



ارزیابی مزرعه‌ای تأثیر دو پلیمر سوپرجاذب A200 و استاکوزورب بر هیدرولیک جریان در آبیاری

جویچه‌ای

اعظم احمدی سرائیلانی^۱، محمود مشعل^{۲*}، بهزاد آزادگان^۱، پیام کمالی^۱

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۰۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب بر هیدرولیک جریان و نفوذ آب در آبیاری جویچه‌ای بود. به این منظور از دو نوع سوپرجاذب A200 و استاکوزورب با دو مقدار ۱۶ و ۳۰ گرم در مترمربع خاک، تحت دو شدت جریان مختلف (۰/۳ و ۰/۶ لیتر بر ثانیه) استفاده شد. آزمایش طی پنج نوبت آبیاری و در شرایط بدون کشت در تابستان ۱۳۹۷ انجام شد. نتایج نشان داد که هر دو سوپرجاذب باعث افزایش زمان پیش‌روی و زمان پس‌روی شدند و با افزایش مقدار سوپرجاذب‌های اعمال‌شده تأثیر آنها بیش‌تر شد. نتایج نشان داد که افزودن سوپرجاذب به خاک با کاهش رواناب و افزایش مقدار نفوذ همراه شد و هرچه مقدار سوپرجاذب بیش‌تری به‌کار برده شد، رواناب بیش‌تر کاهش یافته و مقدار نفوذ بیش‌تر افزایش داشت. همچنین، در شدت جریان ورودی بالاتر تأثیر سوپرجاذب‌ها روی پارامترهای نفوذ و زمان‌های پیش‌روی و پس‌روی کم‌تر بود. در مقایسه دو پلیمر، سوپرجاذب استاکوزورب چه بر افزایش زمان‌های پیش‌روی و پس‌روی و چه بر افزایش مقدار نفوذ آب در خاک، تأثیر بیش‌تری را نسبت به A200 نشان داد.

کلیدواژه‌ها: آبیاری سطحی، رواناب، سوپرجاذب، نفوذ.

Field evaluation of the effect of two superabsorbent polymers A200 and Stockosorb on hydraulic performance in furrow irrigation

Azam Ahmadi Sarailani¹, Mahmoud Mashal^{2*}, Behzad Azadegan², Payam Kamali¹

1. Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Aburayhan, University of Tehran, Tehran, Iran.

2. Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Aburayhan, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 11 January 2020

Accepted: 24 February 2020

Abstract

The study was conducted at the experimental farm of college of Aburayhan of University of Tehran located in Karaj. The aim of this study was to investigate the effect of using superabsorbent polymer on flow hydraulic parameters of the flow and water infiltration in furrow irrigation. For this purpose, two types of superabsorbent A200 and Stockosorb with two values of 16 and 30 g/m² of soil under two different flow rates (0.3 and 0.6 L/s) were used. The experiment was carried out in five irrigation regimes and in non-cultivated conditions in the summer of 2018. The results showed that both superabsorbents increased the time of the advance and recession and increased their amount by increasing the amount of superabsorbent. Also, the results showed that the addition of super adsorbent to soil decreased the runoff and increased the amount of infiltration, and with the increase of the flow rate to the furrows, the effect of superabsorbent was reduced. Stockosorb superabsorbent had a greater effect on the increase in advance and Recession times and enhance of water penetration in the soil.

Keywords: Infiltration, Runoff, Superabsorbent, Surface irrigation,

مقدمه

در کشور ایران اقلیم خشک و نیمه‌خشک بیش‌تر مناطق را تحت تأثیر قرار داده و به‌خصوص خشکسالی‌های اخیر بر مشکل کم‌آبی افزوده است. بهبود کارایی مصرف و استفاده بهینه از منابع آب به‌عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح می‌باشد. اختلاط برخی مواد افزودنی نظیر بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و مواد سوپرجاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب در خود ذخیره نموده و قابلیت نگهداری آب خاک را افزایش دهند (۱۲). در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی برای افزایش کارایی مصرف آب صورت گرفته که در این راستا، افزایش دور آبیاری و بهره‌گیری از ترکیبات سوپرجاذب به‌عنوان دو راه‌کار اساسی در صرفه‌جویی و استفاده بهینه آب موردتوجه قرار گرفته‌اند (۲۶). به‌طورکلی، یکی از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک هم‌چون وضعیت نگهداشتن آب در خاک است. کشاورزان مخلوطی از کلونیدهای آبدوست رسی و آلی را به خاک می‌افزایند. کمبود و گرانی کودهای آلی و سرعت تجزیه و تخریب در شرایط مناطق خشک و بیابانی کاربرد آن را برای جنگل‌کاری‌های گسترده در این‌گونه مناطق محدود ساخته است. از این‌رو، بررسی امکان استفاده از پلیمرهای آبدوست مصنوعی موردتوجه قرار گرفته است (۲۱). با اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته، از طریق حفظ رطوبت خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و به‌طورکلی بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، می‌توان بازده آب را افزایش داد. دستیابی به اهداف فوق‌الذکر با انجام اقداماتی نظیر استفاده از کود سبز و آلی، مالچ گیاهی و مصنوعی و یا استفاده مواد اصلاح‌کننده نظیر ترب، پرلیت و مواد پلیمری میسر می‌شود (۱۲) ترکیب این مواد با خاک، خصوصیات

شیمیایی و فیزیکی خاک و به تعبیری پارامترهای طراحی و مدیریتی آبیاری را متأثر می‌نمایند. از آنجاکه سوپرجاذب‌ها هرگز به مواد اولیه خود بر نمی‌گردند، در شرایط یونی و میکروبی خاک به آرامی تجزیه شده و سرانجام به آب، دی اکسیدکربن و ترکیبات نیتروژن‌دار غیرسمی از جمله آمونیاک تبدیل شده و به ماده آلی خاک اضافه می‌شوند (۲۳، ۳۲). بنابراین با وجود ساختار شیمیایی هیچ اثر منفی و تخریبی روی ساختمان خاک و سازگار با محیط زیست هستند (۱۸).

هیدروژل (سوپرجاذب) نوعی از پلیمر با ساختار متقابل است که می‌تواند در آب خالص ۳۰ تا ۴۰ برابر وزن خود آب جذب کند و سپس دانه‌های ژل را تشکیل می‌دهد. این پلیمرها ظرفیت ذخیره آب، راندمان آبیاری و نفوذپذیری خاک را افزایش می‌دهند و به کاهش تناوب آبیاری، چگالی خشک و رواناب سطحی کمک می‌کنند. میزان این تأثیر می‌تواند توسط عوامل محیطی مختلف کاهش یا افزایش یابد (۱۹). میزان جذب آب این پلیمرها بسته به فرمولاسیون، ناخالصی‌ها و میزان نمک موجود، از مقادیر بسیار پایین حدود ۲۰ برابر وزنی تا بالاتر از ۲۰۰۰ برابر وزنی متغیر است (۱۰).

هدف اصلی از افزودن پلیمرهای سوپرجاذب به خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش دور آبیاری است (۲۵، ۲۳) و ظرفیت ذخیره آب به بافت خاک، نوع، اندازه پلیمر و املاح خاک بستگی دارد (۲۷، ۳۱، ۲۴). پلیمرهای سوپرجاذب در میزان نفوذ آب در خاک، وزن مخصوص ظاهری، نگهداشت آب در خاک و نیز میزان تبخیر از سطح خاک تأثیرگذارند (۳۶). تأثیر کاربرد سطوح پلیمر سوپرجاذب در سطح ۰/۳ درصد وزنی سوپرجاذب در توسط فلاح قوچان در بافت نیمه‌سنگین مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج حاکی از روند افزایشی بهبود ضریب آب‌گذری، ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در دو نقطه

شیراری بررسی شد و نشان داد که به‌کارگیری آن، فرسایش را ۹۴ درصد کاهش و نفوذ را ۱۵ درصد افزایش می‌دهد (۲۹). مختاری‌مطلق و شریفان (۱۳) در بررسی کاربرد سوپرچاذب A200 در آبیاری جویچه‌ای نشان داده است که افزودن سوپرچاذب باعث افزایش زمان پیش‌روی و پس‌روی می‌شود. بررسی تأثیر سوپرچاذب و تنش رطوبتی بر عملکرد ذرت نشان داد که سوپرچاذب باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌شود. همچنین، نتایج نشان داد که با افزایش میزان سوپرچاذب، مقدار مکش متوسط ناحیه ریشه گیاه در طول فصل رشد کاهش می‌یابد (۱). به‌کارگیری جاذب‌های رطوبتی از طریق حفظ و ذخیره رطوبت خاک، بهبود نفوذپذیری آب در خاک و افزایش بازده مصرف آب می‌تواند گامی مؤثر در جهت بهره‌برداری از منابع محدود آب باشد (۳).

