مشاهده شد.

همانند غلظت ۰/۰۵ مولار نمی‌توان روند منظمی را برای تغییرات شوری در نظر گرفت. با مقایسه مقادیر شوری هر یک از محلول‌ها می‌توان میزان شوری هر یک از آن‌ها را به ترتیب زیر بیان کرد.



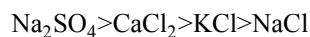
متوسط مقادیر شوری در محلول‌های CaCl₂، Na₂SO₄، KCl و NaCl تا زمان ۹۰ دقیقه به ترتیب برابر ۱۷/۱۶،



شکل ۳ - مقایسه میزان جذب سوپرجاذب آکوازورب بین محلول‌های مختلف در غلظت‌های متفاوت (a, b, c به ترتیب محلول با غلظت ۰/۰۰۵، ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار)

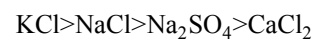
Figure 3. Comparison of the absorption capacity of Aquasorb superabsorbent in different solutions with varied concentrations (a, b, c solutions with concentrations 0.005, 0.05, 0.1M respectively)

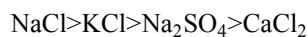
در مورد نتایج شوری محلول نیز نحوه تغییرات و روند افزایش شوری محلول‌ها مشابه غلظت ۰/۰۰۵ مولار بوده و متوسط مقدار شوری محلول‌های CaCl_2 ، Na_2SO_4 و KCl به ترتیب برابر ۹/۲۲، ۸/۸۸، ۶/۸۴ و ۵/۵۷ میلی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. از نظر افزایش میزان شوری بین چهار نمک می‌توان طبقه‌بندی زیر را بیان کرد:



محلول‌های نمک با غلظت ۰/۱ مولار: در شکل ۳- c روند تغییرات جذب آب در این غلظت نشان داده شده است. روند تغییرات ظرفیت جذب محلول‌های KCl ، NaCl و Na_2SO_4 کاملاً مشابه غلظت ۰/۰۵ مولار می‌باشد. اما ظرفیت جذب محلول CaCl_2 در بازه زمانی ۱ الی ۳ دقیقه افزایش داشته و پس از آن تا زمان ۹۰ دقیقه تقریباً ثابت و تغییرات آن بسیار کم بود. متوسط میزان آب جذب شده در زمان‌های قرائت را می‌توان به ترتیب زیر نشان داد:

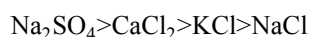
محلول‌های نمک با غلظت ۰/۰۵ مولار: در غلظت ۰/۰۵ مولار تغییرات ظرفیت جذب محلول‌های KCl و Na_2SO_4 مشابه غلظت ۰/۰۰۵ مولار می‌باشد. با این تفاوت که در بازه زمانی ۱ الی ۳ دقیقه نیز ظرفیت جذب KCl بیشتر از Na_2SO_4 بود. با توجه به شکل ۳- b محلول NaCl در دقیقه ۴۵ به حداکثر میزان جذب خود رسیده و سپس کاهش و به مقدار ثابتی رسیده است. اما در مورد محلول CaCl_2 کاهش ظرفیت جذب در مقایسه با سایر محلول‌ها بسیار بیشتر بوده و تغییرات جذب نیز در بازه زمانی ۱ الی ۳ دقیقه افزایشی، و سپس تا زمان قرائت ۶۰ دقیقه تقریباً ثابت بوده و تغییرات ناچیز می‌باشد و در بازه زمانی ۶۰ الی ۹۰ دقیقه نیز دچار کاهش می‌گردد. متوسط میزان آب جذب شده در زمان‌های قرائت را می‌توان به ترتیب زیر نشان داد:





نتیجه به دست آمده با نتایج حاصل از مطالعه هوانگ و همکاران (Huang *et al.*, 2014) همخوانی دارد. به دلیل اینکه شعاع یونی سدیم کمتر از پتاسیم است، بنابراین با قدرت یونی یکسان جذب آب سوپر جاذب در محلول حاوی سدیم بیشتر از محلول حاوی یون پتاسیم است (Bao *et al.*, 2011).

