# بررسی اثر شوری آب آبیاری و سوپر جاذب بر بعضی خصوصیات هیدرولیکی و فیزیکی خاک لوم شنی

مرضیه شکوهی فر[1*]، سعید برومند نسب[2]، امیر سلطانی محمدی[3] و عبدالرحیم هوشمند[4]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۹

## چکیده

**از آنجایی که بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده‌ی منابع محدود آبی کشور است، به کارگیری روش‌هایی به منظور افزایش راندمان کاربرد آب در این بخش امری ضروری است. استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب می‌تواند راهکاری مناسب برای صرفه‌جویی در مصرف آب در شرایط کنونی کشور باشد. از دیگر راهکارهای مقابله با بحران آب استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی می‌باشد که در این شرایط بررسی تغییرات خواص فیزیکی و شیمیایی خاک حائز اهمیت است. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد توأمان شوری آب آبیاری و سوپر جاذب و بر ظرفیت نگهداشت آب در خاک، تخلخل و هدایت هیدرولیکی اشباع در دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. مدل آماری طرح به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی بود که در سه تکرار، سه تیمار شوری آب آبیاری، دو نوع سوپر جاذب ایرانی و فرانسوی هر کدام در سه سطح و به‌صورت دو آزمایش مستقل در زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳ اجرا شد. سطح استفاده از پلیمرها شامل سه سطح ۰، ۳ و ٦ گرم پلیمر در هر کیلوگرم خاک (۰، ۰/۳ و ۰/٦ درصد وزنی) و تیمارهای شوری آب آبیاری شامل ۲/٦، ٤ و ٦ دسی زیمنس بر متر بود. پس از دو ماه آبیاری تحت تیمارهای کیفیت آب، نمونه برداری به منظور انجام آزمایش‌ها صورت گرفت. نتایج نشان داد افزایش سطح کاربرد سوپر جاذب موجب افزایش معنی‌دار آب قابل استفاده گیاه و تخلخل شد در حالی که هدایت هیدرولیکی کاهش یافت. همچنین افزایش شوری موجب کاهش تخلخل خاک، آب قابل استفاده گیاه و هدایت هیدرولیکی اشباع شد. پلیمر سوپر جاذب ایرانی و فرانسوی آب قابل استفاده را ۱/٤٥ و ۱/۹٦ برابر و تخلخل را ۳۳/٦۱ درصد و ٤۰/۷٥ درصد نسبت به نمونه بدون پلیمر افزایش داد.**

**کلیدواژه‌ها:** تخلخل، ظرفیت نگهداشت، سوپر جاذب، شوری، هدایت هیدرولیکی اشباع.

# The Effect of Salinity of Irrigation Water and Super Absorbent Polymer on Some Hydraulic and Physical Properties of Sandy Loam Soil

M. Shokuohifar[1*], S. Boroomand Nasab[2], A. Soltani Mohammadi[3] and A.R. Hooshmand[4]

1*- M.Sc. Student, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
2- Professor, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
4- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Received:10 September 2014 Accepted:19 May 2015

## Abstract

Since the agriculture field is the main water consumer, using techniques in order to increasing water use efficiency is necessary. Applying super absorbent polymer (SAP) could be a method to reduce consuming water in Iran. Another method to counter water crisis is using unconventional water in agriculture, which in this terms the study of physical and chemical changes of soil properties is important. This study with the aims of the effects of super absorbent polymer and salinity of irrigation water on available water, soil porosity and saturation hydraulic conductivity was done at the Water Engineering Faculty of Shahid Chamran University of Ahvaz. This research performed

in two independent experiments with three replications according to a randomized complete block design with factorial layout in three levels of salinity irrigation water, two kinds of SAP, Iranian and French, each with three levels in winter and spring of 2014. The levels of using SAP included 0, 3 and 6 g SAP per kilogram soil (0, 0.3, 0.6 weight percentage) and treatment of salinity of irrigation included 2.6, 4, 6 dS/m. After two months irrigation under salinity water treatment, sampling to determine available water, soil porosity and saturation hydraulic conductivity was done. The results showed that increasing SAP increased available water and soil porosity and decreased saturation hydraulic conductivity significantly. Increasing of water salinity decreased available water and soil porosity at 5% significantly. The iranian polymer and the french polymer lead to raise water ability 1.45 and 1.96 times and increased porosity 33.61 and 40.75 percent more than the sample without polymer.

**Keywords:** Porosity, Water holding capacity, Super absorbent, salinity, Saturation hydraulic conductivity.

**مقدمه**

آب مایه حیات و محرک اصلی فعالیت‌های کشاورزی محسوب می‌شود. بیش از ۹۴ درصد منابع آبی کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. آب و خاک از منابع مهم هر کشوری محسوب می‌شوند لذا برخورد اصولی با این دو منبع از نظر علمی و کاربردی و استفاده بهینه از آن‌ها قدم مؤثری در جهت توسعه کشاورزی و ارتقای اقتصاد کشور در زمینه‌های مختلف کشاورزی، بیولوژیکی، دامپروری و ... محسوب می‌شود. از جمله راهکارهای کاهش مصرف آب در کشاورزی و بهبود ساختمان خاک استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب است. سوپرجاذب‌ها مواد پلیمری و به شدت آب دوست هستند که به اندازه‌ی ده‌ها تا صدها برابر وزن خود، آب یا محلول‌های آبی را جذب می‌کنند و در خود، حتی تحت فشار، نگه می‌دارند. شکل ظاهری و متداول سوپر جاذب‌ها به صورت پودر یا دانه‌های جاذب‌الرطوبه سفید و شکر مانند است (امیدیان، ۱۳۷۷). از کاربرد سوپر جاذب‌ها در بخش کشاورزی و فضای سبز می‌توان به آبیاری کارآمد گیاهان مناطق خشک و صرفه جویی قابل توجه آب تا ۷۰ درصد، خاک مصنوعی و کوددهی بدون خاک، پرورش و انتقال نهال با حداقل تلفات، پیشگیری از فرسایش خاک، پیشگیری از شسته شدن مواد غذایی خاک و کاهش نفوذپذیری خاک‌های شنی اشاره کرد (کبیری، ۱۳۸۴). استفاده از این مواد در کشاورزی از طریق بهبود وضعیت خاک موجب افزایش عملکرد محصول می‌شود. از جمله مزایای پلیمرهای سوپر جاذب افزایش ظرفیت حفظ آب و مواد غذایی برای مدت طولانی، کاهش تعداد دفعات آبیاری، مصرف یکنواخت آب برای گیاهان، رشد سریع تر و مطلوب‌تر ریشه، کاهش هزینه آبیاری، مصرف بهینه کودهای شیمیایی ، هوادهی بهتر خاک، امکان کاشت در مناطق بیابانی و سطوح شیبدار، افزایش فعالیت و تکثیر قارچ‌های میکوریزا، ثبات و اثر طولانی سوپر جاذب و تقویت تخلخل و ثبات ساختار خاک اشاره کرد ( پرنیازپور و همکاران، ۱۳۸۶).