در حوزه آبیاری و زهکشی، نیاز مبرم به پژوهش در رابطه با نقش سوپرچاذب‌ها در مدیریت آبیاری سازگار با محیط زیست وجود دارد تا مسائل کمبود آب و نیاز به افزایش مواد غذایی را در نظر بگیرد. کارایی پلیمرهای سوپرچاذب بر بهبود خواص فیزیکی خاک از نظر نگهداری و آزادسازی آسان حجم زیادی آب و تأثیر آن بر عملکرد گیاهان مختلف موضوع آزمایش‌های متنوعی شده است. ولی کارایی این مواد در چگونگی تغییر پارامترهای هیدرولیکی و کاهش تلفات آب و راندمان‌های آبیاری سطحی نیاز به مطالعه و تجزیه و تحلیل دارد که موضوع این پژوهش خواهد بود. با توجه به راندمان پایین آبیاری سطحی در کشور (۲۰)، هدف این مطالعه، بررسی تأثیر دو نوع سوپرچاذب A200 و استاکوزورب بر هیدرولیک جریان آبیاری سطحی، افزایش نفوذپذیری خاک و بهبود راندمان، همچنین مقایسه دو نوع سوپرچاذب با دو مقدار متفاوت تحت دو شدت جریان مختلف در آبیاری جویچه‌ای بوده است.

ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم بوده است (۹). نتایج پژوهش بهبهانی (۴) نشان داد که کاربرد پلیمر استاکوزورب باعث بهبود برخی از خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود، به‌طوری‌که باعث افزایش مقادیر هدایت هیدرولیکی و رطوبت اشباع خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شد. همچنین کاربرد ۰/۳ درصد وزنی پلیمر در خاک نسبت به سایر تیمارهای مصرف پلیمر، تأثیر چشم‌گیری در افزایش عمق و عرض خیس‌شدگی داشت. در پژوهش دیگری از ماجد (۳۰) استفاده از نوعی پلیمر سوپرچاذب در پلات‌های خاک بر افزایش نفوذپذیری، کاهش رواناب، کل حجم نفوذپذیری و سرعت نفوذپذیری نهایی، مؤثر ارزیابی شد. آمارلیس و همکاران (۱۷) با کاربرد کود و پلیمر پلی‌اکریل‌آمید برای بالابردن رشد طبیعی گونه‌های گیاهی در خاک‌های معدنی، بالاترین بهبود در شرایط خاک همراه با کود و پلیمر را مشاهده کردند، بیش‌ترین توده خشک گیاهی نیز در خاک ترکیبی کود و پلیمر حاصل شد، که این مسأله ناشی از بهبود کیفیت خاک معدنی به‌دلیل افزایش کود و پلیمر بود. نتایج مطالعه زارع ایبانه و زارعی (۶) نیز نشان داد که سوپرچاذب باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌شود. نتایج بررسی تأثیر پلیمر سوپرچاذب استاکوزورب در آبیاری جویچه‌ای نشان داد که اضافه‌کردن سوپرچاذب به خاک باعث افزایش فرصت نفوذ و نفوذ تجمعی بیش‌تری می‌شود و کاربرد این پلیمر می‌تواند وضعیت نفوذپذیری خاک را تا حد قابل‌قبولی بهبود بخشد (۱۵). تأثیر پلی‌اکریل‌آمید در کنترل فرسایش و تلفات خاک از جویچه‌ها و افزایش نفوذ آب در پژوهش‌های متعددی بررسی شده که همگی مؤید این نتیجه بودند که پلی‌اکریل‌آمید باعث کاهش تلفات خاک از جویچه‌ها و افزایش میزان نفوذ می‌شود (۵، ۲، ۱۱). استفاده از مواد پلیمری پلی‌اکریل‌آمید بر نفوذ در آبیاری

مواد و روش‌ها

این مطالعه، به منظور ارزیابی تأثیر پلیمرهای سوپرجاذب بر نفوذ و رواناب انتهایی و زمان‌های پیش‌روی و پس‌روی، در پردیس ابوریحان واقع در شهرستان پاکدشت در سال ۱۳۹۷ انجام شد. شهرستان پاکدشت در محدوده جغرافیایی ۵۱° ۵۶' تا ۵۱° ۳۴' طول شرقی و عرض شمالی ۳۵° ۳۵' تا ۳۵° ۱۷' قرار دارد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه با نمونه‌برداری از ابتدا وسط و انتهای مزرعه و از اعماق مختلف تعیین گردید، که نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است.

برای انجام این پژوهش، در بهار ۱۳۹۷ قطعه زمینی مستطیلی شکل در مزرعه انتخاب گردید. ابتدا مقدار مورد استفاده هر نوع سوپرجاذب برای هر جویچه براساس مساحت جویچه محاسبه و توزین شد و سپس با استفاده از دستگاه بذریاش به خاک اضافه گردید. با توجه به مطالعات انجام شده بر این پلیمرها مشخص شده که مقادیر کم سوپرجاذب تأثیر خاصی بر روی پارامترهای مورد بحث نمی‌گذارد. در مطالعه‌ای که میزان سوپرجاذب در سه سطح صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم بر هکتار انتخاب شد، نتایج نشان داد که مقدار پایین ۷/۵ گرم در مترمربع تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای مورد اندازه‌گیری نداشت (۱۱، ۱۵، ۳۹). هم‌چنین اختلاف بین مقادیرهای افزوده شده باید به نحوی باشد تا روی نتایج بررسی اثرگذار باشد. بنابراین میزان سوپرجاذب‌ها با سه غلظت

۱۶،۰ و ۳۰ گرم در متر مربع خاک در نظر گرفته شد.

برای ایجاد جویچه‌ها از شخم شیارکن استفاده شد. عرض و طول جویچه‌ها در این بررسی ثابت و به ترتیب ۰/۷۵ و ۸۰ متر و انتهای جویچه‌ها باز بود. برای محاسبه بعضی از پارامترهای مورد تحلیل در این پژوهش، به دست آوردن سطح مقطع جویچه لازم بود. به همین منظور باید وسیله‌ای دقیق برای قرائت شکل هندسی جویچه به کار می‌رفت. از نیمرخ سنج روش پیشنهادی و اگر و اسکوگرو (۳۷) برای تعیین سطح مقطع جویچه‌ها در آبیاری جویچه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری عمق جریان برای به دست آوردن ضریب زبری مانینگ از روش‌های مستقیم و تحلیلی در مقاطع ابتدا، وسط و انتها ضروری بود. با نصب خط‌کش‌های ۲۰ سانتی‌متری در مقاطع مورد نظر در طول جویچه‌های مورد آزمایش، اندازه‌گیری عمق جریان انجام شد.

پلیمرها پس از مالکشی زمین، توسط دستگاه بذریاش در عرض ۱۲۰ سانتی‌متری و عمق ۲۵ سانتی‌متری به خاک، قبل از انجام آبیاری افزوده شد. برای ایجاد شرایط نزدیک‌تر به شرایط آبیاری در مزرعه، در دو طرف جویچه‌های اندازه‌گیری دو جویچه محافظ ایجاد شد که سطح مقطع، دبی ورودی و زمان قطع مشابه داشتند، به دلیل این‌که خشک‌بودن جویچه‌ها در کنار یکدیگر بر تابع نفوذ و به تبع آن بر سرعت پیش‌روی اثرگذار است (۳۵، ۸).

Table 1. Physical and chemical characteristics of the first, middle and end of experimental field soil

Sampling point	Depth (m)	Soil type	γ (g.cm ⁻³)	FC (%)	PWP (%)	Soil acidity	EC _e (ds.m ⁻³)	Soil moisture (mm)
First	0.0-0.2	Loam	1.50	17.80	8.10	7.63	2.55	29.10
	0.0-2.4	Sandy loam	1.45	15.80	6.80	7.82	1.77	313.20
	0.0-2.6	Sandy loam	1.47	14.20	6.00	7.47	1.88	554.48
Middle	0.0-0.2	Loam	1.50	18.10	8.50	7.82	2.10	28.80
	0.0-2.4	Sandy loam	1.45	15.90	6.80	7.94	2.08	316.68
	0.0-2.6	Sandy loam	1.52	14.50	6.20	7.80	2.00	580.34
End	0.0-0.2	Loam	1.51	17.90	8.40	7.45	2.98	28.69
	0.0-2.4	Sandy loam	1.48	15.60	6.70	7.63	2.05	316.13
	0.0-2.6	Sandy loam	1.49	14.30	6.20	7.85	2.47	562.03

به ترتیب ۰/۳۲۶۹ و ۲/۷۳۴ در نظر گرفته شده است (۲۲). n نیز ضریب زبری مانینگ است. در این معادله برای محاسبه ضریب زبری مانینگ از روش پیشنهادی واکر استفاده شد، که یک روش بهینه‌سازی چندسطحی بر مبنای سعی و خطا با مدل SIRMOD است و به اطلاعاتی مانند اندازه‌گیری مراحل پیش‌روی، پس‌روی و هیدروگراف رواناب خروجی نیاز دارد، که در این معادله از مقادیر آبیاری اول استفاده شد. تیمارهای انتخابی بر مبنای خاک و سوپرجاذب (خاک بدون سوپرجاذب، خاک با سوپرجاذب استاکوزورب و خاک با سوپرجاذب A200 و با سه مقدار افزودن سوپرجاذب (شاهد صفر، کم ۱۶ و زیاد ۳۰ گرم در یک مترمربع خاک) تعیین گردیدند.

