مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۲۹۴-۲۸۱

# تأثیر آبیاری با زهاب نیشکر بر خواص فیزیکی و هیدرولیکی خاک

آناهیتا هادی قنوات[۱]*، عبدعلی ناصری[۲] و سعید برومندنسب[۲]

۱. کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

۲. استاد، دانشکدهٔ مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۰۳

## چکیده

به‌منظور آگاهی از تأثیر آبیاری با زهاب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی بر خواص فیزیکی و هیدرولیکی خاک، پژوهشی در مزرعهٔ تحقیقاتی آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز، در چارچوب طرحی کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آبیاری به‌صورت (۱) اختلاط ۷۵ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۲۵ درصد زهاب مزرعهٔ نیشکر، (۲) اختلاط ۵۰ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۵۰ درصد زهاب مزرعهٔ نیشکر، (۳) اختلاط ۲۵ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۷۵ درصد زهاب مزرعهٔ نیشکر و (۴) تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آب رودخانهٔ کارون) استفاده شد. تیمارهای آبیاری حاصل از اختلاط زهاب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانهٔ کارون در سه تکرار و تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آب رودخانهٔ کارون) در یک تکرار انتخاب شد. خواص فیزیکی و هیدرولیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، تخلخل کل، رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم، هدایت هیدرولیکی اشباع و سرعت نفوذپذیری نهایی به‌مدت چهار ماه و در سه عمق (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ سانتی‌متری) خاک ارزیابی شد. نتایج نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری، وزن مخصوص ظاهری، رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم، به‌ترتیب ۷/۸۲، ۲۵/۲۶ و ۲۳/۴۱ درصد افزایش معنادار ($P<0/05$) و هدایت هیدرولیکی اشباع، سرعت نفوذپذیری نهایی و تخلخل کل خاک به‌ترتیب ۲۲/۲۳، ۲۹/۰۲ و ۹/۹ درصد کاهش معنادار ($P<0/05$) یافت. زیاد بودن میزان سدیم موجود در زهاب مورد استفاده در این پژوهش، سبب تخریب ساختمان خاک و پراکندگی ذرات خاک شد.

**کلیدواژه‌ها:** اختلاط، رودخانهٔ کارون، شوری آب آبیاری، کشت و صنعت سلمان فارسی، کیفیت آب آبیاری.

* نویسنده مسئول Email: Anahita.hadighanavat@yahoo.com

**مقدمه**

رشد روزافزون جمعیت جهان، هم‌گام با گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی از یک‌سو و خشکسالی‌های پی‌درپی در اکثر کشورهای واقع در کمربند مناطق خشک، از سوی دیگر موجب شده است که در سال‌های اخیر تقاضا برای مصرف آب افزایش یابد و در نتیجه فشار بیش از اندازه به منابع آب وارد شود. از طرف دیگر، توسعهٔ شهرنشینی و صنعتی‌شدن سبب شده است همه ساله بخش قابل‌توجهی از منابع آب، به‌علت تغییرکیفیت آن از چرخهٔ مصرف خارج شود (۲).

با افزایش جمعیت و تعداد شهرها و گسترش شهرنشینی و توسعهٔ بخش صنعت، حجم آب بیشتری به این دو بخش مصرف‌کننده اختصاص خواهد یافت و مسلماً از تخصیص آب مناسب به بخش کشاورزی کاسته خواهد شد. در این شرایط کمبود آب مناسب بزرگ‌ترین مشکل در بحران آب محسوب می‌شود (۶). با توجه به مسئلهٔ بحران آب، توجه به استفاده از آب‌های با کیفیت پایین در مصارف کشاورزی ضروری به‌نظر می‌رسد (۱۳).

بخش قابل‌توجهی از آب‌های مورد نیاز در کشاورزی در مناطق مرکزی، جنوبی و شرقی کشور جزء آب‌های شور طبقه‌بندی می‌شود. آب‌های شیرین و با کیفیت مطلوب ارزش تولیدی خوبی دارد و باید از این قبیل آب‌ها به‌نحو احسن به‌منظور افزایش راندمان تولید و با نهایت صرفه‌جویی، در جهت توسعهٔ سطح زیرکشت استفاده کرد تا بدین ترتیب ضمن افزایش راندمان تولید آب‌های شور و لب‌شور، با به‌کارگیری مقدار محدودی آب شیرین حداکثر بهره‌برداری را کرد. در بهره‌برداری از آب‌های شور و لب‌شور می‌توان به جایگزینی گیاهان متحمل به شوری، به‌کارگیری سهم آبشویی متناسب با شوری آب آبیاری، مصرف متناوب آب شیرین و شور یا نیمه‌شور، کشت و آبیاری با آب شیرین، سپس کاربرد آب‌های شور و لب‌شور یا نیمه‌شور، کشت و آبیاری با آب شیرین، سپس کاربرد آب‌های شور و لب‌شور اشاره کرد. در خوزستان زهاب حاصل از اراضی کشاورزی منبع آب بالقوه‌ای است که با اختلاط آن با آب شیرین رودخانه‌ها می‌توان منبع آب بالفعلی برای کشاورزی پدید آورد.

در بررسی کیفیت آب از نظر آبیاری باید پارامترهای متعددی را در نظر گرفت، زیرا کیفیت بد آب نه‌تنها گیاه را تحت تأثیر قرارمی‌دهد، بلکه ساختار خاک را هم دچار تغییرات می‌کند (۱۱).