در مورد نتایج شوری، نحوه تغییرات و روند افزایش شوری محلول‌ها مشابه غلظت‌های قبلی بوده و متوسط مقدار شوری محلول‌های NaCl ، KCl ، CaCl_2 ، Na_2SO_4 به ترتیب برابر ۱۶/۶، ۱۶/۲۲، ۱۳/۰۴ و ۱۰/۶۳ میلی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. از نظر افزایش میزان شوری بین چهار نمک می‌توان طبقه‌بندی زیر را بیان کرد:



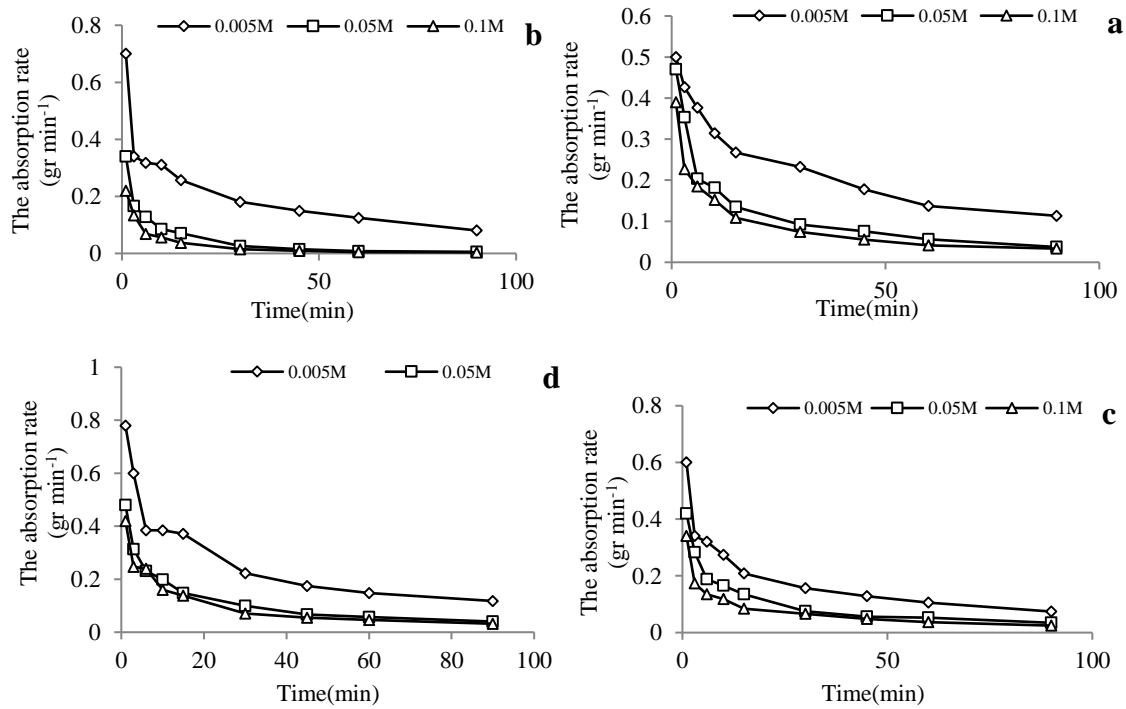
سرعت جذب

محلول نمک KCl: در شکل‌های a-4 و a-5 به ترتیب تغییرات سرعت جذب برای سوپر جاذب استاکوزورب و آکوزورب برای محلول KCl نشان داده شده است. با افزایش غلظت نمک، میزان سرعت جذب کاهش یافت. با مقایسه میزان سرعت جذب آب توسط سوپر جاذب‌های استاکوزورب و آکوزورب مشاهده گردید که تا زمان قرائت ۳۰ دقیقه، میزان سرعت جذب آکوزورب بیشتر از استاکوزورب بوده، ولی از دقیقه ۳۰ به بعد میزان سرعت جذب استاکوزورب بیشتر بود. با این تفاوت که این افزایش سرعت جذب ناچیز بوده و با گذشت ۱/۵ ساعت از شروع آزمایش، میزان سرعت جذب برای هر یک از غلظت‌ها تقریباً برابر گردید. روند نتایج استاکوزورب هم نشان داد که با گذشت زمان بیشتر، امکان یکسان شدن سرعت جذب برای غلظت‌های مختلف بمانند آکوزورب وجود دارد.