تیمارهای خاک به صورت IL خاک بدون سوپرجاذب و شاهد و دبی ورودی کوچک، IH خاک بدون سوپرجاذب و شاهد و دبی ورودی بزرگ، ILA1 خاک با مقدار کم سوپرجاذب A200 و دبی ورودی کوچک، IHA1 خاک با مقدار کم سوپرجاذب A200 و دبی ورودی بزرگ، ILA2 خاک با مقدار زیاد سوپرجاذب A200 و دبی ورودی کوچک، IHA2 خاک با مقدار زیاد سوپرجاذب A200 و دبی ورودی بزرگ، ILS1 خاک با مقدار زیاد کم سوپرجاذب استاکوزورب و دبی ورودی کوچک، IHS1 خاک با مقدار کم سوپرجاذب استاکوزورب و دبی ورودی بزرگ، ILS2 خاک با مقدار زیاد سوپرجاذب استاکوزورب و دبی ورودی کوچک، IHS2 خاک با مقدار زیاد سوپرجاذب استاکوزورب و دبی ورودی بزرگ، انتخاب گردید. مشخصات تیمارهای آزمایش در جدول (۲) ارائه شده است.

آزمایش‌ها در پنج نوبت آبیاری و در ۱۰ جویچه مورد مطالعه انجام گرفت. برای تعیین منحنی‌های پیش‌روی و پس‌روی، با نصب میخ‌های چوبی در طول جویچه با فاصله‌های ۱۰ متری زمان پیش‌روی و پس‌روی اندازه‌گیری شد.

وظیفه جویچه‌های محافظ فقط برای ایجاد شرایط مشابه نفوذ دو بعدی در آبیاری جویچه‌ای بود و داده‌برداری در آنها انجام نشد. در هر یک از پلات‌ها آزمایش با استفاده از سه سطح ترکیبی پلیمر سوپرجاذب با خاک (شاهد بدون افزایش ماده پلیمر و افزایش مقدار پلیمر در دو سطح) به عنوان تیمار اصلی و دو سطح کم و زیاد دبی به عنوان تیمار فرعی با پنج تکرار انجام گرفت. در کل ۱۰ جویچه اصلی برای اندازه‌گیری و شش جویچه کناری به عنوان حاشیه و سه جویچه برای تفکیک هر بلوک از بلوک مجاور، در نظر گرفته شد.

در این پژوهش از دو شدت جریان غیر فرسایشی (کوچک ۰/۳ و بزرگ ۰/۶ لیتر بر ثانیه) استفاده شد. این دبی‌ها براساس شبیه‌سازی قبل از شروع آزمایش‌ها با نرم‌افزار SIRMOD و تعیین حداکثر دبی غیرفرسایشی برای آبیاری استفاده گردید. در سیستم آبیاری جویچه‌ای با انتهای باز ماکزیمم دبی ورودی (Q_{0max}) براساس حداکثر سرعت (V_{0max}) مجاز تعیین می‌شود (۲۲).

$$Q_{0max} = \left[\frac{v_{max}^{\rho_2} n^2}{3600 \rho_1 S_0} \right]^{\frac{1}{\rho_2^2}} \quad (1)$$

که در آن، Q_{0max} ، ماکزیمم دبی ورودی غیرفرسایشی برحسب (m^3/min) در واحد عرض جویچه است، و v_{max} مقادیر حداکثر سرعت مجاز است که برای خاک‌های تحکیم‌شده (m/min) ۱۰-۱۵ و برای خاک‌های کم‌تر تحکیم‌شده و فرسایشی (m/min) ۸-۱۲ می‌باشد. در جویچه‌های شامل سوپرجاذب، حداکثر سرعت مجاز میانگین مقدار پیشنهادی برای خاک‌های تحکیم‌شده (با توجه به اثر سوپرجاذب در کاهش تلفات و فرسایش خاک) و برای تیمارهای شاهد حداکثر سرعت مجاز میانگین مقدار پیشنهادی برای خاک‌های کم‌تر تحکیم‌شده و فرسایشی در نظر گرفته شد. پارامترهای ρ_1 و ρ_2 پارامترهای هندسی مقطع هستند که برای خاک شخم زده‌شده با بافت لوم شنی

Table 2. Specification of experiment treatments

Treatment	Estimated n	Q_{0max} (l.s ⁻¹)	Flow rate (l.s ⁻¹)	Superabsorbent type	Superabsorbent dosage (g.m ⁻²)
IL	0.044	1.2	0.3	-	-
IH	0.038	1.3	0.6	-	-
ILA1	0.045	1.6	0.3	A200	16
IHA1	0.056	0.8	0.6	A200	16
ILA2	0.038	1.3	0.3	A200	30
IHA2	0.022	1.1	0.6	A200	30
ILS1	0.048	1.5	0.3	Stockosorb	16
IHS1	0.052	0.9	0.6	Stockosorb	16
ILS2	0.032	0.5	0.3	Stockosorb	30
IHS2	0.042	0.7	0.6	Stockosorb	30

انتهای مزرعه رسید. این افزایش دبی در تیمار با مقدار کم سوپرجاذب A200 کاهش ۲۶٪ در زمان پیشروی را به همراه داشت و افزایش دبی در تیمار با مقدار زیاد سوپرجاذب A200 زمان پیشروی با کاهش معادل ۲۰٪ درصد زمان پیشروی اولیه را نشان داد. در تیمارهای با سوپرجاذب استاکوزورب نیز نتایج مشابهی به دست داد، که کاهش معادل ۲۹٪ درصد زمان پیشروی اولیه است. افزایش دبی در تمام موارد با کاهش زمان پیشروی همراه است. کاهش زمان پیشروی ناشی از افزایش دبی در تیمار شاهد ۲۸ درصد است. و در تیمارهای با سوپرجاذب IHA1 و IHS2 این کاهش کم تر از شاهد و در تیمار IHS1 و IHA2 بیش تر از تیمار شاهد و حدود ۲۹٪ و درصد است. در دبی ثابت نیز تأثیر افزایش سوپرجاذبها نیز بررسی گردید. جدول (۵) نتایج حاصل را نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می شود، افزودن سوپرجاذب افزایش زمان پیشروی در یک دبی معین را سبب می شود (افزایش زمان پیشروی معادل با کندتر شدن فاز پیشروی است). در دبی کم، افزودن سوپرجاذب باعث افزایش زمان پیشروی در دامنه ۶ تا ۱۵٪ درصد در این پژوهش گردیده است و در دبی زیاد، افزودن سوپرجاذب باعث افزایش زمان پیشروی در دامنه ۸٪ تا ۱۹٪ درصد شده است. بنابراین می توان گفت که سوپرجاذب استاکوزورب تأثیر بیش تری بر افزایش زمان پیشروی نسبت به سوپرجاذب A200 از خود نشان می دهد و درصد این افزایش در دبی کم بیش تر است.

اندازه گیری شدت جریان ورودی و خروجی جویچه ها به کمک فلوم های WSC تپ ۲ انجام شد. جدول (۳) زمان قطع جریان را برای دو دبی ورودی و برای پنج آبیاری انجام شده در ۱۰ جویچه مورد مطالعه را در طول آزمایش نشان می دهد.