استفاده از آب شور با توجه به نکات مدیریتی در ارتباط با معیارهای کیفی آن می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای مقابله با کم‌آبی مورد توجه قرار گیرد که در این شرایط بررسی تأثیر آن بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک امری ضروری است. ممکن است استفاده درازمدت از زهاب‌ها باعث تشکیل سله در خاک، کاهش ظرفیت نفوذ آب به خاک و تجمع عناصر سمی در گیاه شود. افزایش نسبت جذب سدیم آب آبیاری باعث تخریب ساختمان خاک و درنتیجه کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود (برزگر، ۱۳۸۰). عابدی کوپایی و سهراب (۱۳۸۳) اثر کاربرد دو نوع پلیمر سوپر جاذب را بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع بافت خاک مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که بین دو پلیمر ، با نمونه شاهد و بین سطوح استفاده، اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد، مقدار آب در دسترس گیاه نیز در هر بافت نسبت به نمونه شاهد افزایش دارد، به‌طورکلی کاربرد پلیمر PR3005A در سطوح ۶ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک، مقدار رطوبت قابل‌استفاده را به ترتیب ۱/۵ تا ۳/۵ برابر افزایش داد. در بافت شنی افزایش تخلخل به علت درجه تورم بیشتر پلیمرها چشمگیر بود و باعث افزایش تخلخل موئین به میزان چهار برابر نسبت به نمونه شاهد و کاهش تخلخل تهویه‌ای شده است.

روستا و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی سطوح مختلف سوپر جاذب A200 (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ گرم به ازای هر کیلوگرم خاک) و سطوح شوری آب (۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر) بر نگهداری رطوبت خاک پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که اثر سوپر جاذب، شوری آب آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر رطوبت خاک و هدایت الکتریکی آب زهکشی در سطح یک درصد معنی‌دار است. این محققان بیان کردند با توجه به نتایج تحقیق، استفاده از پلیمر سوپر جاذب در شرایطی که آب آبیاری شور باشد توصیه نمی‌شود و کاربرد این پلیمر به همراه با مواد آلی پیشنهاد می‌شود. سید دراجی و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی به‌منظور بررسی سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب A200 بر ظرفیت نگهداشت آب و تخلخل خاک در خاک‌های با شوری و بافت مختلف، سه آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های کاملاً تصادفی با سه سطح شوری و سه سطح پلیمر

در سه تکرار به‌صورت جداگانه در سه خاک با بافت مختلف نشان دادند کاربرد ۰/۶ درصد وزنی پلیمر در شوری اولیه خاک شنی و لومی میزان آب قابل‌استفاده گیاه را به ترتیب ۲/۲۰ و ۱/۲۰ برابر نسبت به شاهد افزایش داد.

بات و همکاران[1] (۲۰۰۹) تأثیر پلیمر پلی آکریل آمید (۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۴ درصد وزنی) و شوری (۱/۶، ۲/۵ و ۵ دسی زیمنس بر متر) را بر نیاز آبی کونوکارپوس در خاک لومی شنی بررسی کردند و مشاهده کردند که استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب ظرفیت آب قابل‌دسترس خاک را از ۷/۲۹ درصد به ۱۸/۷۵ درصد، در تیمار کاربرد ۰/۴ درصد وزنی افزایش داد.

هان و همکاران[2] (۲۰۱۳) به بررسی اثر انواع مختلف سوپر جاذب تحت شرایط رطوبتی یکسان و اثر سوپر جاذب‌های مشابه تحت شرایط رطوبتی متفاوت بر رطوبت اشباع، هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذ آب در خاک پرداختند. نتایج حاکی از افزایش قابل‌توجه رطوبت اشباع خاک (حدود ۰/۱۸۶ سانتی‌مترمکعب در سانتی‌مترمکعب) با اعمال پلیمرهای سوپر جاذب بود، درحالی‌که هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذپذیری کاهش یافت زیرا خلل و فرج خاک توسط حجم سوپر جاذب‌های متورم در طول دوره‌های مکرر تر و خشک شدن مسدود شد.

هدف این پژوهش بررسی اثر شوری آب آبیاری و سوپر جاذب بر تخلخل، آب قابل استفاده گیاه و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در شرایط آزمایشگاهی است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه پمپ و آبیاری قطره‌ای دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در زمستان سال ۱۳۹۲ و بهار سال ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش‌ها با دو نوع پلیمر سوپرجاذب (سوپر جاذب A200 و آکوازورب)، هرکدام در سه سطح مختلف و سه سطح مختلف شوری آب آبیاری در قالب طرح آماری فاکتوریل بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار انجام شد. سطوح استفاده از پلیمرها شامل سه سطح صفر، سه و شش گرم پلیمر در هر کیلوگرم خاک (۰، ۰/۳ و ۰/۶ درصد وزنی) بود و نمونه خاک بدون پلیمر سوپرجاذب که با آب رودخانه کارون آبیاری شد به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. تیمارهای آب آبیاری شامل آب با هدایت الکتریکی رودخانه کارون (شاهد)، ۴ و ۶ دسی زیمنس بر متر بود. برای تهیه شوری های مورد نظر از نمک‌های سدیم کلرید، منیزیم کلرید و کلسیم کلرید استفاده شد. افزودن نمک‌ها به تیمارهای آب آبیاری به‌نحوی صورت پذیرفت که در کلیه تیمارها نسبت جذبی سدیم ثابت بماند و مقدار آن برابر با نسبت جذبی سدیم در تیمار شاهد (۲/۶ دسی زیمنس بر متر ) باشد. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در جدول (۱) ارائه شده است. خاک مورد استفاده در این تحقیق از مزرعه آزمایشی شماره یک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، تهیه شد که برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول (۲) ارائه شده است.

خاک مورد آزمایش با اضافه کردن مقادیر توزین شده سوپرجاذب، درون لوله‌های پلی‌اتیلن به قطر داخلی ۱۰/۵سانتی متر و طول۵۰ سانتی متر، قرار گرفت. این استوانه‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی متر از مخلوط همگن خاک و سوپرجاذب پر شد. سوپرجاذب A200 ساخت شرکت نانو آب ایرانیان و سوپرجاذب آکوازورب ساخت شرکت SNF فرانسه می‌باشد. هشت مرحله آبیاری با دور آبیاری هفت روز و ارتفاع آب آبیاری پنج سانتی متر صورت گرفت و پس از آن نمونه برداری برای اندازه گیری رطوبت و تخلخل از سطح و عمق ۲۰ سانتی متری از سطح خاک انجام شد. پس از هر مرحله آبیاری به منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب خروجی از ستون‌های خاک، زهاب آن‌ها جمع‌آوری شد. برای انجام نمونه برداری از سیلندرهایی به قطر ۲/۶ سانتی متر و ارتفاع دو سانتی متر استفاده شد. پس از نمونه برداری از عمق‌های مورد نظر به صورت نمونه دست نخورده، ته سیلندرها با کاغذ صافی و کش بسته شد و به مدت ۲۴ ساعت به منظور اشباع شدن از پایین در تشت آب قرار گرفت ( در این پژوهش تیمارهای شوری آب آبیاری اعمال شده، برای اشباع نمودن نمونه‌ها از آب با شوری منطبق با نمونه مورد نظر استفاده شد ). نمونه‌های اشباع شده قبل از قرار گرفتن در دستگاه صفحات فشاری توزین و پس از آن تحت مکش‌های ۰/۳۳، ۱، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۵ اتمسفر قرار گرفتند. پس از توقف جریان خروجی آب که نشان دهنده به تعادل رسیدن رطوبت در مکش اعمال شده بود نمونه‌ها از دستگاه خارج و بلافاصله توزین شد. سپس نمونه‌ها در درون آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و بعد از خشک شدن کامل نمونه‌ها رطوبت جرمی و حجمی و تخلخل هر نمونه محاسبه شد. اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار ثابت برای دو نیمه‌ی برش داده شده انجام و با استفاده از معادله دارسی (رابطه ۱) محاسبه شد:

