Archive of SID
Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 14, Oct.-Nov. 2020, p. 1487-1498

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۴، مهر - آبان ۱۳۹۹، ص. ۱۴۹۸-۱۴۸۷

مقاله علمی-پژوهشی

مطالعه تراوائی لوله‌های سفالی متخلخل تحت تأثیر کیفیت آب و بافت خاک در آبیاری زیرسطحی سفالی نقطه‌ای

غزاله وفائی[۱]، حسین بابازاده[۲*]، شهرام اشرفی[۳]، ابراهیم پذیرا[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۱۸

چکیده

با توجه به ابعاد مبهم در ویژگی‌های روش آبیاری زیرسطحی سفالی در استفاده از آب‌شور در خاک‌های مختلف، تحقیقی دوساله به‌منظور بررسی اثر دو کیفیت آب با شوری ۰/۸۷ و ۳/۷۸ دسی زیمنس بر متر بر تراوش لوله‌های سفالی در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی تحت سه نوع خاک رسی لومی، لومی شنی و لومی در فشار هیدرو استاتیک دو متر به اجرا درآمد. نتایج آزمایشگاهی اندازه‌گیری تراوش منتج به ارائه یک مدل چند متغیره برای پیش‌بینی تراوش نهایی سفال در طولانی‌مدت شد. شوری آب باعث تغییر معنی‌دار پارامترهای معادله به‌دست‌آمده شد که ازاین‌رو اثر شوری بر کاهش آبدهی سفال‌ها اثبات شد. نکته قابل‌توجه کاهش معنی‌دار میزان تراوش اولیه با افزایش شوری آب آبیاری می‌باشد. همچنین یک رابطه ریاضی رگرسیونی با همبستگی بالا برای حجم کل آب عبوری به دست آمد. همچنین روند کاهش تراوش با افزایش زمان در همه سفال‌ها یکسان و از مدل رگرسیونی با ضریب تعیین بالا پیروی می‌کنند. مطالعه مقادیر تراوش در طی زمان در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی حساسیت این قطعات سفالی حتی در استفاده از آب با شوری کم نشان داد که میزان تراوش سفال‌ها در درازمدت کاهش قابل توجهی خواهند داشت که با توجه به شوری آب و آبیاری و نوع خاک باید جایگزین گردند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری زیرسطحی، آب شور، کارائی سفال، پیش‌بینی مدل

مقدمه

روش آبیاری سفالی یا کوزه‌ای، یکی از روش‌های آبیاری زیرسطحی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورداستفاده قرار می‌گیرد. در سالیان اخیر در ایران به دلیل بروز خشک‌سالی و کم‌آبی رویکرد گسترده‌ای به سمت استفاده مجدد از سفال به‌صورت منبع نقطه‌ای و یا خطی برای تأمین رطوبت خاک ایجادشده است. از مزایای آبیاری زیرسطحی سفالی می‌توان به رساندن رطوبت کافی در خاک، سهولت در نصب و نگهداری، ارزان بودن سیستم آبیاری، صرفه‌جویی در مصرف آب و به‌تبع آن افزایش راندمان آبیاری اشاره کرد (Bhatt and Gatesaniya, 2017; Pachpor et al., 2018). مطالعات متعددی بر روی استفاده از آب شور در آبیاری زیرسطحی کوزه‌ای و تأثیر مثبت آن بر روی عملکرد محصولات گزارش‌شده است که می‌تواند در مناطق خشک که تنها آب‌شور در دسترس می‌باشد مورداستفاده قرار گیرد (Siyal et al., 2015). به دلیل خلل و فرج بسیار ریز موجود در دیواره سفال‌ها، رسوب املاح محلول در آب، سبب انسداد در خلل و فرج دیواره‌ی آن شده که می‌تواند به‌مرور باعث کاهش آبدهی سفال گردد. مطالعات متعددی توسط پژوهشگرانی چون (Siyal et al., 2016؛Qiasheng et al., 2007 و ...) در خصوص مؤلفه‌های مختلف این روش انجام‌شده است. نیک و همکاران در بررسی خود نشان دادند که با افزایش شوری آب آبیاری، شدت تراوش آب و نیز میزان رطوبت در پروفیل خاک کاهش یافت (Naik et al., 2008). همچنین تخلیه روزانه آب از کوزه‌ها بازمان کاهش می‌یابد که این تخلیه روزانه با افزایش شوری آب آبیاری

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. ایران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. ایران
۳- استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، البرز، ایران
۴- استاد گروه علوم خاک، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: h_babazadeh@hotmail.com)