آزمایش‌های مختلف بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک نشان داده است که اثر آبیاری با سطوح مختلف اختلاط زهاب و آب رودخانهٔ کارون موجب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطهٔ پژمردگی دائم و تخلخل مؤثر خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شده است (۷). اثر کاربرد آب‌های نامتعارف و فاضلاب موجب افزایش رطوبت ظرفیت زراعی و نقطهٔ پژمردگی دائم و کاهش نفوذپذیری لایهٔ سطحی، هدایت هیدرولیکی اشباع، وزن مخصوص ظاهری و تخلخل مؤثر خاک شده است (۴، ۸). اثر سدیم در آب آبیاری موجب افزایش وزن مخصوص ظاهری، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطهٔ پژمردگی دائم و کاهش تخلخل کل، نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک شده است (۳، ۵، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶). آبیاری با سطوح مختلف شوری آب آبیاری به‌علت افزایش سدیم و شوری خاک، موجب کاهش تخلخل، هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذپذیری خاک شده است (۱، ۹). هدف از انجام این تحقیق، مطالعهٔ تغییرهای به‌وجود آمده در خواص فیزیکی و هیدرولیکی خاک است، شامل وزن مخصوص ظاهری، تخلخل کل، رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم، هدایت هیدرولیکی اشباع و سرعت نفوذپذیری نهایی خاک پس از آبیاری با سطوح مختلف اختلاط زهاب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانهٔ کارون.

## مواد و روش‌ها

در بررسی تأثیر آبیاری با سطوح مختلف شوری ناشی از اختلاط زهاب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانهٔ کارون بر خواص فیزیکی و هیدرولیکی خاک، این تحقیق در سه عمق (۰–۳۰، ۳۰–۶۰، ۶۰–۹۰ سانتی‌متری) خاک و طی چهار ماه در ده کرت یکسان به ابعاد ۱/۵×۱/۵ متر، با فاصلهٔ ۱/۵ متر کرت‌ها از یکدیگر، در زمینی در مزرعهٔ تحقیقاتی آبیاری و زهکشی دانشکدهٔ مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران و در شرایط بدون کشت گیاه اجرا شد. این تحقیق در سال ۱۳۹۴ به‌صورت طرح آماری کاملاً تصادفی و با چهار سطح شوری انجام شد. تیمارهای آبیاری به صورت (۱) اختلاط ۷۵ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۲۵ درصد زهاب مزرعهٔ نیشکر، (۲) اختلاط ۵۰ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۵۰ درصد زهاب مزرعهٔ نیشکر، (۳) اختلاط ۲۵ درصد آب رودخانهٔ کارون + ۷۵ درصد زهاب مزرعهٔ نیشکر و (۴) تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آب رودخانهٔ کارون) استفاده شد. تیمارهای آبیاری حاصل از اختلاط زهاب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی و آب رودخانهٔ کارون در سه تکرار و تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آب رودخانهٔ کارون) در یک تکرار انتخاب شد.

در هر دوره برای اندازه‌گیری هر پارامتر سی نمونه‌برداری به روش دست‌نخورده صورت گرفت. بافت تمام کرت‌ها در هر سه عمق مورد آزمایش، لوم رسی شنی بوده است و فرض بر این شد که آبیاری به شیوهٔ کرتی (آبیاری سطحی به صورت غرقاب شدن کرت‌ها)، دور آبیاری هفت روز، همچنین ارتفاع آب مورد نیاز روی خاک ۱۰ سانتی‌متر باشد. با توجه به سطح کرت و عمق آب آبیاری و نسبت‌های مختلف اختلاط آب‌های مورد استفاده در این پژوهش، حجم تقریبی زهاب نیشکر و آب رودخانهٔ کارون مورد نیاز برآورد تهیه، سپس در مخازن نگهداری شد. همچنین، حجم آب داده شده در هر نوبت به هر کرت ۲۲۵ لیتر محاسبه شد.

با توجه به مقدار آب برآورد شده برای هر کرت در هر مرحله از آبیاری، همچنین نسبت‌های اختلاط زهاب مزارع نیشکر و آب رودخانهٔ کارون چهار تیمار آبیاری ذکر شده، با توجه به EC اولیهٔ زهاب که برابر با (dS/m) ۱۵/۵، همچنین EC اولیهٔ آب رودخانهٔ کارون که برابر با (dS/m) ۲/۴ است از طریق فرمول اختلاط (۱)، EC هر چهار تیمار آبیاری مشخص شد (از طریق فرمول اختلاط ECهای ۶، ۹، ۱۲ و ۲/۴ (dS/m) به‌دست آمد). لازم به ذکر است که اختلاط در مخزن صورت می‌گرفت و در مرحله‌های بعد به همین شوری‌ها رسانده شد.

$$EC_{mixed} = \frac{V_1\, EC_1 + V_2\, EC_2}{V_1 + V_2} \qquad (1)$$

در این رابطه، $V_1$ و $V_2$ به‌ترتیب حجم آب و حجم زهاب (lit)، $EC_1$ و $EC_2$ به‌ترتیب شوری آب و زهاب (dS/m) و $EC_{mixed}$ شوری اختلاط (dS/m) است.

پارامترهای وزن مخصوص ظاهری، تخلخل کل، رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم و هدایت هیدرولیکی اشباع در سه عمق (۰–۳۰، ۳۰–۶۰ و ۶۰–۹۰ سانتی‌متر) و سرعت نفوذپذیری نهایی در لایهٔ سطحی خاک اندازه‌گیری شد.

در این تحقیق، پارامترهای تخلخل کل و وزن مخصوص ظاهری به‌روش دست‌نخورده، رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم با دستگاه صفحه‌های فشاری، هدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار ثابت و سرعت نفوذپذیری نهایی با روش استوانهٔ دوگانه اندازه‌گیری شد. برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها و مقایسهٔ میانگین‌ها از نرم‌افزار SPSS و آزمون دانکن استفاده شد.

خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه و نیز خواص شیمیایی آب آبیاری به‌ترتیب در جدول ۱، ۲ و ۳ارائه شده است. بافت خاک همهٔ کرت‌ها در هر سه عمق مورد آزمایش، لوم رسی شنی بود و در نهایت از طریق فرمول اختلاط، ECهای ۲/۴، ۶، ۹ و ۱۲(dS/m) به‌دست آمد.