$$K = \frac{V * L}{t * A * \Delta h} \qquad (۱)$$

که در آن L: طول نمونه بر حسب سانتی متر، V: حجم آب خروجی بر حسب سانتی متر مکعب، A: سطح مقطع نمونه بر حسب سانتی متر مربع، Δh: اختلاف ارتفاع آب بر حسب سانتی‌متر، t: بر حسب روز و K: هدایت هیدرولیکی بر حسب سانتی‌متر بر روز می‌باشند. نتایج آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با نرم‌افزار مذکور و به روش دانکن انجام شد.

1- Bhat *et al.*
2 -Han *et al.*

**جدول ۱- خصوصیات شیمیایی تیمارهای کیفیت آب**

| تیمار کیفیت آب | $Ca^{2+}$ meq/lit | $Mg^{2+}$ meq/lit | $K^{+}$ meq/lit | $Na^{+}$ meq/lit | $Cl^{-}$ meq/lit | $Hco_3^{-}$ meq/lit | $Co_3^{2-}$ meq/lit | $So_4^{2-}$ meq/lit | EC ds/m | SAR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تیمار اول | ۶/۵ | ۶/۵ | ۰/۲ | ۷/۵۶ | ۱۱/۵۳ | ۳/۱۴ | ۰ | ۶/۱۱ | ۲/۶ | ۲/۹۶ |
| تیمار دوم | ۱۹/۳۴ | ۲۴/۳ | ۰/۲ | ۱۳/۹۱ | ۵۰/۳۶ | ۲/۵ | ۰ | ۴/۸۹ | ۴ | ۲/۹۷ |
| تیمار سوم | ۴۷/۱۲ | ۶۱/۵ | ۰/۲ | ۲۲/۲۵ | ۱۲۳/۶۸ | ۲/۵ | ۰ | ۴/۸۹ | ۶ | ۳/۰۱ |

**جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک**

| پارامتر | شن (درصد) | سیلت (درصد) | رس (درصد) | بافت خاک | جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) | سدیم (میلی اکی والانت بر لیتر ) | مجموع کلسیم و منیزیم (میلی اکی والانت بر لیتر ) | نسبت جذب سدیم | هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) | اسیدیته |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار | ۶۵/۵ | ۱۵ | ۱۹/۵ | لوم شنی | ۱/۴۳ | ۱۱ | ۴۵/۳ | ۲/۳۱ | ۸/۰۸ | ۷/۶۱ |

## نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از آزمایش‌ها در این بخش ارائه و تفسیر شده است.

**- آب قابل استفاده**

آب قابل استفاده به مقدار آبی گفته می‌شود که در مکش بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی در خاک نگهداری می‌شود. طبق نتایج ارائه شده در جدول (۳) اثر شوری و پلیمر بر ظرفیت نگهداشت آب در خاک، نقطه پژمردگی و آب قابل استفاده در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل از آزمایش‌های پژوهش حاضر بیانگر افزایش معنی‌دار این دو نقطه پتانسیل آب خاک با افزایش سطح کاربرد پلیمر و کاهش آن‌ها با افزایش سطح شوری می‌باشد که هر دو اثر مشابهی بر روی آب قابل استفاده دارند. در دو نوع پلیمر مورد استفاده، افزایش سطح کاربرد سوپر جاذب موجب افزایش معنی‌دار آب قابل استفاده و افزایش سطح شوری موجب کاهش معنی‌دار آن شده است (شکل‌های ۱ و ۲). بیشترین افزایش آب قابل استفاده به سطح کاربرد ۰/۶ درصد وزنی پلیمر تحت آبیاری با تیمار اول آبیاری اختصاص یافت. آب قابل استفاده در پلیمر ایرانی ۱/۴۵ برابر و در پلیمر نوع فرانسوی ۱/۹۶ برابر نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و نقطه پژمردگی در اثر کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب را می‌توان به خواص آب‌دوستی پلیمر که منجر به تغییر خواص خاک می‌شود نسبت داد (شاهرخیان و همکاران، ۱۳۹۱)، همان طور که گفته شد پلیمرهای سوپر جاذب ده‌ها تا صدها برابر وزن خود، آب یا محلول‌های آبی را جذب می‌کنند. افزایش نگهداشت آب خاک می‌تواند به دلیل بهبود پارامترهای فیزیکی خاک ازجمله، افزایش تراکم خاک، کاهش چگالی ظاهری و افزایش تخلخل خاک باشد (شانموگانتان و اودس[1]، ۱۹۸۲؛ ویلیام و گری[2]، ۱۹۹۰؛ شین برگ و لوی[3]، ۱۹۹۴؛ برندسما و همکاران[4] ۱۹۹۹؛ اکباف و همکاران[5] ۲۰۱۱). در تیمارهای حاوی پلیمر، افزایش شوری کاهش رطوبت خاک را به دنبال داشت که علت آن را می‌توان کاهش میزان تورم پلیمرهای سوپر جاذب در محیط‌های یونی دانست. از آنجا که سوپر جاذب‌های تجاری از نوع یونی می‌باشند طبعاً محیط‌های یونی باعث افت تورم و نگهداشت آن‌ها می‌شوند؛ به عبارت دیگر قدرت جذب آن‌ها در محیط و آب‌های شور افت می‌کند. مقدار این کاهش تورم قطعاً به ساختار شیمیایی پلیمر، میزان شوری و نوع یون‌های موجود در محیط تورمی بستگی دارد (امیدیان، ۱۳۷۷؛ الهدادی، ۱۳۸۱). در تیمارهای فاقد پلیمر کاهش رطوبت خاک با افزایش شوری می‌تواند به دلیل تأثیر شوری بر ساختمان خاک باشد. نتایج پژوهشگرانی همچون، امامی و همکاران (۱۳۹۰)، سید دراجی و همکاران (۱۳۸۹)، کشکولی و همکاران (۱۳۹۱)، خیری شلمزاری و همکاران (۱۳۹۱) مؤید نتایج حاصل از این پژوهش است.