محلول نمک CaCl_2 : در شکل‌های b-4 و b-5 به ترتیب تغییرات سرعت جذب برای سوپر جاذب استاکوزورب و آکوزورب برای محلول CaCl_2 نشان داده شده است. در مورد محلول CaCl_2 با افزایش غلظت نمک میزان سرعت جذب کاهش یافت. سرعت جذب برای هر دو سوپر جاذب در دقایق اولیه جذب بیشتر بوده و با گذشت هر چه بیشتر زمان، سرعت جذب کاهش یافت. افزایش شوری تأثیر بیشتری بر روی سرعت جذب توسط استاکوزورب نسبت به آکوزورب داشت. به طوری که در غلظت ۰/۰۵ مولار، سرعت جذب در استاکوزورب به طور قابل توجهی بیشتر از دو غلظت دیگر بود. در غلظت‌های ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار از زمان قرائت ۳۰ دقیقه به بعد میزان سرعت جذب تقریباً برابر گردید.

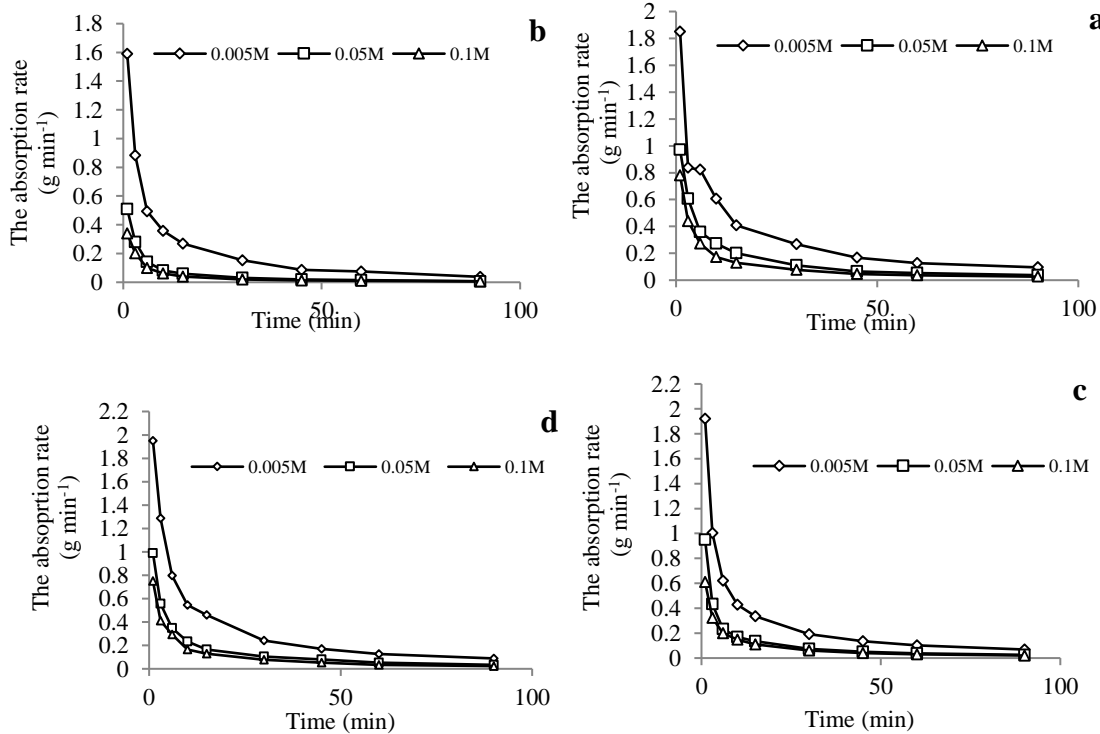
محلول نمک Na_2SO_4 : در شکل‌های c-4 و c-5 به ترتیب تغییرات سرعت جذب برای سوپر جاذب استاکوزورب و آکوزورب برای محلول Na_2SO_4 نشان داده شده است. در مورد محلول Na_2SO_4 با افزایش غلظت نمک میزان سرعت جذب کاهش یافت. سرعت جذب برای هر دو سوپر جاذب در دقایق اولیه جذب بیشتر بوده و با گذشت هر چه بیشتر زمان، سرعت جذب کاهش یافت. افزایش شوری تأثیری بر روی افزایش سرعت جذب توسط استاکوزورب نسبت به آکوزورب نداشت.