**جدول ۱. خواص فیزیکی خاک مورد مطالعه**

| خصوصیات فیزیکی خاک / عمق خاک (cm) | وزن مخصوص ظاهری ($\rho_b$) ($gr/cm^3$) | رطوبت وزنی ظرفیت زراعی ($\theta_{FC}$) (%) | رطوبت وزنی نقطهٔ پژمردگی ($\theta_{pwp}$) (%) | بافت خاک | هدایت هیدرولیکی اشباع ($K_{sat}$) (mm/hr) | تخلخل (n) (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰–۳۰ | ۱/۴۸ | ۱۷/۹۶ | ۹/۵۲ | لوم رسی شنی | ۱۵/۲۲ | ۴۵/۰۲ |
| ۳۰–۶۰ | ۱/۴۵ | ۱۷/۸۹ | ۹/۴۸ | لوم رسی شنی | ۱۵/۵۶ | ۴۵/۵۴ |
| ۶۰–۹۰ | ۱/۴۳ | ۱۷/۳۵ | ۹/۱۵ | لوم رسی شنی | ۱۶/۵۰ | ۴۵/۶۷ |

**جدول ۲. خواص شیمیایی خاک مورد مطالعه**

| خواص شیمیایی خاک / عمق خاک (cm) | ESP (%) | SAR $(meq/L)^{1/2}$ | $K^+$ | $Mg^{2+}$ | $Na^+$ | $Ca^{2+}$ | $Cl^-$ | $CO_3^{2-}$ | $HCO_3^-$ | pH | $EC_e$ (dS/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (meq/L) | | | | | | | | |
| ۰–۳۰ | ۳۹/۹ | ۶/۵ | ۵/۳ | ۲۳/۵ | ۳۰/۰ | ۱۸/۵ | ۶۶/۱ | ۰/۰ | ۷/۳ | ۷/۸ | ۷/۶ |
| ۳۰–۶۰ | ۳۹/۱ | ۶/۴ | ۴/۹ | ۲۲/۲ | ۲۸/۳ | ۱۶/۸ | ۵۴ | ۰/۰ | ۶/۴ | ۷/۷ | ۶/۳ |
| ۶۰–۹۰ | ۳۸/۸ | ۶/۳ | ۴/۵ | ۲۰/۰ | ۲۶/۷ | ۱۵/۷ | ۴۴/۷ | ۰/۰ | ۵/۴ | ۷/۶ | ۵/۲ |

**جدول ۳. خواص شیمیایی آب آبیاری**

| خصوصیات شیمیایی / آب آبیاری | SAR $(meq/L)^{1/2}$ | $K^+$ | $Mg^{2+}$ | $Na^+$ | $Ca^{2+}$ | $Cl^-$ | $CO_3^{2-}$ | $HCO_3^-$ | pH | $EC_e$ (dS/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (meq/L) | | | | | | | | |
| اختلاط ۷۵٪ زهاب مزرعهٔ نیشکر+ ۲۵٪ آب رودخانهٔ کارون | ۲۰/۶ | ۳/۹ | ۲۲/۷ | ۸۴ | ۱۰/۴ | ۱۰۵ | ۰/۰ | ۲۰/۶ | ۷/۵ | ۱۲ |
| اختلاط ۵۰٪ زهاب مزرعهٔ نیشکر+ ۵۰٪ آب رودخانهٔ کارون | ۱۷/۲ | ۳/۸ | ۱۹/۱ | ۶۲/۸ | ۷/۶ | ۸۵/۷ | ۰/۰ | ۲۰/۱ | ۷/۲ | ۹ |
| اختلاط ۲۵٪ زهاب مزرعهٔ نیشکر+ ۷۵٪ آب رودخانهٔ کارون | ۱۲/۱ | ۳/۶ | ۱۲ | ۳۶/۹ | ۴ | ۷۳/۹ | ۰/۰ | ۱۶ | ۷/۱ | ۶ |
| ۱۰۰٪ آب رودخانهٔ کارون | ۴/۲ | ۱/۳ | ۴/۲ | ۸/۴ | ۳/۸ | ۴۶/۱ | ۰/۰ | ۳/۵ | ۷ | ۲/۴ |
| ۱۰۰٪ زهاب نیشکر | ۲۸/۳ | ۴/۲ | ۲۳/۶ | ۱۳۰/۲ | ۱۸/۶ | ۱۳۶/۴ | ۰/۰ | ۲۸/۴ | ۷/۹ | ۱۵/۵ |

## نتایج و بحث

### اثر سطوح مختلف شوری بر جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری جرم مخصوص ظاهری خاک در جدول ۴ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۵ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و عمق‌های مختلف خاک بر جرم مخصوص ظاهری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم دارد. یون سدیم سبب پراکندگی ذرات خاک و بسته شدن منافذ خاک می‌شود. در نتیجه با کاهش حجم منافذ خاک، منجر به افزایش جرم مخصوص ظاهری می‌شود. دلیل این امر ناشی از سدیم بالا در آب آبیاری است. در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲(dS/m) جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش یافته است. بیشترین میزان افزایش جرم مخصوص ظاهری در اثر آبیاری با تیمار ۱۲(dS/m) به‌دست آمد که منجر به افزایش ۷/۸۲ درصد جرم مخصوص ظاهری و آبیاری با تیمار شاهد منجر به کاهش ۱/۳۶ درصد جرم مخصوص ظاهری نسبت به شرایط اولیهٔ خاک شد. نتایج حاصل مشابه نتایج صدیقی شکیر و همکاران (۲۰۰۲) و تدسچی (۲۰۰۵) است (۱۴، ۱۵). شوری و ESP آب آبیاری، موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود. همچنین، با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش یافته است (۱۴). افزایش جرم مخصوص ظاهری مؤکد تأثیر شوری بر پراکندگی ذرات رس به‌همراه کاهش تخلخل کل به‌ویژه در لایهٔ سطحی ۰–۱۰ سانتی‌متری است؛ البته، تأثیر آن با افزایش عمق کاهش می‌یابد (۱۵). تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۱نشان داده شده است.