در پژوهش حاضر اثر شوری و سطح کاربرد سوپر جاذب در هر دو نوع پلیمر مورد استفاده در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در جدول (۴) ارائه شده است. تیمارهایی که حداقل یک حرف مشترک دارند در یک گروه قرار گرفته و در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند و در غیر این صورت تفاوت بین آن‌ها معنی‌دار است.

1- Shanmuganathan and Oades

2 -William and Gary
3 -Shainberg and Levy
4 -Brandsma *et al.*
5 -Ekebafe *et al.*

**جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مقادیر شوری و سوپر جاذب بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی اندازه‌گیری شده**

| نوع پلیمر | منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ظرفیت نگهداشت خاک | نقطه پژمردگی | آب قابل‌استفاده | هدایت هیدرولیکی اشباع | تخلخل |
| پلیمر A200 | سطح اعمال سوپر جاذب | ۲ | ۱۵۰/۲۹۴* | ۱۴/۲۶۳* | ۷۲/۱۳۶* | ۱۷/۷۹۰* | ۳۸۶/۲۶۴* |
| | شوری آب | ۲ | ۱۴۳/۱۵۲* | ۴/۲۶۲* | ۹۹/۰۴۳* | ۲/۱۲۴ns | ۲۲/۹۱۸* |
| | شوری آب×سطح کاربرد سوپر جاذب | ۴ | ۳/۴۹۳ns | ۰/۷۷۲ns | ۶/۳۳۷* | ۰/۰۶۵ns | ۳۵/۳۶۹* |
| | خطا | ۱۶ | ۱/۱۸۳ | ۰/۹۱۸ | ۱/۹۰۳ | ۱/۳۶۰ | ۱/۴۰۶ |
| پلیمر آکوازورب | سطح اعمال سوپر جاذب | ۲ | ۳۷۱/۸۷۹* | ۲۱/۴۱۱* | ۲۱۵/۴۲۲* | ۲۰/۸۳۰* | ۷۳۹/۳۴۴* |
| | شوری آب | ۲ | ۲۷۱/۷۵۲* | ۴/۸۲۴* | ۲۰۴/۴۲۷* | ۰/۹۷۴ns | ۱۳۵/۳۵۳* |
| | شوری آب×سطح کاربرد سوپر جاذب | ۴ | ۱۰/۴۲۸* | ۲/۰۶۸ns | ۱۵/۲۷۴* | ۰/۱۶۸ns | ۲۲/۶* |
| | خطا | ۱۶ | ۱/۸۲۰ | ۱/۳۱۸ | ۱/۴۲۸ | ۰/۹۹۱ | ۰/۹۴۳ |

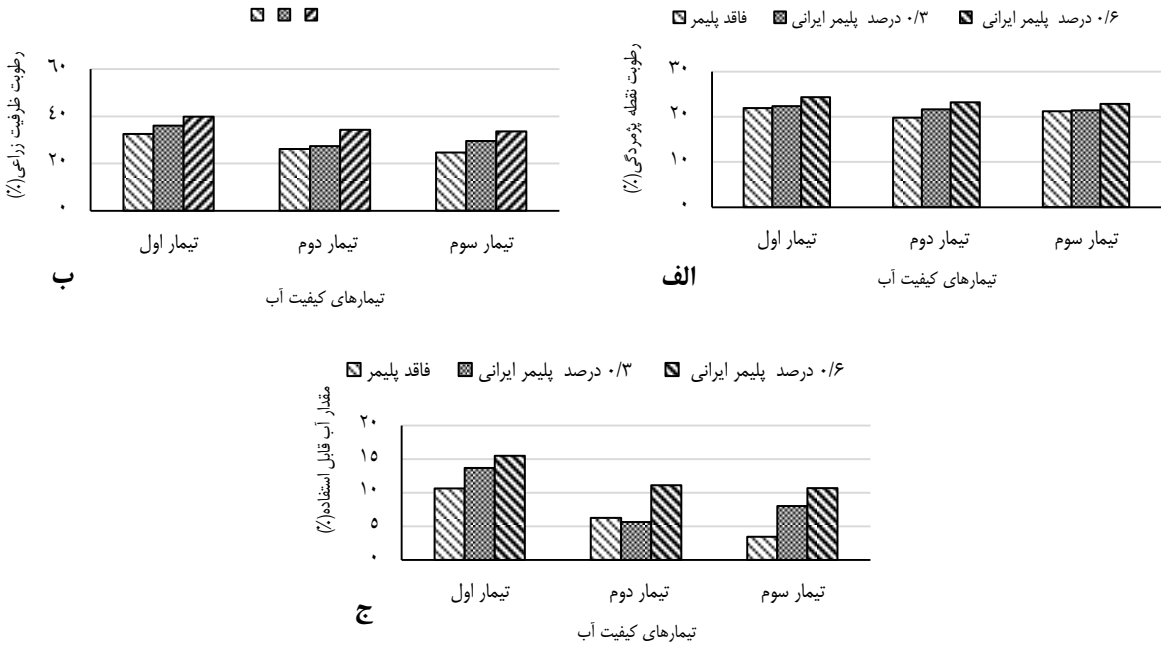
* ، ns : به ترتیب معنی‌دار و غیر معنی‌دار در سطح پنج درصد