نتایج و بحث

زمان های پیشروی و پسروی

تأثیر سوپرجاذبها بر روی زمان های پیشروی و پسروی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از اندازه گیری های زمان پیشروی در دو دبی کم (۰/۳ لیتر بر ثانیه) و دبی زیاد (۰/۶ لیتر بر ثانیه) برای تیمار شاهد و دو نوع سوپرجاذب با کمیت ۱۶ و ۳۰ گرم در یک مترمربع خاک در جدول های (۴) و (۵) آورده شده است. افزایش دبی (مطابق جدول ۴) زمان پیشروی را کاهش می دهد، همچنان که افزایش دبی در سطح مقطع یکسان باعث افزایش سرعت پیشروی و کاهش مدت زمان لازم برای رسیدن جبهه پیشروی به انتهای جویچه می شود. میانگین زمان پیشروی برای پنج نوبت آبیاری در شیارهای با طول ۸۰ متر، برای دبی های ۰/۳ و ۰/۶ لیتر بر ثانیه، در تیمار شاهد به طور متوسط به ترتیب ۳۱/۴ و ۲۲/۶ دقیقه است، که یک کاهش معادل ۲۸ درصد زمان پیشروی دبی اولیه (کوچک) است. افزایش دبی برای هر دو نوع سوپرجاذب و در تمام آبیاری ها نیز باعث کاهش زمان پیشروی شد و آب زودتر به

Table 3. Irrigation cut off time in each irrigation event for two different flow rates

Irrigation event	Treatment									
	Lower flow rate (0.3 l.s ⁻¹)					Higher flow rate (0.6 l.s ⁻¹)				
	IL T _c (min)	ILA1 T _c (min)	ILA2 T _c (min)	ILS1 T _c (min)	ILS2 T _c (min)	IH T _c (min)	IHA1 T _c (min)	IHA2 T _c (min)	IHS1 T _c (min)	IHS2 T _c (min)
1	215	217	219	216	220	204	207	219	206	210
2	212	214	215	215	221	203	204	215	205	210
3	211	213	214	214	214	203	203	214	205	208
4	209	212	213	214	214	201	205	213	203	206
5	210	211	213	213	216	202	204	213	202	206

Table 4. Advanced time (t_a) of 5 irrigation events for two superabsorbent dosage, type and two flow rate

Irrigation event	Treatment									
	IL t _a (min)	IH t _a (min)	ILA1 t _a (min)	IHA1 t _a (min)	ILA2 t _a (min)	IHA2 t _a (min)	ILS1 t _a (min)	IHS1 t _a (min)	ILS2 t _a (min)	IHS2 t _a (min)
1	35	24	37	27	39	30	36	26	40	30
2	32	23	34	24	35	30	35	25	41	30
3	31	23	33	23	34	27	34	25	34	28
4	29	21	32	25	33	25	34	23	34	26
5	30	22	31	24	33	26	33	22	36	26
Mean	31.4	22.6	33.4	24.6	34.8	27.6	34.3	24.4	37	28
Difference		8.8		8.8		7.2		10.0		9.0
Difference percentage		28		26.3		29.3		29.0		24.3

Table 5. Mean advanced time (t_a) of 5 irrigation events for two superabsorbent dosages, type and two flow rate

Irrigation event	Treatment									
	Lower flow rate (0.3 l.s ⁻¹)					Higher flow rate (0.6 l.s ⁻¹)				
	IL t _a (min)	ILA1 t _a (min)	ILA2 t _a (min)	ILS1 t _a (min)	ILS2 t _a (min)	IH t _a (min)	IHA1 t _a (min)	IHA2 t _a (min)	IHS1 t _a (min)	IHS2 t _a (min)
Mean	31.4	33.4	34.8	34.4	37	22.6	24.6	27.6	24.4	28
Difference		2.0	3.40	3.00	5.60		2.00	5.00	1.60	5.40
Difference percentage		6.0	9.8	8.7	15.1		8.1	18.1	6.6	19.3

در پژوهش حاضر با بافت لوم شنی افزایش زمان پیش‌روی حدود ۷ تا ۱۰ دقیقه برای طول ۸۵ متر است، که این امر نشان‌دهنده این واقعیت است که علاوه بر دبی، بافت خاک عاملی تعیین‌کننده است. دلیل اصلی افزایش زمان پیش‌روی و کندشدن سرعت جریان آب در جویچه را می‌توان نتیجه افزایش نفوذ آب با افزایش مقدار پلیمر ترکیب‌شده با خاک دانست، به‌ویژه در آبیاری‌های پس از آبیاری اول که یکنواختی کاربرد آب بیش‌تر شده است. کندشدن پیش‌روی آب در جویچه و اختلاف در نتایج تیمارهای حاوی سوپرجاذب با تیمار شاهد گواه این است که در فاز پیش‌روی آب گرایش بیش‌تری به نفوذ و باقی‌ماندن در خاک دارد تا رسیدن به انتهای جویچه، زیرا پلیمر با افزایش ظرفیت

در مطالعه لنتز و سوچکا (۲۹) زمان پیش‌روی، که تا حد زیادی تابعی از جریان ورودی و میزان نفوذ و میزان شست‌وشوی خاک در ابتدای جویچه که در دوره کوتاهی در ابتدای آبیاری رخ می‌دهد، است. آزمایش‌های صحرائی نشان داد که زمان پیش‌روی در جویچه با کاربرد پلیمری به نام WSPAM، ۱/۲ برابر بیش‌تر از جویچه کنترل بود. هم‌چنین نتایج مطالعه منتظر (۱۵) در یک خاک لوم رسی با دبی ۰/۵ و ۰/۷ لیتر در ثانیه نشان داد که اضافه‌کردن ۷، ۵ و ۹ گرم در مترمربع سوپرجاذب استاکوزورب به خاک در آبیاری جویچه‌ای در اراضی با شیب ۰/۸ درصد و با زمان پیش‌روی حدود ۲۴ دقیقه منجر به افزایش زمان پیش‌روی میزان ۰/۶۲ و ۰/۳۵ دقیقه در برای طول‌های ۹۰ و ۶۰ متر شد. بنابراین،

درصد است. همان‌طور که از نتایج برمی‌آید افزودن سوپرجاذب استاکوزورب افزایش بیش‌تری بر زمان پس‌روی در مقایسه با سوپرجاذب A200 در میزان بالاتر کاربرد سوپرجاذب از خود نشان می‌دهد (حدود ۱۴/۹ درصد). به‌طور کلی، با هر افزایش سوپرجاذب، زمان پس‌روی با طول ثابت افزایش پیدا کرده است، که این افزایش بیانگر نقش پلیمر در جذب آب در جویچه است. با افزایش سوپرجاذب و افزایش غلظت آن، سرعت پس‌روی کاهش پیدا کرده و پس‌روی در مدت زمان بیش‌تری انجام می‌شود. دلیل این امر را می‌توان در نقش پلیمر سوپرجاذب در جذب آب و نگهداشت آب در خاک دانست. با توجه به ثابت‌بودن بقیه عوامل در هر دبی ورودی و طول جویچه، زمان قطع جریان و دیگر عوامل تأثیرگذار، این افزایش زمان پس‌روی نشان از نقش مؤثر پلیمر در نفوذ و ذخیره‌سازی آب در خاک دارد که مانع از خروج زود هنگام آب از جویچه می‌شود. در مطالعه مختاری مطلق و شریفان (۱۳) تأثیر سوپرجاذب A200 را در آبیاری جویچه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که افزودن سوپرجاذب باعث افزایش زمان پس‌روی می‌شود، که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

نگهداری آب خاک و ایجاد چسبندگی بین خاکدانه‌ها، زمان رسیدن آب به انتهای جویچه‌ها را افزایش می‌دهد. با توجه به زیادبودن شیب زمین در این پژوهش (۱ درصد) افزودن سوپرجاذب به خاک، تأثیر کم‌تری بر افزایش زمان پس‌روی نسبت به مطالعات قبلی (۱۳، ۱۵) داشت. بنابراین عامل پیش‌برنده شیب باعث کم‌شدن اثر نگهدارنده نفوذ در پیش‌روی آب تا انتهای جویچه می‌شود (۱۰).

زمان‌های پس‌روی طی پنج نوبت آبیاری و برای دو مقدار دبی، و برای دو نوع و در دو مقدار سوپرجاذب در جدول (۶) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش در دبی ورودی به شیارها، در تمام تیمارها و برخلاف زمان پیش‌روی با افزایش زمان پس‌روی همراه است. در تیمار شاهد این افزایش ۱۹/۴ درصد است در تیمار IHA1 این درصد افزایش به حدود ۲۰ درصد می‌رسد که اندکی از تیمار شاهد بیش‌تر افزایش یافته است.