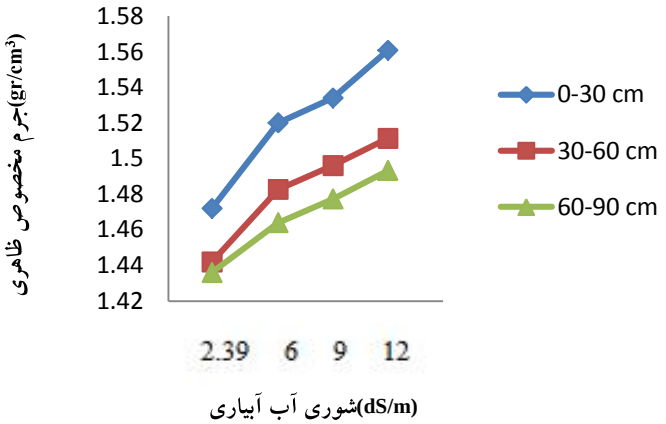
**جدول ۴. تجزیهٔ واریانس جرم مخصوص ظاهری خاک**

| منابع تغییر | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | درجهٔ تشخیص F |
|---|---|---|---|
| کیفیت آب | ۳ | ۰/۰۲۱ | ۲۹۹/۲۰۸* |
| عمق | ۲ | ۰/۰۳۱ | ۴۳۱/۰۹۳* |
| کیفیت آب × عمق | ۶ | ۰/۰۰ | ۵/۰۰۴* |
| خطا | ۹۰ | ۰/۲۷۴ | |
| کل | ۱۵۰ | | |

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

**جدول ۵. مقایسهٔ نتایج حاصل از میانگین‌های جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن (ارقامی دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد)**

| عمق خاک (cm) / تیمار آبیاری | ۶۰–۹۰ | ۳۰–۶۰ | ۰–۳۰ |
|---|---|---|---|
| EC = ۲/۳۹ (dS/m) | ۱/۴۳۶ a | ۱/۴۴۲ a | ۱/۴۷۲ bc |
| EC = ۶ (dS/m) | ۱/۴۶۴۰ b | ۱/۴۸۲۷ cd | ۱/۵۲ ef |
| EC = ۹ (dS/m) | ۱/۴۷۳۳ bc | ۱/۴۹۶۰ d | ۱/۵۳۴۰ f |
| EC = ۱۲ (dS/m) | ۱/۴۹۳۳ d | ۱/۵۱۱۳ e | ۱/۵۶۰۷ g |




**شکل ۱. مقادیر جرم مخصوص ظاهری خاک (با در نظر گرفتن اعماق مختلف خاک) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری**

## اثر سطوح مختلف شوری بر درصد تخلخل کل خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری درصد تخلخل کل خاک در جدول ۶ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های درصد تخلخل کل خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۷ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و عمق‌های مختلف خاک بر تخلخل کل خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم دارد. حضور یون سدیم در محلول خاک، با تخریب خاکدانه‌ها و ایجاد تورم، پراکندگی ذرات، سله‌بندی و کاهش منافذ خاک منجر به کاهش تخلخل کل و نفوذپذیری خاک می‌شود. دلیل این امر ناشی از افزایش میزان سدیم در آب آبیاری و محلول خاک است. در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲(dS/m)، تخلخل کل خاک کاهش یافته است. بیشترین میزان کاهش درصد تخلخل کل در اثر آبیاری با تیمار ۱۲(dS/m) به‌دست آمد که منجر به کاهش ۹/۹ درصد تخلخل کل و آبیاری با تیمار شاهد منجر به افزایش ۱/۰۳ درصد تخلخل کل نسبت به شرایط اولیهٔ خاک شد. این نتیجه مشابه نتایج آیرز و اسکونمان (۱۹۹۳) بود (۱۰). آن‌ها نشان دادند که افزایش شوری آب آبیاری منجر به کاهش درصد تخلخل کل خاک شد. همچنین، با افزایش عمق خاک، به‌دلیل کم‌شدن سدیم از سطح به عمق، تأثیر سدیمی بودن آب آبیاری در کاهش درصد تخلخل کل خاک کاهش یافته است. تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۲ نشان داده شده است.

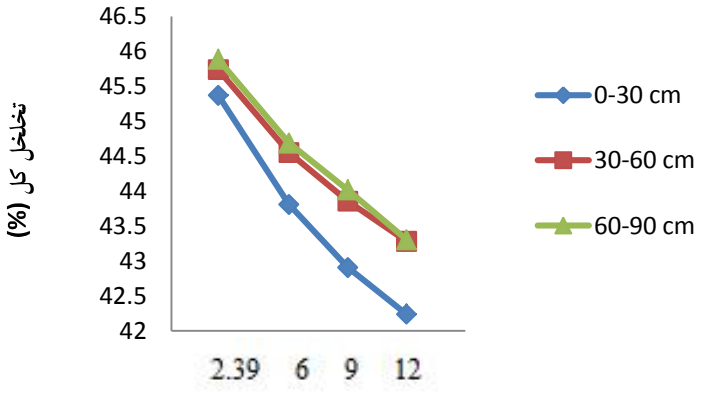
**جدول ۶. تجزیهٔ واریانس حاصل از اندازه‌گیری‌های درصد تخلخل کل خاک**

| منابع تغییر | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | درجهٔ تشخیص F |
|---|---|---|---|
| کیفیت آب | ۳ | ۳۳/۶۱۹ | ۱۲۵۳/۳۲۰* |
| عمق | ۲ | ۹/۴۰۶ | ۳۵۰/۶۵۶* |
| کیفیت آب × عمق | ۶ | ۰/۲۲۴ | ۸/۳۵۱* |
| خطا | ۹۰ | ۰/۲۷ | |
| کل | ۱۵۰ | | |

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

**جدول ۷. نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های درصد تخلخل کل خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن (ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد)**

| عمق خاک (cm) / تیمار آبیاری | ۶۰–۹۰ | ۳۰–۶۰ | ۰–۳۰ |
|---|---|---|---|
| EC = ۲/۳۹(dS/m) | ۴۵/۸۸۶ f | ۴۵/۷۴ f | ۴۵/۳۷۲ f |
| EC = ۶(dS/m) | ۴۴/۶۸۸ e | ۴۴/۵۵۲۷ e | ۴۳/۸۰۸۷ cd |
| EC = ۹ (dS/m) | ۴۴/۰۱۶ d | ۴۳/۸۵۶ cd | ۴۲/۹۰۴۷ b |
| EC = ۱۲(dS/m) | ۴۳/۳۰۴ bc | ۴۳/۲۸۱۳ bc | ۴۲/۲۳۶۷ a |