**جدول ٤- اثر متقابل شوری و سطح کاربرد سوپر جاذب بر میزان آب قابل استفاده (درصد)**

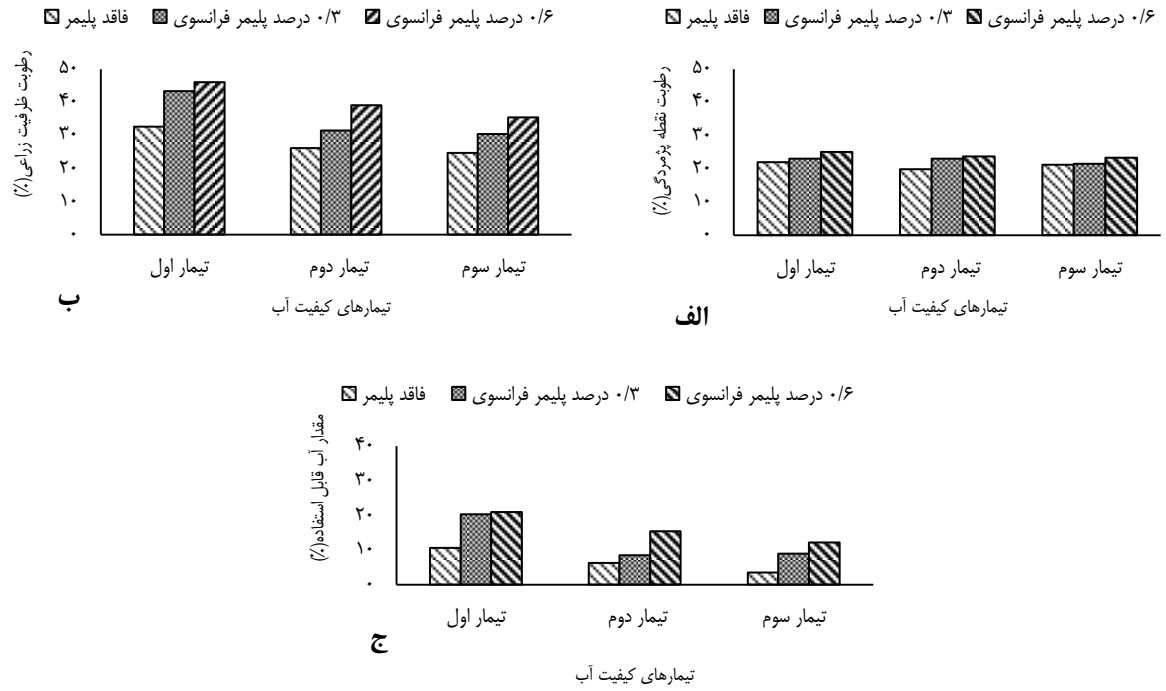
| | | تیمار کیفیت آب | | |
|---|---|---|---|---|
| | سطح کاربرد سوپر جاذب | تیمار اول | تیمار دوم | تیمار سوم |
| پلیمر A200 | بدون پلیمر | ۱۰/۶۴B | ۶/۲۷ C | ۳/۴۶ D |
| | ۰/۳ درصد وزنی | ۱۳/۶۹ A | ۵/۶۴ CD | ۸/۰۱ C |
| | ۰/۶ درصد وزنی | ۱۵/۴۸ A | ۱۱/۱ B | ۱۰/۶۹ B |
| پلیمر آکوازورب | بدون پلیمر | ۱۰/۶۴ C | ۶/۲۷ D | ۳/۴۶ E |
| | ۰/۳ درصد وزنی | ۱۳/۶۹ A | ۸/۴۷ CD | ۸/۹ C |
| | ۰/۶ درصد وزنی | ۱۵/۴۸A | ۱۵/۳۸ B | ۱۲/۱۳ B |

**- منحنی رطوبتی**

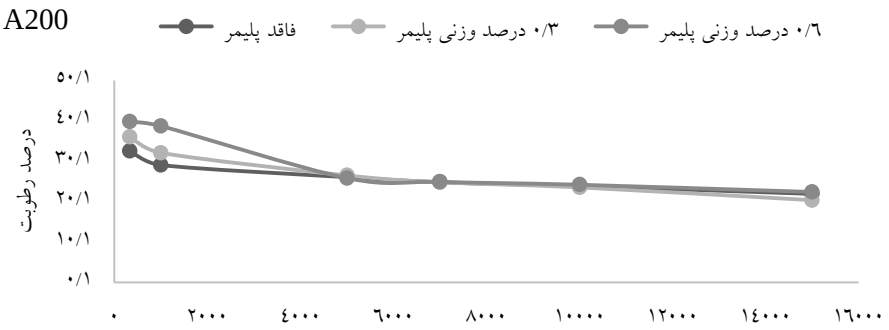
درصد رطوبت حجمی برای همه تیمارها تحت مکش‌های ۰/۳۳، ۱، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۵ بار تعیین شد و تغییرات آن تحت تیمارهای آبیاری رسم شد. نتایج در شکل (۳) ارائه شده است. در بررسی منحنی‌های رطوبتی ارائه شده در شکل (۳) ، بیشترین اختلاف بین منحنی‌ها در هر شوری آب آبیاری در فشارهای پایین ( ۵- ۰/۳ بار ) قابل مشاهده است که با افزایش سطح کاربرد سوپر جاذب درصد رطوبت در فشارهای مذکور افزایش یافت و سطح کاربرد ۰/۶ درصد وزنی سوپر جاذب بیشترین درصد رطوبتی را به خود اختصاص داد. کشکولی و همکاران (۱۳۹۱) و عابدی کوپایی و سهراب (۱۳۸۳) با بررسی اثر سوپر جاذب بر منحنی رطوبتی اذعان داشتند که مقدار قابل توجهی آب ذخیره شده در پلیمرهای سوپر جاذب در فشارهای پایین آزاد می‌گردد، در اینجا نیز شیب تند منحنی‌های رطوبتی در فشارهای پایین مؤید نتایج پژوهشگران مذکور می‌باشد. اگرچه در بعضی از منحنی‌های مربوط به پلیمر A200 رطوبت در فشارهای بین پنج تا ۱۵ بار اختلاف چندانی ندارد اما نهایتاً افزایش سطح کاربرد سوپر جاذب منجر به افزایش میزان آب قابل استفاده شده است. بیشترین اختلاف بین فشارهای پنج تا ۱۵ بار در منحنی‌های رطوبتی پلیمر آکوازورب قابل مشاهده است.



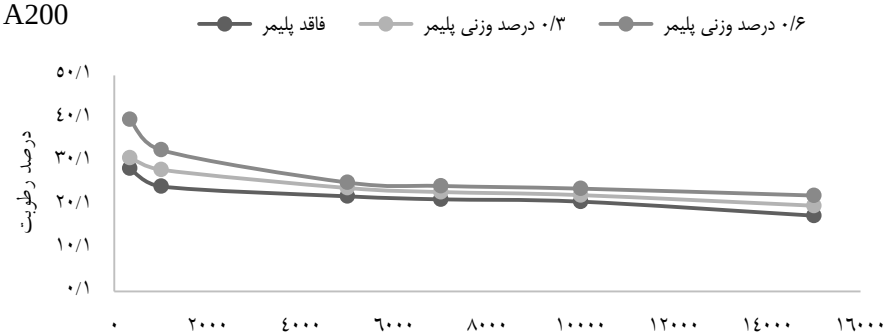

**شکل ۱- الف: درصد رطوبت پژمردگی، ب: درصد رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی، ج: درصد رطوبت آب قابل استفاده در تیمارهای حاوی پلیمر** A200



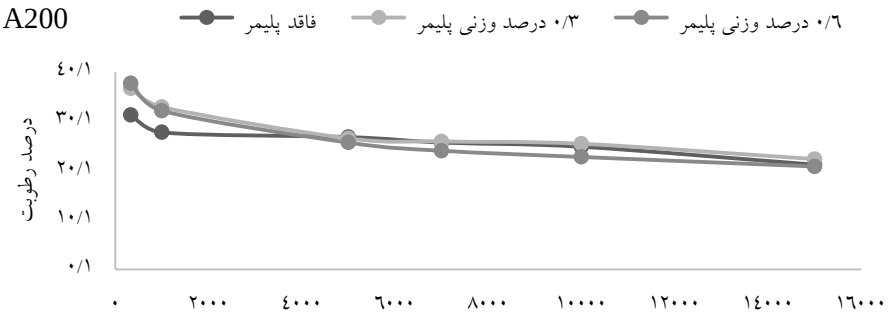

**شکل ۲- الف: درصد رطوبت پژمردگی، ب: درصد رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی، ج: درصد رطوبت آب قابل استفاده در تیمارهای حاوی پلیمر آکوازورب**