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش می‌یابد (Siyal et al., 2016). آبدهی و هدایت هیدرولیکی اشباع لوله‌های سفالی به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر مواد تشکیل‌دهنده سفال است (Igbadun and Barnabas, 2013). عوامل زیادی ازجمله نوع رس، ضخامت دیواره سفال، درصد رس، درصد شن، درجه حرارت پخت، میزان آهک و زمان پخت در قطر خلل و فرج و محیط متخلخل قطعات سفالی مؤثر خواهند بود افزون بر این عوامل، فشار هیدرو استاتیک و تبخیر و تعرق نیز در میزان تراوایی و تراوش سفال‌ها نقش دارند (Al-Amireh, 2006; Naik et al., 2008; Liang et al., 2009; Bahrami et al., 2010; Cultrone et al., 2004; Freyburg and Schwarz, 2007). نظر به نقاط مثبت و ضعف موجود در سیستم آبیاری زیر سطحی سفالی و با توجه به وجود اختلاف‌نظرهای کارشناسی و نبود اطلاعات لازم در خصوص استفاده و یا استفاده نکردن از این روش آبیاری در سطح کشور و نیز کمبود پایگاه اطلاعاتی جامع و معتبر در این زمینه، بالأخص اطلاع از وضعیت تراوائی سفال در کاربرد با آب‌های با کیفیت متفاوت به علت رسوب مواد شیمیائی محلول در آب آبیاری قبل از استفاده وسیع در سطح کشور بایستی به آن پرداخته شود از این‌رو این تحقیق به‌منظور بررسی تراوایی سفال در یک فشار مشخص در واحد زمان ازجمله کاهش آبدهی یا تراوش بدنه لوله‌های سفالی تحت آب‌های باکیفیت متفاوت و تأثیر بافت خاک بر آن‌که از مسائل مهم در ارتباط با نگهداری این سیستم‌ها می‌باشد انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

روش آزمایش

این تحقیق در حدفاصل سال‌های ۹۶-۱۳۹۴ در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج به منظور بررسی اثر کیفیت‌های متفاوت آب و بافت خاک بر تراوایی لوله‌های سفالی در فشار هیدرواستاتیک ثابت دو متر در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی انجام شد. در این تحقیق از گسیلنده‌های تولیدشده از خط تولید یک کارخانه محلی به تعداد ۲۰۰ قطعه سفالی انجام شد. اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی تمامی قطعات سفالی نشان داد که طول کلی هر یک از کپسول‌های سفالی مورد آزمایش ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد که ۲۵ سانتی‌متر آن به شکل استوانه‌ای به قطر داخلی ۴/۵، قطر خارجی ۶/۵ و ضخامت دیواره یک سانتی‌متر است. این استوانه‌ها از دو طرف با دونیم کره به شعاع‌های داخلی و خارجی به ترتیب ۱/۵ و ۲/۵ سانتی‌متر محصورشده است. در مرحله آزمایشگاهی، تعداد بیست وشش کپسول سفالی در سه تکرار از سری لوله‌های سفالی با تراوش کمتر از ۰/۰۵، ۰/۰۵ تا ۰/۱، ۰/۲ تا ۰/۲۵ و بیشتر از ۰/۵ لیتر در ساعت مورداستفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری روزانه تراوش سفال‌ها در آزمایشگاه توسط دستگاه بیست واحده تست تراوش ابداع‌شده در موسسه فنی و مهندسی تحت دو کیفیت آب به مدت ۶۲ روز بدون آنکه سیستم خاموش شود انجام پذیرفت. لازم به ذکر است در مجاورت هر سفال و چسبیده به آن‌یک دماسنج کارگذاری شد؛ که در زمان انجام هر تست، دما نیز قرائت شد.

خصوصیات شیمیایی دو نمونه آب مورداستفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی دو نمونه آب

نمونه آب	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته کل اشباع pH	کاتیون‌ها (meq/lit)				جمع کاتیون‌ها	آنیون‌ها (meq/lit)				جمع آنیون‌ها
			پتاسیم	سدیم	کلسیم	منیزیم		سولفات	بی‌کربنات	کربنات	کلر	
W_1	۰/۸۷	۷/۱۲	–	۰/۸	۴/۹۵	۱/۹۵	۷/۷	۱/۸۰	۳/۸	-	۲/۴	۸
W_2	۳/۷۸	۸/۳۰	-	۱۰/۸۶	۸	۵/۷	۲۴/۵۶	۶/۱۴	۶/۳	۰/۷	۱۲/۵	۲۵/۶۴

با توجه به نتایج فوق مقدار سختی کل (TH) آب w_1 و w_2 به ترتب برابر ۳۴۴/۸۴ و ۶۸۴/۵۴ میلی‌گرم در لیتر است که به لحاظ سختی هر دو نمونه آب در وضعیت نامناسبی می‌باشند. مقدار نمک‌های محلول برای دو نمونه آب به ترتیب برابر ۵۳۱/۸۴ و ۲۴۱۹/۲ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که بر مبنای TDS برای w_1 بدون محدودیت و برای w_2 محدودیت شدید وجود دارد. مقادیر SAR و adj RNa برای آب w_1 به ترتیب برابر ۰/۴۳ و ۰/۵۳ و برای نمونه آب w_2 به ترتیب برابر ۴/۱۵ و ۵/۲۴ به دست آمد که ازنظر نفوذپذیری (تأثیر بر روی سرعت نفوذ آب به خاک، مبنای ارزیابی ECw و SAR توأمان می‌باشد) از این لحاظ برای نمونه آب w_1 بدون محدودیت و برای نمونه آب w_2 محدودیت شدید را داریم.