**شکل ۲. مقادیر درصد تخلخل کل خاک (با در نظر گرفتن اعماق مختلف خاک) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری**

## اثر سطوح مختلف شوری بر درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک در جدول ۸ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۹ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و عمق‌های مختلف خاک بر درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم دارد. با افزایش یون سدیم مقدار رطوبت نگهداری‌شده در خاک افزایش می‌یابد. دلیل این امر ناشی از نسبت جذبی سدیم (SAR) بالا در آب آبیاری است. در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲(dS/m)، همچنین تیمار شاهد، درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان افزایش درصد رطوبت ظرفیت زراعی در اثر آبیاری با تیمار ۱۲(dS/m) به‌دست آمد که منجر به افزایش ۲۵/۲۶ درصدی رطوبت ظرفیت زراعی شد و کمترین میزان افزایش درصد رطوبت ظرفیت زراعی در اثر آبیاری با تیمار شاهد به‌دست آمد که منجر به افزایش ۲/۲۸ درصدی رطوبت ظرفیت زراعی نسبت به شرایط اولیهٔ خاک شد. این نتیجه مشابه نتایج ختار (۱۳۸۶) و (طرزی (۱۳۸۸) بود (۵، ۷).

افزایش SAR سبب پراکندگی ذرات و کاهش اندازهٔ منافذ خاک شد. در نتیجه قدرت نگهداری آب خاک، به‌ویژه در مکش‌های ماتریکی بالا افزایش می‌یابد (۵). با

افزایش شوری درصد رطوبت ظرفیت زراعی افزایش می‌یابد. همچنین، با افزایش عمق خاک تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در افزایش درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک کاهش یافته است (۷). تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۳ نشان داده شده است.

**جدول ۸. تجزیهٔ واریانس حاصل از اندازه‌گیری‌های درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک**

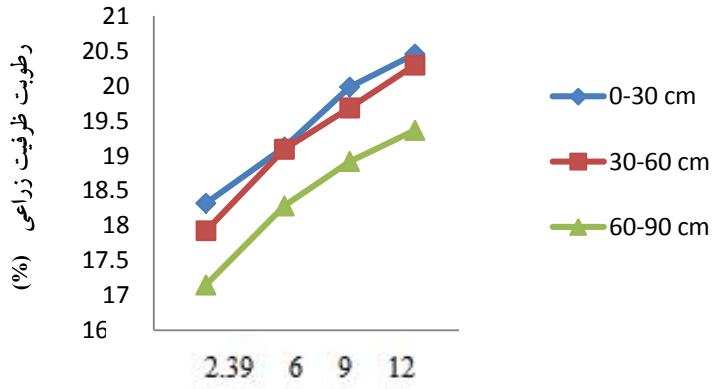
| منابع تغییر | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | درجهٔ تشخیص F |
|---|---|---|---|
| کیفیت آب | ۳ | ۲۳/۵۱۹ | ۴۲۳/۸۰۵* |
| عمق | ۲ | ۱۲/۰۶۷ | ۲۱۷/۴۴۱* |
| کیفیت آب × عمق | ۶ | ۰/۰۹۵ | ۱/۷۱۱ |
| خطا | ۹۰ | ۰/۰۵۵ | |
| کل | ۱۵۰ | | |

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

**جدول ۹. نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن**

(ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد)

| عمق خاک (cm) / تیمار آبیاری | ۶۰–۹۰ | ۳۰–۶۰ | ۰–۳۰ |
|---|---|---|---|
| EC = ۲/۳۹ (dS/m) | ۱۷/۱۴۸ a | ۱۷/۹۲۴ b | ۱۸/۳۱۸ b |
| EC = ۶ (dS/m) | ۱۸/۲۸۰۷ b | ۱۹/۰۹۲ c | ۱۹/۱۲۲۷ c |
| EC = ۹ (dS/m) | ۱۸/۹۱۴۷ c | ۱۹/۶۸۲۷ de | ۱۹/۹۸۰۷ ef |
| EC = ۱۲ (dS/m) | ۱۹/۳۶۳۳ cd | ۲۰/۲۹۶۷ f | ۲۰/۴۵۳۳ f |




**شکل ۳. مقادیر درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک (با در نظر گرفتن اعماق مختلف خاک) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری**

## اثر سطوح مختلف شوری بر درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم خاک در جدول ۱۰ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۱۱آمده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و عمق‌های مختلف خاک بر درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم دارد. یون سدیم به‌دلیل داشتن شعاع هیدراتهٔ بالا، رطوبت خاک را جذب می‌کند. در نتیجه با افزایش یون سدیم مقدار رطوبت نگهداری‌شده در خاک افزایش می‌یابد. دلیل این امر ناشی از SAR بالا در آب آبیاری است. در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲(dS/m)، همچنین تیمار شاهد درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم خاک افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان افزایش درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم در اثر آبیاری با تیمار ۱۲(dS/m) به‌دست آمد که به افزایش ۲۳/۴۱ درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم انجامید. کمترین میزان افزایش درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم در اثر آبیاری با تیمار شاهد به‌دست آمد که منجر به افزایش ۳/۶ درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم نسبت به شرایط اولیهٔ خاک شد. این نتیجه مشابه نتایج گانکالوز و همکاران (۲۰۱۰) است (۱۲). همچنین، با افزایش عمق خاک تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در افزایش درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم خاک کاهش یافت. تأثیر کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۴ نشان داده شده است.