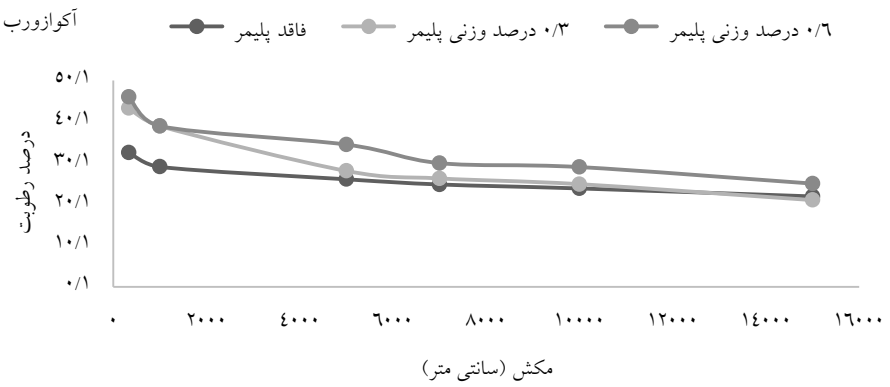

منحنی رطوبتی تحت آبیاری با شوری ۲/٦ دسی‌زیمنس بر متر



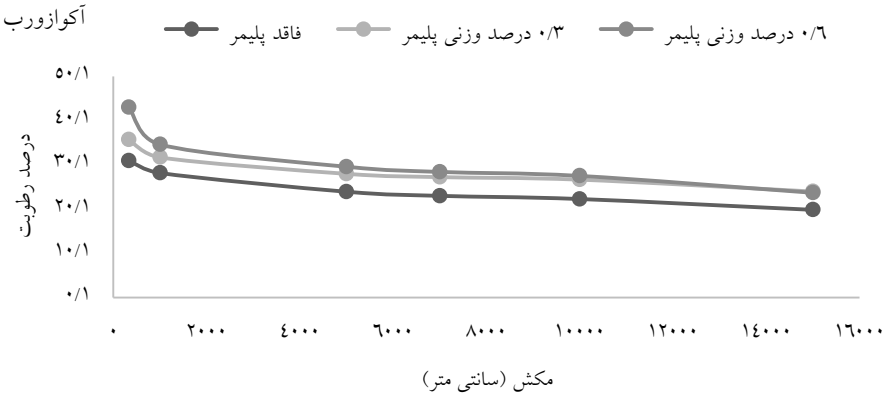

منحنی رطوبتی تحت آبیاری با شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر



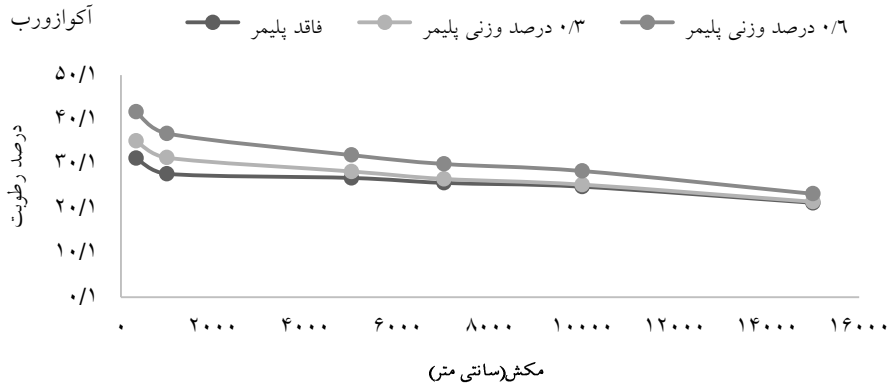

منحنی رطوبتی تحت آبیاری با شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر




منحنی رطوبتی تحت آبیاری با شوری ۲/٦ دسی‌زیمنس بر متر

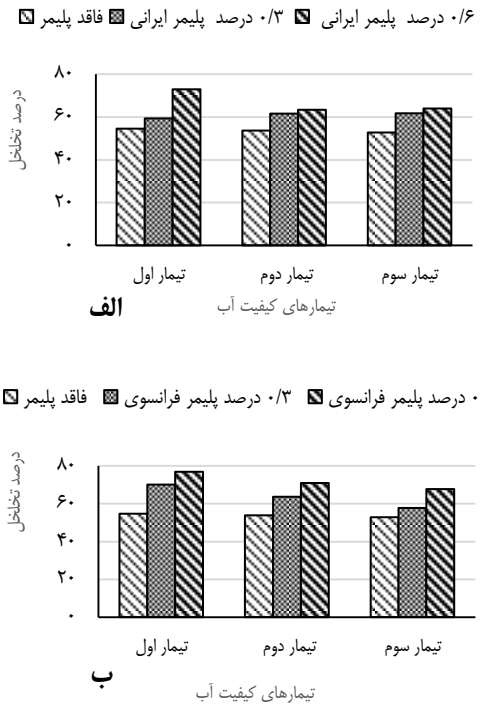



منحنی رطوبتی تحت آبیاری با شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر




منحنی رطوبتی تحت آبیاری با شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر

**شکل۳- تغییرات رطوبت حجمی در مکش‌های مختلف تحت آبیاری با تیمارهای کیفیت آب**




**شکل ٤- الف: درصد تخلخل کل در پلیمر A200، ب: درصد تخلخل کل در پلیمر آکوازورب**

**- تخلخل**

تخلخل کل شامل دو بخش مویین و تهویه‌ای است که در این تحقیق تخلخل کل اندازه‌گیری شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان داد افزایش سطح کاربرد سوپر جاذب موجب افزایش معنی‌دار تخلخل کل و افزایش شوری آب آبیاری موجب کاهش معنی‌دار آن در هر دو نوع پلیمر مورد استفاده در پژوهش گردید. همچنین اثر متقابل شوری و سوپر جاذب در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. بیشترین درصد تخلخل در پلیمر نوع ایرانی مربوط به سطح کاربرد ۰/۶ درصد وزنی تحت تیمار اول کیفیت آب با ۳۳/۶۱ درصد افزایش بود. در پلیمر نوع فرانسوی بیشترین افزایش تخلخل نسبت به نمونه فاقد پلیمر، سطح کاربرد ۰/۶ درصد وزنی با ۴۰/۷۵ درصد افزایش بود. طی فرایند تورم پلیمر در حضور آب حجم خاک افزایش و جرم مخصوص کاهش‌یافته، درنتیجه تخلخل افزایش می‌یابد. افزایش تخلخل کل خاک با افزایش سوپر جاذب در خاک لوم شنی بسیار قابل توجه است که این افزایش با درجه تورم سوپرجاذب‌ها ارتباط مستقیم دارد چنانچه با افزایش شوری آب آبیاری شدت تورم و افزایش تخلخل کاهش یافته است. افزایش تخلخل کل می‌تواند به دلیل افزایش تخلخل مویین در خاک با بافت مذکور باشد، افزایش آب قابل استفاده در حضور سوپر جاذب در خاک می‌تواند مؤید نتیجه‌گیری فوق باشد زیرا بهبود ساختمان خاک به دنبال افزایش تخلخل مویین موجب کاهش تلفات عمقی و افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک با بافت سبک می‌شود. نتایج حاصل از پژوهش با نتایج پژوهشگرانی همچون کشکولی و همکاران (۱۳۹۱)، سید دراجی و همکاران (۱۳۸۹) و خیری شلمزاری و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد. کاهش تخلخل با افزایش شوری را می‌توان به علت فشرده شدن لایه دوگانه رس‌ها به دنبال افزایش غلظت املاح و افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش تخلخل دانست (سید دراجی و همکاران، ۱۳۸۹). میانگین تخلخل کل در طول ستون خاک برای پلیمر ایرانی و فرانسوی در شکل (۴) ارائه شده است.