محلول نمک NaCl: در شکل‌های d-4 و d-5 به ترتیب تغییرات سرعت جذب برای سوپر جاذب استاکوزورب و آکوزورب برای محلول NaCl نشان داده شده است. همانند سایر محلول‌ها با گذشت زمان از میزان سرعت جذب آب توسط سوپر جاذب‌ها کاسته شده است. میزان سرعت جذب استاکوزورب در محلول NaCl از زمان ۴۵ دقیقه به بعد در غلظت‌های ۰/۰۵ و ۰/۱ تقریباً برابر گردید. این روند برای سوپر جاذب آکوزورب از زمان ۳۰ دقیقه به بعد مشاهده شد.



شکل ۴- مقایسه میزان سرعت جذب سوپر جاذب استاکوزورب در محلول‌های مختلف و غلظت‌های متفاوت (a, b, c, d به ترتیب سرعت جذب محلول‌های KCl , $CaCl_2$, Na_2SO_4 , $NaCl$)

Figure 4. Comparison of the absorption rate of Stockosorb superabsorbent in different solutions with varied concentrations (a, b, c, d absorption rate of solution KCl , $CaCl_2$, Na_2SO_4 , $NaCl$ respectively)

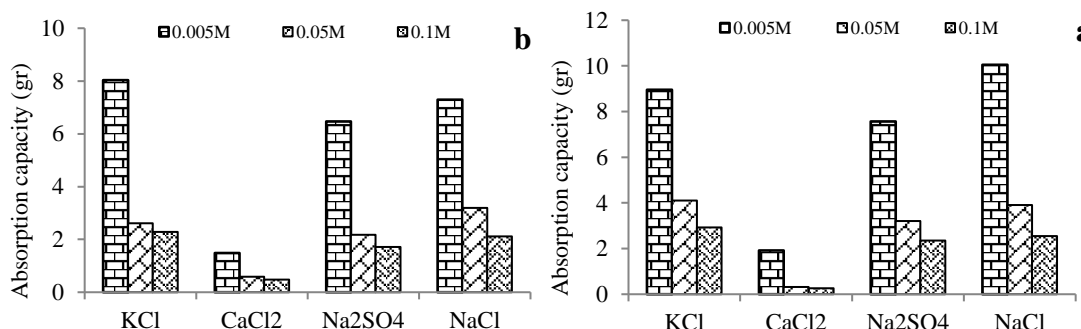


شکل ۵- مقایسه میزان سرعت جذب سوپر جاذب آکوازورب در محلول‌های مختلف و غلظت‌های متفاوت (a, b, c, d به ترتیب سرعت جذب محلول‌های KCl , $CaCl_2$, Na_2SO_4 , $NaCl$)