در یک دبی معین (جدول ۷)، افزودن سوپرجاذب به خاک باعث افزایش زمان پس‌روی شد. این افزایش زمان پس‌روی در تیمارهای با دبی کم در دامنه ۴/۸ تا ۳۰/۶ درصد، و در تیمارهای با دبی زیاد در دامنه ۵/۴ تا ۱۴/۹

Table 6. Recession time (t_r) of 5 irrigation events for two superabsorbent dosage, type and two flow rate

Irrigation event	Treatment									
	IL t_r (min)	IH t_r (min)	ILA1 t_r (min)	IHA1 t_r (min)	ILA2 t_r (min)	IHA2 t_r (min)	ILS1 t_r (min)	IHS1 t_r (min)	ILS2 t_r (min)	IHS2 t_r (min)
1	13	15	12	16	14	16	14	15	16	17
2	12	15	13	15	14	16	13	14	16	17
3	13	14	13	15	15	15	14	17	16	16
4	13	15	13	16	15	16	15	18	17	18
5	11	15	14	16	15	17	14	15	16	17
Mean	12.4	14.8	13	15.6	14.6	16	14	15.8	16.2	17
Difference		2.40		2.6		1.40		1.80		0.80
Difference percentage		19.4		20.0		90.6		12.9		4.9

Table 7. Mean recession time (t_r) of 5 irrigation events for two superabsorbent dosage, type and two flow rate

Irrigation event	Treatment									
	Lower flow rate (0.3 l.s ⁻¹)					Higher flow rate (0.6 l.s ⁻¹)				
	IL t_r (min)	ILA1 t_r (min)	ILA2 t_r (min)	ILS1 t_r (min)	ILS2 t_r (min)	IH t_r (min)	IHA1 t_r (min)	IHA2 t_r (min)	IHS1 t_r (min)	IHS2 t_r (min)
Mean	12.4	13	14.6	14	16.2	14.8	15.6	16.0	15.8	17.0
Difference		0.60	2.20	1.60	3.80		0.80	1.20	1.0	2.20
Difference percentage		4.8	17.7	12.9	30.6		5.4	8.1	6.8	14.9

میزان رواناب و نفوذ

تلفات رواناب با استفاده از مقدار دبی خروجی از انتهای جویچه در زمان‌های مختلف ثبت شده توسط فلوم‌های جاگذاری شده، اندازه‌گیری شد. هیدروگراف جریان ورودی- خروجی برای آبیاری اول در شکل (۲) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تنظیم جریان ورودی به شکل مناسبی انجام گرفته است، به طوری که تغییرات زیادی در طول مدت زمان آبیاری در شدت جریان ورودی مشاهده نمی‌شود.

نمودارهای پیش‌روی و پس‌روی برای آبیاری اول در شکل (۱) ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، در کل افزودن سوپرجاذب به خاک باعث افزایش زمان پیش‌روی شده است، ولی افزایش دبی باعث کاهش زمان پیش‌روی و کاهش فرصت نفوذ شد. در دبی ثابت این تغییر در منحنی‌های پس‌روی نشان‌دهنده افزایش فرصت نفوذ، و در نتیجه افزایش میزان نفوذ تجمعی در جویچه‌های شامل سوپرجاذب در مقایسه با جویچه شاهد است.

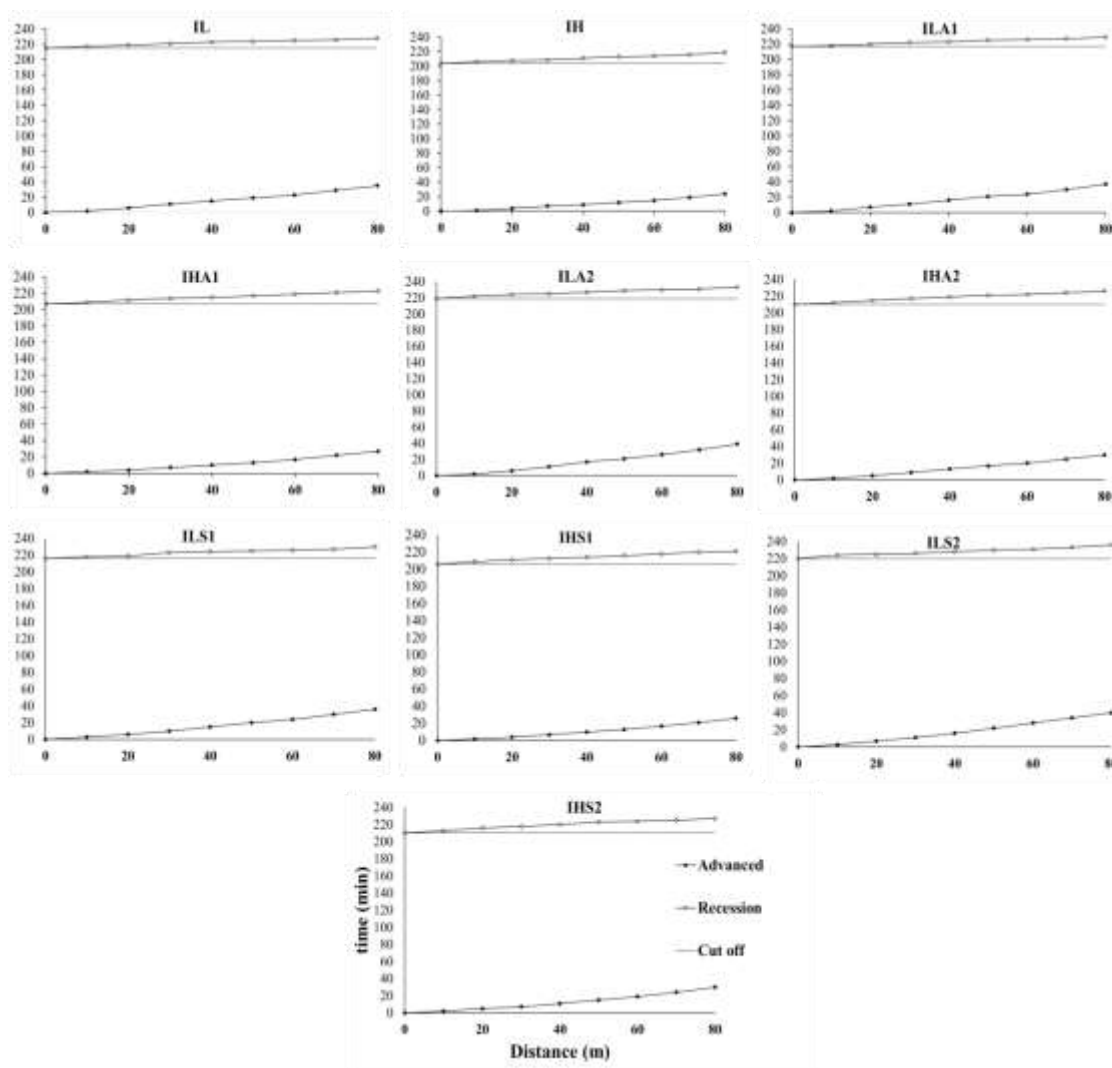


Figure 1. Advanced time and recession time for different treatments in the first irrigation event

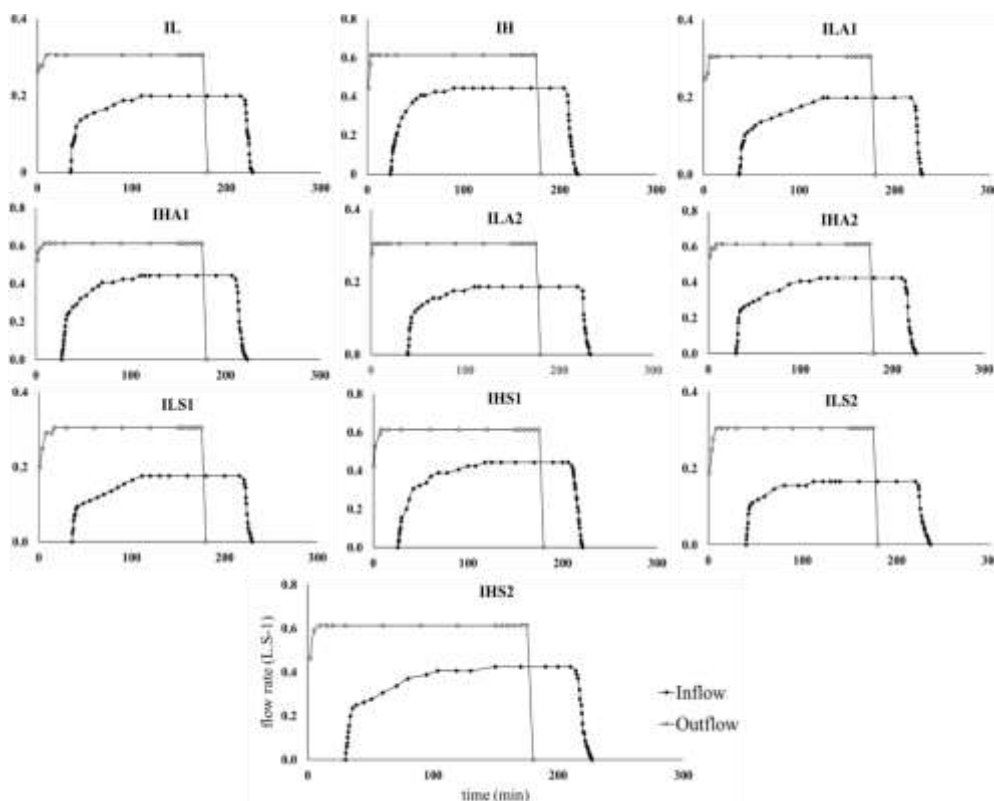


Figure 2. Hydrograph of inflow and outflow rate for different treatments in the first irrigation event