مقایسه میانگین‌ها حاصل از نتایج آزمون دانکن در جدول (۵) ارائه شده است. چنانچه ذکر شد افزایش شوری آب آبیاری موجب کاهش تخلخل گردید که این کاهش در تیمارهای حاوی پلیمر نسبت به نمونه فاقد آن کمتر است.

**جدول ۵- اثر متقابل شوری و سوپر جاذب بر تخلخل کل (درصد)**

| | سطح کاربرد سوپر جاذب | تیمار کیفیت آب | | |
|---|---|---|---|---|
| | | تیمار اول | تیمار دوم | تیمار سوم |
| پلیمر A200 | بدون پلیمر | ۵۴/۵۷ F | ۵۳/۷۴ F | ۵۲/۷۸ F |
| | ۰/۳ درصد وزنی | ۵۹/۳۸ E | ۶۱/۵۹ D | ۶۱/۷۳ D |
| | ۰/۶ درصد وزنی | ۷۲/۹۵ A | ۶۳/۳۸ BD | ۶۴ B |
| پلیمر آکوازورب | بدون پلیمر | ۵۴/۵۷ F | ۵۳/۷۴ FG | ۵۲/۷۸ G |
| | ۰/۳ درصد وزنی | ۷۰/۰۳ B | ۶۳/۵۷ D | ۵۷/۷۳ E |
| | ۰/۶ درصد وزنی | ۷۶/۸۱ A | ۷۰/۸۳ B | ۶۷/۶۷ C |

ارقامی که حداقل یک حرف مشترک دارند اختلاف بین آن‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست.

**جدول ٦ - اثر سوپر جاذب بر هدایت الکتریکی زهاب در تیمارهای کیفیت آب**

| منبع | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | شوری شاهد | شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر | شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر |
| نوع پلیمر سوپر جاذب | ۱ | $^{ns}$۱/۰۶ | $^{ns}$۰/۷۹۲ | $^{ns}$۷/۳۶۸ |
| سطح اعمال سوپر جاذب | ۲ | ۳۵/۷۳۹$^{*}$ | ۱۰/۱۴۴$^{*}$ | ۱۷/۰۴۶$^{*}$ |
| نوع پلیمر سوپر جاذب×سطح اعمال سوپر جاذب | ۱ | ۱/۵۸۶ ns | $^{ns}$۸/۵۲۵ | $^{ns}$۴/۰۵۱ |
| خطا | ۳۵ | ۶/۸۶۴ | ۱۱۳/۱۹۵ | ۲/۷۶۴ |

* و ns: به ترتیب معنی‌دار و غیر معنی‌دار در سطح پنج درصد




**شکل ۵- الف: هدایت هیدرولیکی اشباع در پلیمر آکوازورب، ب: هدایت هیدرولیکی اشباع در پلیمر A200**

**- هدایت هیدرولیکی اشباع**

هدایت هیدرولیکی خاک یکی ازخصوصیات هیدرودینامیکی خاک بوده و در انتقال و حرکت دادن آب و املاح در داخل خاک نقش مهمی دارد. در حالت اشباع قسمت عمده جریان از منافذ درشت خاک عبور می‌کند و کمتر در تماس با دانه‌های خاک قرار می‌گیرد. به همین دلیل جریان در حالت اشباع سریع و زیاد و در حالت غیراشباع بسته به درجه خشکی خاک کند و اندک می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۸). در پژوهش حاضر افزایش سطح کاربرد سوپرجاذب موجب کاهش معنی‌دار هدایت هیدرولیکی اشباع در سطح پنج درصد شد. کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع بدان معنی است که سوپر جاذب باعث کند شدن حرکت آب در خاک می‌شود. این کاهش می‌تواند به علت تورم سوپر جاذب‌ها در حضور آب باشد. بدین‌صورت که افزایش حجم سوپر جاذب‌ها موجب بسته شدن مسیر حرکت آب می‌شود. از طرفی افزایش سوپر جاذب موجب افزایش تخلخل کل گردید که با توجه به کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع می‌توان نتیجه گیری کرد که افزایش تخلخل کل در نتیجه افزایش تخلخل مویین خاک بوده است. نتایج به دست آمده مؤید نتایج ژانگ و همکاران[1] (۲۰۱۳) زینال زاده و همکاران (۱۳۹۱) و هان و همکاران (۲۰۱۳) می‌باشد. اگرچه اثر شوری آب آبیاری بر هدایت هیدرولیکی اشباع از نظر آماری معنی‌دار نشد اما افزایش شوری نیز موجب کاهش پارامتر مذکور گردید. این کاهش می‌تواند به دلیل افزایش نسبت جذبی سدیم و به دنبال آن افزایش درصد سدیم قابل‌تبادل باشد. افزایش افزایش درصد سدیم قابل‌تبادل در خاک خطر پراکندگی ذرات را افزایش می‌دهد. پراکندگی ذرات خاک ازنظر کشاورزی مشکلاتی ایجاد می‌کند که از آن جمله می‌توان کاهش ضریب هدایت هیدرولیکی خاک را نام برد (علیزاده، ۱۳۸۵). شکل (۵) هدایت هیدرولیکی اشباع تحت تیمارهای کیفیت آب و سطوح مختلف سوپر جاذب را نشان می‌دهد.

**- هدایت الکتریکی زهاب**

هدایت الکتریکی زهاب‌ها در تیمارهای کیفیت آب به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف کاربرد سوپر جاذب بر میزان هدایت الکتریکی زهاب در جدول (۶) ارائه شده است. افزایش سطح کاربرد سوپر جاذب موجب افزایش معنی‌دار هدایت الکتریکی زهاب شد. بالا بودن میزان هدایت الکتریکی زهاب در تیمارهای دارای سوپر جاذب با توجه به ثابت بودن حجم آبیاری می‌تواند درنتیجه‌ی کاهش حجم زهاب و افزایش غلظت آن باشد. بالا رفتن هدایت الکتریکی زهاب در تیمارهای مورد آزمایش می‌تواند به دلیل شور شدن خاک براثر کاهش سرعت حرکت آب در خاک با بافت مذکور به دلیل حضور سوپر جاذب و ممانعت آن‌ها از حرکت املاح خاک باشد. افزایش شوری خاک با افزایش سطح کاربرد سوپر جاذب صرف‌نظر از کیفیت آب آبیاری با نتایج پژوهش‌های شهید و همکاران[2] (۲۰۱۲) و التراته[3] (۲۰۱۲) مطابقت دارد.