Figure 5. Comparison of the absorption rate of Aquasorb superabsorbent in different solutions with varied concentrations (a, b, c, d absorption rate of solution KCl , $CaCl_2$, Na_2SO_4 , $NaCl$ respectively)

از آن بود. ظرفیت جذب آب توسط استاکوزورب در غلظت‌های ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار KCl بیشتر از NaCl و در غلظت ۰/۰۰۵ مولار، NaCl بیشتر از KCl می‌باشد. میزان جذب در سوپر جاذب آکوازورب در غلظت‌های ۰/۰۰۵ و ۰/۱ مولار KCl بیشتر از NaCl و در غلظت ۰/۰۰۵ NaCl بیشتر KCl می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که وجود کاتیون‌های دو ظرفیتی در محلول‌ها باعث کاهش جذب آب توسط سوپر جاذب شوند.

ظرفیت جذب در ۲۴ ساعت: میزان ظرفیت جذب استاکوزورب و آکوازورب در مدت زمان ۱ روز اندازه‌گیری شد و نتایج آن به ترتیب در شکل‌های a-۵ و b-۵ نشان داده شده است. بر این اساس ظرفیت جذب استاکوزورب در مقایسه با آکوازورب در تمامی محلول‌ها به جز غلظت-های ۰/۰۵ و ۰/۱ مولار CaCl₂ بیشتر بود. سوپر جاذب‌ها در محلول‌های حاوی نمک CaCl₂ دارای کمترین ظرفیت جذب بوده و میزان جذب در محلول‌های Na₂SO₄ بیشتر



شکل ۵- میزان ظرفیت جذب استاکوزورب و آکوازورب در مدت زمان ۱ روز (a و b به ترتیب ظرفیت جذب استاکوزورب و آکوازورب)
Figure 6. The absorption capacity of Stockosorb and Aquasorb in 1 day (a, b absorption capacity of Stockosorb and Aquasorb respectively)

باشد. دلیل این امر را می‌توان این چنین توجیه نمود که وجود یون‌های دو ظرفیتی در محلول باعث کاهش میزان جذب آب توسط سوپر جاذب می‌شود. بر اساس نتایج حاصل شده، با توجه به سرعت جذب بیشتر آکوازورب نسبت به استاکوزورب در دقایق ابتدایی، در مناطقی که بارندگی‌ها به صورت رگباری و با مدت زمان تداوم کمتر از ۳۰ دقیقه رخ می‌دهند و نیز در مناطق عمده کشت دیم، کاربرد سوپر جاذب آکوازورب توصیه می‌گردد. همچنین با توجه به نتایج جذب در ۲۴ ساعت و بالا بودن ظرفیت جذب استاکوزورب در مقایسه با آکوازورب، کاربرد استاکوزورب در شرایط کشت آبی توصیه می‌گردد.

پیشنهادات: با توجه هدف پژوهش که مقایسه کارایی جذب دو نوع سوپر جاذب در شرایط استفاده از آب شور است، به بحث شرایط شیمیایی و پیوندهای شیمیایی ترکیبات نمک‌های مورد استفاده به دلیل فاصله گرفتن از هدف اصلی پژوهش که در رابطه با مسائل کشاورزی است، اشاره نشده است. لذا توصیه می‌گردد در مطالعه‌های دیگر به شرایط شیمیایی و پیوندهای شیمیایی ترکیبات نمک-های مورد استفاده پرداخته شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که در استفاده از سوپر جاذب-ها بایستی به کیفیت آب مورد استفاده توجه کرد. این مطالعه کاهش ظرفیت جذب سوپر جاذب را در محلول-های آب شور نشان داد و با افزایش نمک، از میزان ظرفیت جذب و سرعت جذب دو نوع سوپر جاذب مورد استفاده کاسته شد. کاربرد خود سوپر جاذب‌ها نیز باعث افزایش هدایت الکتریکی آب شاهد گردید و نمک‌های مختلف نیز تأثیر متفاوتی بر پارامترهایی نظیر ظرفیت جذب، شدت جذب و هدایت الکتریکی محلول‌ها داشتند. همچنین در صورت کاربرد سوپر جاذب در شرایط شوری آب یا خاک در مناطقی مثل ایران، بایستی به نوع نمک موجود در آب آبیاری و خاک مزارع هم توجه نمود. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که افزایش غلظت هر ۴ نوع نمک باعث کاهش ظرفیت جذب سوپر جاذب‌های مورد آزمایش گردید. مقایسه تأثیر نمک‌ها بر کارایی جذب نشان داد که نمک CaCl₂ حتی با غلظت پایین هم باعث کاهش شدید مقدار جذب آب توسط سوپر جاذب‌ها می‌گردد. لذا در صورت وجود چنین نمکی استفاده از سوپر جاذب توصیه نمی‌گردد، مگر اینکه غلظت نمک فوق خیلی کمتر