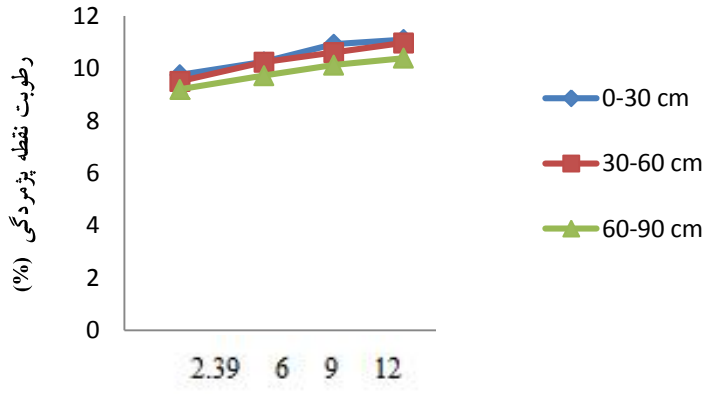
**جدول ۱۰. تجزیهٔ واریانس حاصل از اندازه‌گیری‌های درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم خاک**

| منابع تغییر | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | درجهٔ تشخیص F |
|---|---|---|---|
| کیفیت آب | ۳ | ۸/۷۷۰ | ۱۷۳/۸۸۳* |
| عمق | ۲ | ۴/۴۴۷ | ۸۸/۱۷۳* |
| کیفیت آب × عمق | ۶ | ۰/۰۹۴ | ۱/۸۵۸ |
| خطا | ۹۰ | ۰/۰۵۰ | |
| کل | ۱۵۰ | | |

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

**جدول ۱۱. نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن (ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد)**

| عمق خاک (cm) / تیمار آبیاری | ۶۰–۹۰ | ۳۰–۶۰ | ۰–۳۰ |
|---|---|---|---|
| EC = ۲/۳۹ (dS/m) | ۹/۲۰ a | ۹/۵۰۶ ab | ۹/۷۵۲ b |
| EC = ۶ (dS/m) | ۹/۷۲۶ b | ۱۰/۲۳۷۳ cd | ۱۰/۲۴۸ cd |
| EC = ۹ (dS/m) | ۱۰/۱۲۴ c | ۱۰/۶۰۵۳ de | ۱۰/۹۲ ef |
| EC = ۱۲ (dS/m) | ۱۰/۳۹۰۷ cd | ۱۰/۹۶۸۷ ef | ۱۱/۱۰۰۷ f |




**شکل ۴. مقادیر درصد رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم خاک (با در نظرگرفتن اعماق مختلف خاک تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری**

## اثر سطوح مختلف شوری بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در جدول ۱۲ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در جدول ۱۳ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و عمق‌های مختلف خاک بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم دارد. یون سدیم سبب تخریب و پراکندگی ذرات خاک می‌شود و کاهش هدایت هیدرولیکی را به‌دنبال دارد. دلیل این امر ناشی از SAR بالا در آب آبیاری است. در این تحقیق، کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ناشی از تأثیر یون سدیم در پراکنده ساختن ذرات و مسدود شدن منافذ خاک است. در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲(dS/m) هدایت هیدرولیکی اشباع خاک کاهش یافته است.

**جدول ۱۲. تجزیهٔ واریانس حاصل از اندازه‌گیری‌های هدایت هیدرولیکی اشباع خاک**

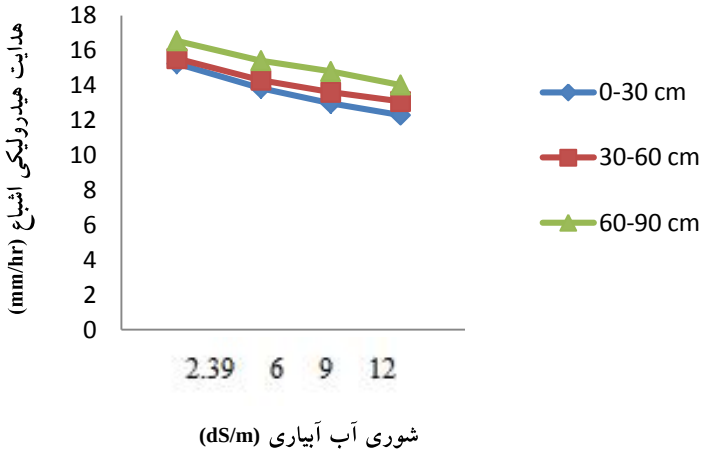
| منابع تغییر | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | درجهٔ تشخیص F |
|---|---|---|---|
| کیفیت آب | ۳ | ۳۱/۶۲۶ | ۸۳۰/۶۵۰* |
| عمق | ۲ | ۲۶/۹۲۳ | ۷۰۷/۱۲۵* |
| کیفیت آب × عمق | ۶ | ۰/۱۶۵ | ۴/۳۲۲ |
| خطا | ۹۰ | ۰/۰۳۸ | |
| کل | ۱۵۰ | | |

* معناداری در سطح احتمال ۵ درصد

**جدول ۱۳. نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در عمق‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن (ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد)**

| عمق خاک (cm) / تیمار آبیاری | ۶۰–۹۰ | ۳۰–۶۰ | ۰–۳۰ |
|---|---|---|---|
| EC = ۲/۳۹ (dS/m) | ۱۶/۵۸۴ i | ۱۵/۵۳۲ h | ۱۵/۲۴ gh |
| EC = ۶ (dS/m) | ۱۵/۴۱۰۷ h | ۱۴/۲۸۸۷ ef | ۱۳/۸۲ de |
| EC = ۹ (dS/m) | ۱۴/۷۹۶۷ fg | ۱۳/۶ ۰cd | ۱۲/۹۹۶ h |
| EC = ۱۲ (dS/m) | ۱۴/۰۱۹۳ de | ۱۳/۰۷۴۷ bc | ۱۲/۲۹۵۳ a |

بیشترین میزان کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع در اثر آبیاری با تیمار ۱۲(dS/m) به‌دست آمد که منجر به کاهش ۲۲/۲۳ درصد هدایت هیدرولیکی اشباع و آبیاری با تیمار شاهد منجر به افزایش جزئی (۰/۳۱ درصد) هدایت هیدرولیکی اشباع نسبت به شرایط اولیهٔ خاک شد. نتایج حاصل مشابه نتایج گانکالوز و همکاران (۲۰۱۰)، و وارنس و همکاران (۲۰۰۲) است (۱۲، ۱۶). اثر ویژهٔ یون سدیم بر خاک، منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی، نفوذپذیری و ایجاد سله در سطح خاک می‌شود. همچنین، با افزایش عمق خاک، تأثیر شوری و سدیمی بودن آب آبیاری در کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک کاهش یافته است (۱۶). تغییرات هدایت هیدرولیکی در لایهٔ سطحی خاک بیشتر محسوس بود و این امر به غلظت سدیم نسبت داده می‌شود که بیشترین اثر تخریبی را در سطح خاک داشته است (۱۲). کیفیت آب آبیاری و عمق خاک در شکل ۵ نشان داده شده است.