## نتیجه‌گیری

- استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب با تأثیر بر ساختمان خاک موجب افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک لوم شنی شد. در این پژوهش پلیمر ایرانی و فرانسوی در بیشترین سطح کاربرد سوپر جاذب و تحت تیمار اول کیفیت آب، تخلخل را ۳۳/۶۱ و ۴۰/۷۵ درصد و آب قابل‌استفاده گیاه را ۱/۴۵ و ۱/۹۶ برابر نسبت به نمونه فاقد پلیمر افزایش دادند.

- در بافت خاک مورد آزمایش افزودن سوپر جاذب هدایت هیدرولیکی اشباع را کاهش داد که با توجه به افزایش تخلخل کل خاک به دنبال افزودن سوپرجاذب‌ها می‌توان افزایش تخلخل مویین را از نتایج به‌دست آمده استنتاج کرد. بیشترین کاهش در سطح کاربرد ۰/۶ درصد وزنی و تحت تیمار سوم کیفیت آب، در پلیمر ایرانی و فرانسوی نسبت به نمونه بدون پلیمر، ۱۷/۰۳ و ۱۸/۶۲ درصد بود.

- با توجه به کاهش هدایت هیدرولیکی با افزایش سطح کاربرد سوپر جاذب و کاهش حرکت املاح در خاک استفاده از آب‌شور در حضور سوپر جاذب توصیه نمی‌شود.

1- Zhuang *et al.*
2- Shahid *et al.*
3- Altarawneh.

## منابع

۱- الهدادی، ا. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر کاربرد هیدروژل‌های سوپرجاذب بر کاهش تنش خشکی در گیاهان. دومین دوره تخصصی ـ آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.

۲- امامی، ح.، آستارایی، ع.، مهاجرپور، م. و ع. فرح‌بخش. ۱۳۹۰. تاثیر مواد بهساز بر ویژگی‌های هیدرولیکی در یک خاک شور-سدیمی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز.

۳- امیدیان، ح. ۱۳۷۷. ابر جاذب‌ها. مجله شیمی، ۱۱ (۱): ۲۳-۱۸.

۴- برزگر، ع. ۱۳۸۰. فیزیک خاک پیشرفته. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۵- پرنیازپور، ا.، پ.، حبیبی، د. و ب. روشن. ۱۳۸۶. پلیمر سوپرجاذب راهی برای کاهش آب مصرفی در کشاورزی. فصل‌نامه مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۴): ۸۲-۸۰.

۶- خیری شلمزاری، ک.، بهزاد، م. و س. برومند نسب. ۱۳۹۱. اثر سطوح مختلف یک سوپرجاذب بر ظرفیت نگهداشت رطوبتی و تخلخل در خاک زراعی. اولین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، کرج.

۷- روستا، م.، سلطانی، م.، بشارت، ن.، سلطانی، و.، صالحی، م. و غ. رنجبر. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب و شوری آب آبیاری بر نگهداری رطوبت خاک. پژوهش آب ایران، سال هفتم، (۱۲): ۲۴۴-۲۴۱.

۸- زینال زاده، ک.، کرمی، ا.، صادق زاده، م. و ب. حبیب زاده آذر. ۱۳۹۱. بررسی اثرات سطوح مختلف سوپر جاذبA200 و کود آلی بر روی نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک. همایش بین المللی دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه.

۹- سید دراجی، س.، گلچین، ا. و ش. احمدی. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپر جاذب (super A200) و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی. نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴ (۲): ۳۱۶-۳۰۶.

۱۰- شاهرخیان، ز.، میرزائی اصل شیرکوهی، ف. و ع. مسعودی. ۱۳۹۱. نقش پلیمر سوپرجاذب بر ظرفیت نگهداشت آب خاک و منحنی رطوبتی، اولین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، کرج.

۱۱- عابدی کوپایی، ج. و ف. سهراب. ۱۳۸۳. ارزیابی اثر کاربرد پلیمرهای ابر جاذب بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع بافت خاک. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۳: ۱۷۳-۱۶۳.

۱۲- علیزاده، ا. ۱۳۸۸. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۳- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. زهکشی جدید. انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۴- کبیری، ک. ۱۳۸۴. هیدروژل‌های سوپر جاذب. سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی هیدروژل‌های سوپر جاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، آبان ماه.

۱۵- کشکولی، ح. ع.، قاسمی، ل. و ن. ظهرابی. ۱۳۹۱. تاثیر پلیمرهای Super AB A200 و هرزوبورب بر ظرفیت نگهداشت آب در خاک شنی ساحل رودخانه کرخه نور. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، شهریورماه.

16- Altarawneh, A. A. A. 2012. Impact of soil amended superabsorbent polymers on the efficiency of irrigation measures in Jordanian agriculture. M. Sc. Thesis, Braunschweig University of Technology, Germany .

17- Bhat, N. R., Suleiman, M. K., Al-Menaie, H., Al-Ali, E. H., Al-Mulla, L. and A. Christopher. 2009. Polyacrylamide polymer and salinity effects on water requirement of conocarpus iancifolius and selected properties of sandy loam soil. European Journal of Scientific Research, 25(4): 549-558.

18- Brandsma, R. T., Fullen, M. A. and T. J. Hocking. 1999. Soil conditioner effects on soil structure and erosion. Journal of Soill and Water Conservation, 54(2): 485-489.

19- Ekebafe, l. O., Ogbeifun, D. E. and F. E. Okieimen. 2011. Polymer applications in agriculture. Biokemistri, 23(2): 81-89.

20- Han, Y., Yu, X., Yang, P., Li, B., Xu, L. and C. Wang. 2013. Dynamic study on water diffusivity of soil with super-absorbent polymer application. Environmental Earth Science, 69: 289-296.

21- Shahid, S. A., Qidwai, A. A., Anwar, F., Ullah, I. and U. Rashid. 2012. Improvement in the water retention characteristics of sandy loam soil using a newly synthesized poly (Acrylamide-co-acrylic acid)/alznfe$_2$O$_4$ superabsorbent hydrogel nanocomposite material. Molecules, 17(8): 9397-9412.

22- Shanmuganathan, R. T. and J. M. Oades. 1982. Effect of dispersible clay on the physical properties of the B horizon of a red-brown earth. Australian Journal of Soil Research, 20(4): 315-324.

23- Sheinberg, I., and G. J. Levy. 1994. Organic polymers and soil sealing in cultivated soil. Soil Science, 158(4):267-273.

24- William, J. F. and J. K. Gray. 1990. Water absorption of hydrophylic polymers (hydrogels) reduced by media amendments. Journal of Environmental Horticulture, 8(3): 113-114.

25- Zhuang, W., Li, L. and C. Liu. 2013. Effects of sodium polyacrylate on water retention and infiltration capacity of a sandy soil. Springer Plus, 2(1): S11.