Table 8. Runoff percentage of five irrigation events for two superabsorbent dosages, type and two flow rate

Irrigation event	Treatment									
	IL	IH	ILA1	IHA1	ILA2	IHA2	ILS1	IHS1	ILS2	IHS2
1	53.20	62.75	50.18	60.82	49.58	57.40	46.10	61.06	44.02	56.84
2	50.57	62.08	49.44	60.84	45.76	57.64	47.90	59.14	44.46	55.65
3	53.84	64.61	48.82	62.38	46.53	59.73	47.47	64.15	45.01	57.59
4	55.33	65.07	51.50	62.19	46.59	59.29	47.81	60.65	44.16	57.09
5	49.59	63.35	48.68	61.53	45.97	59.42	42.29	60.50	40.08	57.73
Mean	52.51	63.57	49.72	61.55	46.89	58.70	46.31	61.10	43.55	56.98
Difference		11.07		11.83		11.81		14.79		13.43
Difference percentage		21.1		23.8		25.20		31.9		30.9

Table 9. Mean runoff percentage for two superabsorbent dosage, type and two flow rate

Irrigation event	Treatment									
	IL	Lower flow rate (0.3 l.s ⁻¹)					Higher flow rate (0.6 l.s ⁻¹)			
		ILA1	ILA2	ILS1	ILS2	IH	IHA1	IHA2	IHS1	IHS2
Mean	52.51	49.72	46.89	46.31	43.55	63.57	61.55	58.70	61.10	56.98
Difference		2.78	5.62	6.19	8.91		2.02	4.88	2.47	6.59
Difference percentage		5.3	11.3	13.2	19.3		3.2	7.9	4.2	10.8

Table 10. Infiltration percentage of 5 irrigation events for two superabsorbent dosages, type and two flow rate

Irrigation event	Treatment									
	IL	IH	ILA1	IHA1	ILA2	IHA2	ILS1	IHS1	ILS2	IHS2
1	46.80	37.25	49.82	39.18	50.42	42.60	53.90	38.94	55.98	43.16
2	49.43	37.92	50.56	39.16	54.24	42.36	52.10	40.86	55.54	44.35
3	46.16	35.39	51.18	37.62	53.47	40.27	52.53	35.85	54.99	42.41
4	44.67	34.93	48.50	37.81	53.41	40.71	52.19	39.35	55.84	42.91
5	50.41	36.65	51.32	38.47	54.03	40.58	57.71	39.50	59.92	42.27
Mean	47.49	36.43	50.28	38.45	53.11	41.30	53.69	38.90	56.45	43.02
Difference		11.07		11.83		11.81		14.79		13.43
Difference percentage		23.3		23.5		22.2		27.5		23.8

Table 11. Mean Infiltration percentage for two superabsorbent dosages, type and two flow rate

Irrigation event	Treatment									
	Lower flow rate (0.3 l.s ⁻¹)					Higher flow rate (0.6 l.s ⁻¹)				
	IL Treatment	IL Treatment	IL Treatment	IL Treatment	IL Treatment	IL Treatment	IL Treatment	IL Treatment	IL Treatment	IL Treatment
Mean	47.49	50.28	53.11	53.69	56.45	36.43	38.45	41.30	38.90	43.02
Difference		2.78	5.62	6.19	8.96		2.02	4.88	2.47	6.59
Difference percentage		5.9	11.8	13.0	18.9		5.5	13.4	6.8	18.1

می‌توان نتیجه گرفت که سوپرجاذب استاکوزورب در کاهش رواناب تأثیر بیش‌تری در مقایسه با سوپرجاذب A200 دارد و با افزایش دبی این تأثیر اندکی کم‌تر می‌شود. با توجه به این‌که در این مطالعه از حداکثر دبی غیرفرسایشی استفاده شد، در شدت جریان بالا مقدار رواناب حتی تا بالاتر از ۶۰ درصد نیز رسیده است. با این حال، کاهش رواناب در همه تیمارها بدون توجه به نوع سوپرجاذب، غلظت سوپرجاذب و دبی ورودی قابل توجه است. در بیان حجمی جویچه در یک دبی ثابت با زمان قطع جریان مشخص هرچه میزان نفوذ عمقی بیش‌تر شود، میزان تلفات رواناب کاهش پیدا کرده و جریان کم‌تری از انتهای جویچه خارج می‌شود (۵). بنابراین، کاهش رواناب را می‌توان نتیجه ایفای نقش سوپرجاذب در جذب و نگهداری آب در خاک دانست که با نتایج مطالعات لنتز و سوچکا (۲۸) تطابق دارد. به‌منظور بررسی میزان آب نفوذ یافته، با استفاده از حجم آب ورودی و مقدار آب خروجی از انتهای مزرعه به‌صورت رواناب، میزان آب نفوذ یافته محاسبه شد (جدول ۱۰). هم‌چنین درصد نفوذ نسبت به جریان ورودی در این جدول (۱۱) ارائه شده است. افزایش دبی در همه تیمارها باعث کاهش اثر سوپرجاذب در افزایش نفوذ شد. این کاهش نفوذ حدوداً بین ۱۱-۱۵ درصد دبی ورودی بود و افزایش دبی، میزان نفوذ را برای تیمارهای IHA1، IHA2، IHS1 و IHS2 را کاهش داد (جدول ۱۰). با این حال، افزایش مقدار سوپرجاذب از هر دو نوع و تحت هر دو دبی کوچک و

همان‌طورکه در شکل نیز دیده می‌شود با توجه به کوتاه‌بودن طول جویچه‌ها و مقدار شدت جریان، نسبت حجم جریان رواناب به حجم جریان ورودی به جویچه قابل توجه است. درصد تلفات آب آبیاری ورودی به‌صورت رواناب سطحی در جدول (۸) ارائه شده است. در رابطه با میزان رواناب، از بررسی میانگین درصد تلفات آب آبیاری ورودی به‌صورت رواناب سطحی در طی پنج نوبت آبیاری، مشخص می‌شود که با افزایش دبی در تیمار شاهد حدود ۱۱ درصد به رواناب سطحی افزوده شده است. در تیمار با سوپرجاذب A200 به مقدار کم در دبی کوچک ۱۱/۰۷ درصد، و در دبی بزرگ ۱۱/۸۳ درصد میزان رواناب افزایش یافت. افزایش دبی در تیمار با سوپرجاذب استاکوزورب در مقادیر کم ۱۴/۸ درصد و در مقادیر زیاد سوپرجاذب حدود ۱۳/۴ درصد رواناب را افزایش داد و افزودن سوپرجاذب باعث کاهش درصد رواناب انتهایی گردید، به‌طوری‌که برای دبی‌های کوچک کاهش رواناب مشاهده شد. که نسبت به درصد رواناب انتهایی در تیمار شاهد (۵۲/۵) به‌ترتیب ۵/۳، ۱۱/۳، ۱۳/۳، ۱۹/۳ درصد کاهش در رواناب انتهایی رخ داد. در دبی بزرگ، افزودن سوپرجاذب کاهش رواناب را به‌دنبال داشت که نسبت به شاهد (۶۳/۵۷) میزان رواناب ۳/۲، ۷/۹، ۴/۲ و ۱۰/۸ درصد کم‌تر از تیمار شاهد بود. در هر دو دبی درصد کاهش رواناب در تیمار با سوپرجاذب A200 کم‌تر بوده و بیش‌ترین کاهش در تیمار با سوپرجاذب استاکوزورب با مقدار کاربرد زیاد و در دبی ورودی کم (ILS2) مشاهده شد (جدول ۹).