References

- Abedi-koupai J, and Asadkazemi J .2006. Effect of hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer*, 15 (9): 715-725.
- Achwal W.B .1997. Optimum conditions for microbial degradation of poly (vinyl alcohol) in wastewater. *Colourage*, 44:47-48.
- Arbona V, Iglesias D.J, Jacas J, Primo-Millo E, Talon M, and Gamez- Cadenas A .2005. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant Soil*, 270:73-82.
- Bai W, Zhang H, Liu B .2010. Effects of super-absorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles. *Soil Use Manage*, 26(3): 253-260.
- Bao Y, Ma J.Z, and Li, N. 2011. Synthesis and swelling behaviors of sodium carboxy methyl cellulose-g-poly (AA-co-AM-co-AMPS)/MMT superabsorbent hydrogel. *Carbohydrate Polymers*, 84(1): 76-82.
- Bowman D.C, and Evans R.Y. 1991. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. *Horticultural Science*, 26(8): 1063-1065.
- Busscher W.J, Bjorneberg D.L, and Sojka R.E .2009. Field application of PAM as an amendment in deep-tilled US southeastern coastal plain soils. *Soil and Tillage Research*, 104: 215-220.
- De Herralde F, Biel C, Save R, Morales M.A, Torrecillas A, Alarcon J.J and Sanchez-Blanco M.J. 1998. Effect of water and stress on the growth, gas exchange and water relation in *Agranthemum coronopifolium* plants. *Plan Science*, 139: 9-17.
- Devine D.M, and Higginbotham C.L .2005. Synthesis and characterization of chemically crosslinked N-vinyl pyrrolidione (NVP) based hydrogels. *European Polymer Journal*, 41:1272-1279.
- Eskin B, Ucar N, and Demir A .2011. Water vapor absorption properties of a novel filament composed of maleic anhydride polypropylene, polypropylene and super absorbent polymer. *Textile Research*, 81(14):1503-1509.
- Glasbey C.A, Horgan G.W, and Darbyshire J.F. 1991. Image analysis and three-dimensional modelling of pores in soil aggregates. *Soil Science*, 42:479-486.
- Huang Z, Liu S, Zhang B, and Wu Q. 2014. Preparation and swelling behavior of a novel self-assembled- cyclodextrin/acrylic acid/sodium alginate hydrogel. *Carbohydrate Polymers*, 113 430-437.
- Islam M, Robiul M, and Xue X .2011. A lysimeter study of nitrate leaching, optimum fertilisation rate and growth responses of corn (*Zea mays* L.) following soil amendment with water-saving super-absorbent polymer. *Science of Food and Agriculture*, 91(11):1990-1997.
- Li Y.F, Li X.Z, Zhou L.C, Zhu X.X, and Li B.N .2004. Study on the synthesis and application of salt-resisting polymer hydrogels. *Polymers for Advanced Technologies*, 15:34-38.
- Liu I.S, and Rempel G.L .1997. Effects of organic solvents on the synthesis of super absorbents. *Applied Polymer Science*, 64:1345-1351.
- Majed Abu Z. 2006. Control of Rainfall-Induced soil erosion with various types of polyacrylamide. *Soils Sediments*, 6(3):137-144.
- Nazarli H, Zardashti M.R, and Darvishzadeh R .2011. Change in activity of antioxidative enzymes in young leaves of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by application of super absorbent synthetic polymers under drought stress condition. *Australian Journal of Crop Science*, 5(11):1334-1338.
- Rao K, Venkata, Mohapatra S, Maji TK .2012. Guest-responsive reversible swelling and enhanced fluorescence in a superabsorbent, dynamic microporous polymer. *Chemistry - A European Journal*, 18(15):4505-4509.
- Wang G.J, Li M, and Chen X.F .1998. Preparation and water-absorbent properties of a water-swellaible rubber. *Applied Polymer Science*, 68:1219-1224.
- Wu Q, Zhang Q, and Zhang B .2012. Influence of super-absorbent polymer on the growth rate of gas hydrate. *Safety Science*, 50(4): 865-868.
- Xiahua Q, Mingzhu L, Zhenbin C, and Fen Z. 2008. Study on the Swelling Kinetics of Superabsorbent Using Open, Circuit Potential Measurement. *European Polymer*, 44: 743 -754.
- Zohurian-mehr M.J and Kabiri K. 2008. Superabsorbent polymer materials: A review. *Iranian Polymer Journal*, 17 (6): 451-477. (In Persian)