**شکل ۵. مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (با در نظر گرفتن اعماق مختلف خاک) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری**

## اثر سطوح مختلف شوری بر سرعت نفوذپذیری نهایی خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری سرعت نفوذپذیری نهایی خاک در جدول ۱۴ و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های سرعت نفوذپذیری نهایی خاک در مدت زمان‌های مختلف آبیاری بر اساس آزمون دانکن در جدول ۱۵ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر کیفیت آب آبیاری و مدت زمان‌های مختلف آبیاری بر سرعت نفوذپذیری نهایی خاک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم دارد. در این تحقیق با افزایش شوری و به‌دنبال آن افزایش یون سدیم در آب آبیاری، کاهش سرعت نفوذپذیری نهایی خاک را موجب شده است. این نتیجه مشابه نتایج حاج‌رسولیها (۱۳۸۲) بود (۳). افزایش شوری و یون سدیم موجب کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود. دلیل این امر ناشی از سدیم زیاد در آب آبیاری است که پراکندگی ذرات و تخریب ساختمان خاک را افزایش می‌دهد. این موضوع هنگامی رخ می‌دهد که نسبت سدیم به کلسیم از ۳ به ۱ بیشتر باشد. این مقدار زیاد سدیم، به سبب پراکنده‌کردن ذرات خاک و پرکردن و بستن روزنه‌های سطحی خاک اغلب مسائل شدید نفوذ آب در خاک را به‌وجود می‌آورد (۳). با افزایش مدت زمان آبیاری، در اثر آبیاری با سه تیمار ۶، ۹ و ۱۲ (dS/m) سرعت نفوذپذیری نهایی خاک کاهش یافته است.

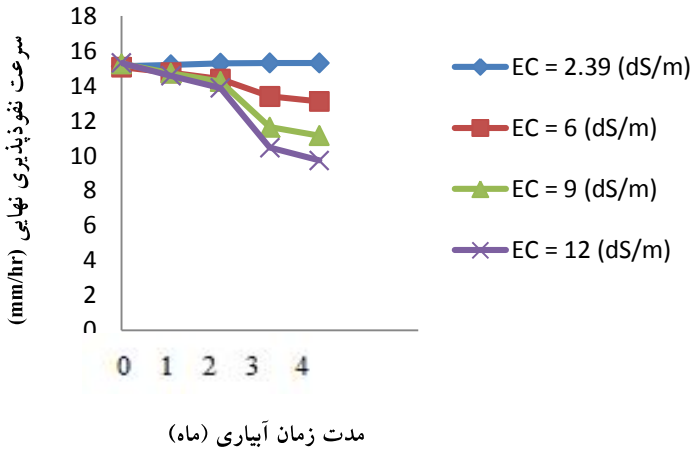
**جدول ۱۴. تجزیهٔ واریانس حاصل از اندازه‌گیری‌های سرعت نفوذپذیری نهایی خاک**

| منابع تغییر | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | درجهٔ تشخیص F |
|---|---|---|---|
| کیفیت آب | ۳ | ۱۶/۷۱۶ | ۴۵۳/۲۰۰* |
| زمان | ۴ | ۲۰/۱۶۴ | ۵۴۶/۷۰۸* |
| کیفیت آب × زمان | ۱۲ | ۳/۹۴۳ | ۱۰۶/۶۷۳ |
| خطا | ۴۰ | ۰/۰۳۷ | |
| کل | ۶۰ | | |

* : معنی داری در سطح احتمال پنج درصد

**جدول ۱۵. نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین‌های سرعت نفوذپذیری نهایی خاک در مدت زمان‌های مختلف آبیاری بر اساس آزمون دانکن (ارقام دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد)**

| مدت زمان (ماه) / تیمار آبیاری | ماه چهارم | ماه سوم | ماه دوم | ماه اول | ماه صفر |
|---|---|---|---|---|---|
| EC = ۲/۳۹ (dS/m) | ۱۳/۳۱j | ۱۳/۳۱ j | ۱۳/۲۹ j | ۱۳/۲۰ j | ۱۳/۱۲ j |
| EC = ۶ (dS/m) | ۱۱/۸۲ e | ۱۲/۱۰ e | ۱۲/۴۳ gh | ۱۲/۷۱ i | ۱۳/۰۷ j |
| EC = ۹ (dS/m) | ۱۱/۳۸ c | ۱۱/۶۰ d | ۱۲/۲۰ g | ۱۲/۷۲ i | ۱۳/۲۶ j |
| EC = ۱۲ (dS/m) | ۱۰/۶۰ a | ۱۱/۱۰ b | ۱۱/۸۸ f | ۱۲/۵۷ hi | ۱۳/۳۱ j |




**شکل ۶. مقادیر سرعت نفوذپذیری نهایی خاک (با درنظرگرفتن زمان) تحت تأثیر شوری‌های مختلف آب آبیاری**

بیشترین میزان کاهش سرعت نفوذپذیری نهایی در اثر آبیاری با تیمار ۱۲ (dS/m) به‌دست آمد که منجر به کاهش ۲۹/۰۲ درصد سرعت نفوذپذیری نهایی نسبت به وضعیت اولیه‌اش شد. آبیاری با تیمار شاهد با وجود افزایش جزئی (۰/۷۴ درصد) سرعت نفوذپذیری نهایی نسبت به وضعیت اولیه‌اش تغییر معناداری ($P < ۰/۰۵$) از خود نشان نداد. تأثیر کیفیت آب و مدت زمان آبیاری در شکل ۶ نشان داده شده است.