مالچ و شن با کاهش سرعت نفوذ و جابجایی جبهه خیس شدگی همراه بود ولی میزان نگهداشت آب در خاک بیش تر شد. آنها رابطه ریاضی بین مقدار غلظت سوپرجاذب را با پارامترهای زمان و میزان سرعت نفوذ مدل سازی کرده و نشان دادند در غلظت بالای ۲ درصد نرخ پیش روی جبهه خیس شدگی خاک به بیش ترین مقدار خود می رسد و این که نفوذ تجمعی با میزان غلظت سوپرجاذب و زمان رابطه مستقیم و خطی دارد. این پژوهش ها گواه این واقعیت است که ماهیت روابط آب در خاک با حضور مواد افزودنی نیاز به آنالیز بیش تری دارد و به سادگی قابل تفسیر و فرموله کردن نیست. مختاری مطلق و همکاران (۱۴) نیز نشان داد با افزایش درصد اختلاط ماده سوپرجاذب با خاک، مقدار نفوذ پذیری نهایی خاک افزایش یافت و هرچه غلظت سوپرجاذب افزوده شد، پارامترهای معادله کوستیاکف - لویس افزایش یافت. در پژوهش انجام شده توسط منتظر (۱۵) نیز این نتیجه حاصل شد که با کاهش شدت جریان و افزایش مقدار پلیمر میزان نفوذ پذیری در جویچه ها افزایش می یابد. در این رابطه با افزایش مقدار پلیمر ترکیبی به خاک، زمان پیش روی و نفوذ تجمعی افزایش یافت. نتایج تحقیق سهرابی (۷) نیز نشان داد که کاربرد سوپرجاذب در آبیاری جویچه ای باعث افزایش نفوذ می شود. ابو زریق و همکاران در اردن کاهش میزان رواناب و افزایش نفوذ در اثر استفاده از دو نوع پلی آکریل آمید با مقدار ۱۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار در کرت هایی با ابعاد ۲ در ۱۰ متر تحت شرایط باران طبیعی را تأیید نمودند (۱۶).

نتیجه گیری

در این مطالعه تأثیر دو سوپرجاذب A200 و استاکوزورب روی هیدرولیک جریان آبیاری جویچه ای و میزان نفوذ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با

بزرگ باعث افزایش نفوذ شد. با اعمال سوپرجاذب A200، در دبی کم، افزودن ۱۶ گرم در مترمربع (ILA1) مقدار نفوذ را به میزان ۲/۷۸ درصد و افزودن ۳۰ گرم در مترمربع در خاک (IHA2) مقدار نفوذ را ۵/۶۲ درصد بیش تر از تیمار شاهد افزایش داد در دبی زیاد نیز افزودن ۱۶ و ۳۰ گرم در مترمربع سوپرجاذب A200 به ترتیب ۲/۰۲ و ۴/۸۸ درصد مقدار نفوذ را بیش تر از تیمار شاهد افزایش داد.

با اعمال سوپرجاذب استاکوزورب، به مقدار ۱۶ و ۳۰ گرم در مترمربع سوپرجاذب در دبی کم (ILS1 و ILS2)، به ترتیب مقدار نفوذ تجمعی به میزان ۶/۱۹ و ۸/۹۶ درصد دبی ورودی افزایش یافت. در دبی زیاد نیز افزودن ۱۶ و ۳۰ گرم در مترمربع سوپرجاذب (IHS1 و IHS2)، به ترتیب باعث افزایش مقدار نفوذ به میزان ۲/۴۷ و ۶/۵۹ درصد دبی ورودی شد. در مقایسه دو نوع سوپرجاذب، در دبی کم، اعمال سوپرجاذب استاکوزورب به مقدار کم ۳/۴ درصد و اعمال مقدار بزرگتر ۳/۳ درصد دبی ورودی، نفوذ بیش تری از اعمال سوپرجاذب A200 داشت و در دبی زیاد برای دو مقدار کم و زیاد به ترتیب ۰/۵ و ۱/۷ درصد نفوذ سوپرجاذب استاکوزورب بیش تر از اعمال سوپرجاذب A200 است. افزایش میزان نفوذ تجمعی در تیمارهای شامل سوپرجاذب مؤید پژوهش های پیشین در نقش سوپرجاذب در افزایش ظرفیت نگهداری و میزان نگهداشت آب در خاک و در نتیجه افزایش میزان نهایی نفوذ آب است (۳۳). در سال های اخیر پژوهش های دیگری نیز صورت گرفته که نشان می دهد رفتار نفوذ در شرایطی که خاک حاوی سوپرجاذب است در لایه های مختلف خاک متفاوت است و هم چنین تحلیل پارامترهای سرعت نفوذ، نفوذ تجمعی و میزان نفوذ پذیری و تفاوت آنها نیاز به آنالیز بیش تری دارد. تیل و الهادی (۳۶) نشان دادند کاربرد پلیمر سوپرجاذب (SAP) در خاک حاوی

میزان نفوذ تجمعی با غلظت سوپرجاذب همبستگی داشت که نشان می‌داد سوپرجاذب سرعت نفوذ را کاهش می‌دهد و با افزایش زمان (فرصت) نفوذ باعث زیاد شدن میزان کلی نفوذ تجمعی در لایه سطحی و میانی خاک می‌شود که ریشه گیاه در آنجا حضور دارد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تأثیر سوپرجاذب استاکوزورب در هر دبی و هر دو مقدار به مراتب بیش‌تر از سوپرجاذب A200 در افزایش مقدار نفوذ بوده است. همچنین در این مطالعه افزایش مقدار دبی در هر دو سوپرجاذب تأثیر آنها بر میزان نفوذ را کاهش داد و در دبی کم‌تر اثرگذاری سوپرجاذب‌ها بر افزایش جذب آب در خاک و کاهش رواناب بیش‌تر بود. نتایج نشان داد که هرچه مقدار بیش‌تری از سوپرجاذب به خاک اضافه شود، افزایش در خاک تأثیر آنها را در آبیاری جویچه‌ای افزایش می‌دهد. همچنین نتایج نشان داد که کاهش رواناب سطحی در حدود ۳ تا ۹ درصد گردید و این کاهش رواناب ناشی از افزایش نفوذ است که در حدود ۵ تا ۸ درصد بوده است. درصد کاهش رواناب در صورت کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب بیش‌تر از کاربرد سوپرجاذب A200 است و با افزایش دبی این تأثیر اندکی کم‌تر می‌شود. این نتایج با مدل‌های آبیاری سطحی برای تشریح فرایند حرکت آب، هم‌چون معادله سانت ونانت تبعیت می‌کند (۲۲).

منابع

۱. ابراهیمی پاک ن، خدادادی دهکردی د. و اگدرنژاد ا. (۱۳۹۶). تأثیر تنش رطوبتی و سوپرجاذب بر عملکرد محصول ذرت. مدیریت آب و آبیاری، ۷(۱): ۵۹-۷۲.
۲. اخوان س، افشار و. و سروش ف. (۱۳۹۴). اثر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید بر میزان فرسایش خاک در آبیاری جویچه‌ای و جویچه‌ای یک در میان. آبیاری و زهکشی ایران، ۹(۱): ۱۵۲-۱۶۲.

افزودن هر دو نوع سوپرجاذب به خاک، زمان پیش‌روی افزایش می‌یابد. افزودن سوپرجاذب حدود شش تا ۲۰ درصد زمان پیش‌روی را افزایش داد و سوپرجاذب استاکوزورب تأثیر بیش‌تری بر افزایش زمان پیش‌روی نسبت به سوپرجاذب A200 از خود نشان داد و درصد این افزایش در دبی کم بیش‌تر بود. زیرا دبی ورودی بالا براساس حداکثر دبی غیرفرسایشی در نظر گرفته شده بود، که خود باعث افزایش سرعت پیش‌روی و کاهش فرصت نفوذ و افزایش میزان رواناب نسبت به دبی پایین می‌شد و نقش اصلاح‌کننده سوپرجاذب‌ها را کاهش داد. نتایج هم‌چنان نشان داد که با افزودن هر دو نوع سوپرجاذب به خاک زمان پس‌روی افزایش می‌یابد، افزودن سوپرجاذب حدود چهار تا ۱۸ درصد زمان پس‌روی را افزایش داد. نتایج پژوهش‌های مشابه نیز نشان می‌دهد که با افزایش پلیمر سوپرجاذب، زمان پیش‌روی و مقدار نفوذ افزایش می‌یابد (۳۴، ۳۰، ۱۵). دلیل این نتیجه را می‌توان در وابستگی ماهیت زمان پیش‌روی به وضعیت نگهداشت آب در خاک، تأثیر افزایش زمان پیش‌روی بر فرصت نفوذ و افزایش میزان تجمعی نفوذ دانست. نتایج این مطالعه تأیید کرد که تیمارهای حاوی سوپرجاذب در مقایسه با تیمار شاهد، با شروع آبیاری میزان بیش‌تری از آب را در خاک نفوذ می‌دهند که می‌تواند به دلیل تمایل شدید این پلیمرهای گرانولی به جذب آب باشد. افزایش مقدار پلیمر ترکیب شده با خاک به‌ویژه در آبیاری‌های پس از اولین آبیاری که سوپرجاذب‌ها وارد فاز جذب و نگهداشت آب در خاک شده‌اند، باعث افزایش زمان پیش‌روی و افزایش فرصت نفوذ می‌شود که به نوبه خود منجر به نفوذ تجمعی بیش‌تر آب در خاک می‌شود (۵). ژاو و همکاران (۳۸) به این نتیجه رسیدند که نفوذ تجمعی نهایی در ستون‌های حاوی سوپرجاذب SAP از تیمارهای شاهد بیش‌تر بود و با افزایش غلظت سوپرجاذب به این مقدار اضافه می‌شد.