Investigating the Effect of Salt Type and its Concentration on the Absorption Efficiency of the Superabsorbent

Saeid Jalili^{*1}, Moin Hadi², Abolfazl Majnooni Heris³, Reza Delirhasannia³

(Received: October 2017 Accepted: April 2018)

Abstract

In this study, two types of superabsorbents (Aquasorb and Stockosorb) and four types of salt including sodium sulfate, potassium chloride, calcium chloride and sodium chloride with the concentrations of 0.005, 0.05 and 0.1 M were used. The results showed that in the early stages of the experiment, the absorption capacity of Aquasorb was higher than the Stockosorb and after 30 to 45 min, the absorption capacity of Stockosorb in most cases was increased in comparison to the Aquasorb. The NaCl and CaCl₂ salts in all concentrations had the minimum and maximum effects on the decreased of absorption, compared to the reference solution for both superabsorbents, respectively. The rate of absorption in all solutions decreased over time. Also, increasing the concentration of solutions reduced the absorption rate. In all solutions, in the early stages of the experiment, the reduction in absorption rate by Aquasorb was lower than of the Stockosorb. After the water absorption by Aquasorb in all concentrations, the salinity order of solutions was as follows: Na₂SO₄ > CaCl₂ > KCl > NaCl. However, in the case of Stockosorb, there was no consistent trend among the different concentrations of solutions. According to the obtained results and based upon the more absorption capacity of Aquasorb compared to the Stockosorb at initial times, application of Aquasorb absorbent is recommended in the areas in which cloudburst takes place at times less than 30 min and in the dry farming areas. Also, according to the absorption results obtained within 24 h and the high absorption capacity of Stockosorb in comparison with the Aquasorb, the application of Stockosorb is recommended in the irrigated agriculture conditions.

Keywords: Aquasorb, Absorption capacity, Stockosorb, Superabsorbent, Salinity

Jalili S., Hadi M., Majnooni Heris A., Delirhasannia R. 2019. Investigating the Effect of Salt Type and its Concentration on the Absorption Efficiency of the Superabsorbent. *Applied Soil Research*, 7(2): 97-108.

1- Ph.D Student of Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj.

2- Ph.D Student of water engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz.

3- Associate Professor of water engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz. Tabriz.

* Corresponding Author Email: jalili_saeid@yahoo.com