## نتیجه‌گیری کلی

با افزایش شوری، هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل کل خاک کاهش می‌یابد. از طرفی، در مقایسهٔ سه عمق اختلاف معناداری مشاهده شد، به‌طوری که کمترین میزان هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل کل مربوط به لایهٔ سطحی خاک و بیشترین مقدار مربوط به عمق سوم (۶۰–۹۰ سانتی‌متر) است. علت این امر افزایش SAR آب آبیاری است، زیرا سدیم سبب تخریب و پراکندگی ذرات خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل کل می‌شود.

با افزایش شوری، جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد. همچنین، بین سه عمق اختلاف معنادار مشاهده شد، به‌طوری که بیشترین میزان جرم مخصوص ظاهری مربوط به عمق نخست (۰–۳۰ سانتی‌متر) و کمترین مقدار مربوط به عمق سوم (۶۰–۹۰ سانتی‌متر) خاک است. علت این امر ممکن است ناشی از افزایش میزان سدیم در آب آبیاری باشد که با پراکندگی ذرات خاک و بسته‌شدن منافذ خاک و کاهش حجم منافذ خاک، منجر به افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود.

با افزایش شوری، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطهٔ پژمردگی دائم خاک افزایش می‌یابد. علت این امر ممکن است ناشی از تأثیر یون سدیم در توزیع اندازهٔ منافذ خاک در محدودهٔ ظرفیت زراعی باشد که سبب افزایش قدرت نگهداری آب در خاک شده است. همچنین، بیشترین میزان رطوبت ظرفیت زراعی مربوط به عمق نخست (۰–۳۰ سانتی‌متر) و کمترین مقدار مربوط به عمق سوم (۶۰–۹۰ سانتی‌متر) خاک است.

با افزایش شوری، سرعت نفوذپذیری نهایی خاک کاهش می‌یابد. علت این امر ممکن است افزایش سدیم و SAR آب آبیاری باشد که با پراکنده‌کردن ذرات خاک و

پرکردن و بستن روزنه‌های سطحی خاک، کاهش نفوذ را منجر می‌شود.

## منابع


۱. امداد م. (۱۳۸۶) تأثیر کیفیت آب آبیاری (شور- سدیمی) بر خواص فیزیکی خاک بر آبیاری جویچه‌ای. دهمین کنگرهٔ علوم خاک، ایران.

۲. پارسافر ن. معروفی ص. مصداقی م. رحیمی ق. و فرهنگی م.ب. (۱۳۹۰) تغییرات پارامترهای هیدرولیکی و نفوذ غیراشباع آب به خاک تحت تأثیر کاربرد فاضلاب در کشت سیب زمینی در شرایط لایسیمتری. دانش آب و خاک، ۲۱(۲): ۱۵۹-۱۷۳.

۳. حاج‌رسولیها ش. (۱۳۸۲) کیفیت آب برای کشاورزی. چاپ دوم، مرکز نشر دانشگاهی تهران، تهران، ۲۵۵ ص.

۴. حنیفه‌لو ا. (۱۳۸۴) بررسی تأثیر کاربرد پساب فاضلاب شهر اهواز بر خصوصیات فیزیکی، هیدرولیکی و شیمیایی خاک در یک دورهٔ کوتاه‌مدت. دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

۵. ختار م. (۱۳۸۶) اثرات شوری و قلیائیت آب آبیاری بر ویژگی‌های هیدرولیکی و کیفیت فیزیکی خاک. دانشگاه بوعلی سینا، همدان، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

۶. سپاسخواه ع. (۱۳۸۵) بررسی برهم‌کنش کم‌آبیاری و شوری بر رشد و عملکرد برنج. دانشگاه شیراز، شیراز.

۷. طرزی آ. (۱۳۸۸) اثرات آبیاری با سطوح مختلف اختلاط زهاب و آب رودخانهٔ کارون بر روی خصوصیات هیدرولیکی خاک در شرایط آزمایشگاهی. دانشگاه شهید چمران، اهواز، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

۸. قلمباز س. (۱۳۸۷) بررسی تأثیر پساب مجتمع فولاد خوزستان بر روی خواص فیزیکی، شیمیایی و هیدرولیکی خاک در یک دورهٔ کوتاه‌مدت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، اهواز، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

۹. نیک‌روش ا. (۱۳۹۱) بررسی اثرات کدورت و سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر خواص فیزیکی و هیدرولیکی خاک. دانشگاه شهید چمران اهواز، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد.

10. Ayers J.E. and Schoneman R. (1993) Long term use of saline water for irrigation. Irrigation Science, 14(1): 27-34.

11. Flagella Z. Giuliani M.M. Rotunno T. Di Caterina R. and De Caro A. (2004) Effect of saline water on oil yield and quality of a high oleic sunflower. European Agronomy, 21(3): 267-272.

12. Goncalves R. Gloaguen T. Folegatti M. Libardi P. Lucas Y. and Montes C. (2010) Pore size distribution in soils irrigated with sodic water and wastewater. Soil Science, 34: 701-707.

13. Qadir M. Ghafour A. and Murteza G. (2001) Use of saline-sodic waters through phytoremediation of clacareus saline-sodic soils. Agricultural Water Management, 50: 197-210.

14. Siddique Shakir M. Hassan A.U. and Razzaq A. (2002) Effect of salts on bulk density, particle density and porosity of different soil series. Plantscience, 1(1): 5-6.

15. Tedeschi R. (2005) Effect of irrigation with saline water of water of different concentration on soil physical and chemical characteristics. Agriculture Water Management, 77: 308-322.

16. Warrence N. Pearson K. and Bauder J. (2002) Basics of salinity and sodicity effects on soil physical properties. Resources and Environmental Science, Montanta State University-Bozeman.