۳. افاضاتی م.، ایران دوست م. و رضایی استخرویه ع. (۱۳۹۴). تأثیر پلیمر سوپرچاذب بر رشد و عملکرد گیاه خیار گلخانه‌ای تحت شرایط کم‌آبایی. مدیریت آب و آبیاری، ۵(۵): ۲۰۳-۲۱۴.
۴. بهبهانی س. م. ر.، مشهدی ر.، رحیمی خوب ع. و نظری فر م. ه. (۱۳۸۸). بررسی تأثیر پلیمر سوپرچاذب استاکوسورب بر پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای و خصوصیات فیزیکی خاک. آبیاری و زهکشی ایران، ۳(۱): ۹۱-۱۰۰.
۵. جنوبی ر.، رضوردی نژاد و. و عباسی ف. (۱۳۹۵). ارائه مدل بهینه‌سازی برآورد پارامترهای نفوذ و ضریب زبری آبیاری نواری با استفاده از داده‌های پیش‌روی و رواناب. مدیریت آب و آبیاری، ۶(۱): ۲۹-۴۵.
۶. زارع ایبانه ح. و زارعی ع. (۱۳۹۷). کارایی مصرف آب، عملکرد و رشد گیاه تربچه رقم Sparkler در شرایط کمبود رطوبت در خاک حاوی دو جاذب رطوبتی. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۹(۲): ۳۶۵-۳۷۵.
۷. سهرابی ت.، جهان جو ب. و کشاورز ع. (۱۳۸۴). تأثیر ماده شیمیایی پلی‌آکریل‌آمید بر تلفات خاک و نفوذ آب در خاک در روش آبیاری جویچه‌ای. تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۶(۲۴): ۳۳-۴۶.
۸. سیاری س.، رحیم پور م. و ذونعمت کرمانی م. (۱۳۹۴). ارزیابی سیستم آبیاری جویچه‌ای با مقادیر مختلف دبی ورودی. مدیریت آب و آبیاری، ۵(۵): ۱۹۱-۲۰۲.
۹. صادقی س.، حزبوی ز.، یونسی ح. و بهزادفر م. (۱۳۹۲). روند تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب بر اثر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید. حفاظت منابع آب و خاک، ۲(۴): ۵۳-۶۷.
۱۰. عسکری ف.، نفیسی س.، امیدیان ح. و هاشمی س. ع. (۱۳۷۳). سنتز، شناسایی و اصلاح خواص ابرجاذب‌ها. سمینار بین‌المللی علوم و تکنولوژی پلیمر، ص ۱۲۰.
۱۱. فلاح قوچان ز. (۱۳۸۸). اثر سطوح مختلف سوپرچاذب A200 بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۱۲. کیخایی، ف. (۱۳۸۰). بررسی اثر پلیمر جاذب رطوبت PR 3005 A بر میزان آب مصرفی و برخی خصوصیات کمی و کیفی کتان روغن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۳. مختاری مطلق پ. و شریفان ح. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر پلیمر سوپرچاذب A200 بر مراحل مختلف الگوی جریان آب در آبیاری شیاری. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۱(۳): ۲۰۳-۲۲۰.
۱۴. مختاری مطلق پ.، غلامی سفیدکوهی م. و شریفان ح. (۱۳۹۶). تخمین پارامترهای مختلف نفوذپذیری خاک در آبیاری جویچه‌ای با حضور پلیمر سوپرچاذب. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۴(۵): ۲۸۹-۲۸۱.
۱۵. منتظر ع. ا. (۱۳۸۷). بررسی تأثیر پلیمر سوپرچاذب استاکوسورب بر زمان پیش‌روی و پارامترهای نفوذ خاک در روش آبیاری جویچه‌ای. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲(۲): ۳۴۲-۳۵۷.
16. Abu-Zreig M, Al-Sharif M, Amayreh J (2007) Erosion Control of Arid Land in Jordan with Two Anionic Polyacrylamides. *Arid Land Research Management*, 21 (4): 315-328.
17. Amarilis D V, Cristian C Q, Guiwei Q (2010) Amendment of an acid mine soil with compost and polyacrylate polymers enhances enzymatic activities but may change the distribution of plant species. *Water, Air and Soil Pollution*, 208 (1): 91-100.
18. Boatright JL, Balint DE, Mackay WA, Zajicek JM (1997) Incorporation of a hydrophilic polymer into annual landscape beds. *Journal of Environmental Horticulture*, 15 (1): 37-40.
19. Chaudhary AB, Hulage AN, Gaikwad VV, Dadas RT, Jadhav SS, Parlikar AS (2018) Practical application of hydrogel for irrigation in water scarce area. *JournalNX- A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal*, 18 (1): 2581-4230.

20. Dehghanisanij H, Alizadeh A, Keshavarz A (1999) Implementation of water use pattern in terms of volumetric supply of water to farmers. *Proceeding of the International Conference on Water Resources Management, Use and Policy in Dry Areas*. Dec, 1-3. Amman. Jordan.
21. Dhiman M, Dhiman J (2015) Infusion of farm mechanization technologies in Indian agriculture: progress and impact. *Indian Journal of Economics and Development*, 11 (1): 125-136.
22. Elliott RL, Walker WR (1982) Field Evaluation of Furrow Infiltration and Advance Functions. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)*, 25 (2): 396-400.
23. Eubeler JP, Bernhard M, Knepper TP (2010) Environmental biodegradation of synthetic polymers II. Biodegradation of different polymer groups. *Trends in Analytical Chemistry*, 29 (1): 84-100.
24. Gomathi E, Arun B, Dinesh M (2017) Applications of Super Absorbent Polymer: A Review. *Elixir Renewable Energy*, 102 (2017): 44179-44181.
25. Helalia A, Letey J (1988) Cationic polymer effects on infiltration rates with a rainfall simulator. Soil Science holding capacity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 13(2): 103-111.
26. Islam MR, Enehi AE, Ren C, Li J, Hu Y (2011) Impact of water-saving superabsorbent polymer on oat (*Avena spp*) yield and quality in an arid sandy soil. *Scientific research and essays*, 6(4): 720-728.
27. Johnson MS, Velkamp CJ (1984) Structure and functioning of water storing agricultural polyacrylamide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36 (9): 789-793.
28. Lentz, RD, Sojka RE (1995) Polyacrylamide Effect on Furrow Erosion and Infiltration. *The American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 38 (3): 761-765.
29. Lentz RD, Sojka RE (1998) Water and Erosion Management with Multiple Applications of Polyacrylamide in Furrow Irrigation. *Science Society of America Journal*, 62 (6): 1672-1680.
30. Majed Abu Z (2006) Control of Rainfall-Induced soil erosion with various types of polyacrylamide. *Journal Soils Sediments*, 6 (3): 137-144.
31. Plumb TR, Kraus K (1991) Oak woodland artificial regeneration correlating soil moisture to seedling survival. *Science of Food and Agriculture*, 35: 1063-1066.
32. Qi X, Liu M, Chen Z, Zhang F (2008) Kinetics of superabsorbent using open circuit potential measurement. *European Polymer Journal*, 44(3): 743-754.
33. Renkuan Liao, Wenyong Wu, Shumei Ren, Peiling Yang (2016) Effects of Superabsorbent Polymers on the Hydraulic Parameters and Water Retention Properties of Soil. *Journal of Nanomaterials*, 16 (11): 11.
34. Rodrick D Lentz, Robert E Sojka (2009) Long-Term Polyacrylamide Formulation Effects on Soil Erosion, Water Infiltration, and Yields of Furrow-Irrigated Crops. *Agronomy Journal*, 101 (2): 305-314.
35. Sepaskhah AR, Afshar-Chamanabad H (2002) Determination of infiltration rate for every-other furrow irrigation. *Biosystems Engineering*, 82 (4): 479-484.
36. Teyel MY, EL-Hady OA (1981) Super gel as a soil conditioner. *International Society for Horticultural Science-Acta Horticulturae*, 119: 247-250.
37. Walker WR, Skogerboe G (1987) Surface Irrigation: Theory and Practice. *Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall Inc. xiii*, 386 p.
38. Wenju Zho, Jiazhen Hu, Zhen Cui, Pinxin Dou, Yanwei Fan (2019) Effects of superabsorbent polymers on the vertical infiltration of soil water with sand mulching. *Environmental Earth Sciences*, 19 (78): 648.
39. Yazdani F, Allahdadi I, Akbari G (2008) Impact of Superabsorbent Polymer on Yield and Growth Analysis of Soybean under Drought Stress Condition. *Pakistan journal of biological sciences*, 10 (23): 4190-6.