در مرحله صحرایی، به‌منظور بررسی اثرات سه نوع بافت خاک بر میزان تراوش کپسول‌های سفالی، نمونه‌های خاک از مناطق مختلف به یک محوطه باز در محل موسسه فنی و مهندسی انتقال و خصوصیات فیزیکوشیمیایی هر خاک آزمایش شد که نتایج آن در جداول ۲و ۳ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی خاک مورداستفاده

کلاس خاک	بافت خاک			جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	هدایت هیدرولیکی (cm/h) اشباع	ظرفیت زراعی (٪)	نقطه پژمردگی دائم (٪)	تخلخل (٪)
	شن ٪	رس ٪	سیلت ٪					
رسی لومی	۲۵	۳۲	۴۳	۱/۳۹	۰/۸	۳۶	۱۸	۴۹
لومی شنی	۵۷	۳	۴۰	۱/۳۰	۲/۵	۲۱	۹	۴۳
لومی	۳۹	۲۶	۳۵	۱/۲۵	۱/۲	۳۱	۱۴	۴۷

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی خاک مورداستفاده

کلاس خاک	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته کل اشباع pH	سدیم (meq/lit)	کلر (meq/lit)	کلسیم+ منیزیم (meq/lit)	کلسیم (meq/lit)	بی‌کربنات (meq/lit)	سولفات (meq/lit)	آهک (٪)	گچ (٪)
رسی لومی	۲/۷۹	۷/۴۲	۵/۴۳	۶/۲۵	۵۰	۴۱/۳	۱۰	۲۰/۱۰	–	–
لومی شنی	۲/۳۳	۷/۶۲	۸/۱۵	۶/۲۵	۵۱/۳	۳۵	۱۱/۳	۲۰/۶۶	۲۵	۴۰
لومی	۲/۶۰	۷/۵۵	۵/۹۷	۲/۵	۵۵	۴۶/۳	۱۲/۵	۱۵/۴۹	–	–

در مرحله صحرایی چهار دسته سفال با تراوش‌های کمتر از ۰/۰۵، ۰/۰۵ تا ۰/۱، ۰/۲ تا ۰/۲۵ و بیشتر از ۰/۵ لیتر در ساعت با سه تکرار برای هر بلوک به تعداد ۱۲ سفال و درمجموع سه بلوک تعداد ۳۶ عدد کپسول سفالی مورداستفاده قرار گرفت. با استفاده از یک مخزن آب به حجم ۵۰ لیتر از سطح زمین فشار هیدرواستاتیک دو متر برای سامانه زیرسطحی فراهم شد. برای اندازه‌گیری میزان تراوش آب سفال در داخل خاک، بدون آنکه از داخل زمین بیرون آورده شود از یک چهارپایه فلزی به ارتفاع دو متر به همراه یک مخزن سه لیتری آب، همراه با شیرهای قطع و وصل جریان و یک محفظه جمع‌آوری آب باقی‌مانده در پایان هر آزمایش استفاده شد. میزان آب تخلیه‌شده از منبع تغذیه‌کننده دستگاه، نشان‌دهنده میزان تراوش آب از هر کپسول سفالی می‌باشد (شکل ۱). در هر خاک فاصله افقی بین کپسول‌های سفالی از یکدیگر ۱۲۰ سانتی‌متر است. در طول مدت آزمایش صحرائی آب به‌طور مداوم با فشار هیدرو استاتیک ۲ متر در کلیه کپسول‌ها جریان داشته و فقط در زمان اندازه‌گیری تراوش با دستگاه صحرائی، شیرهای جریان به هر کپسول بسته و اندازه‌گیری انفرادی هر کپسول انجام پذیرفته است. در این مرحله نیز کنار هریک از کپسول‌ها و چسبیده به آن‌یک عدد دماسنج در عمق ۲۵ سانتی‌متری از سطح خاک کارگذاری شد و در هر اندازه‌گیری تراوش، درجه حرارت نیز قرائت گردید. مقدار تراوش هر یک از کپسول‌ها روزانه در ساعت‌های ۱۱ صبح و ۱۳ ظهر به تعداد دو دفعه به‌صورت انفرادی اندازه‌گیری شده است. اندازه‌گیری‌ها به مدت ۱۲۰ روز برای هر دو کیفیت آب انجام پذیرفت.

شکل ۱- نمایی از دستگاه تست تراوش سفال در داخل خاک

www.SID.ir

Archive of SID

تصحیح دمایی

ازآنجاکه تراوش سفال تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد برای به حداقل رساندن تغییرات و استفاده از حجم وسیع‌تری از اطلاعات جمع‌آوری‌شده، تصحیح دمایی با استفاده از معادله (۱) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت. این امر شناخته‌شده است که جریان آب در فضای متخلخل در شرایط گرادیان پتانسیلی ثابت تابعی از هدایت هیدرولیکی می‌باشد. هدایت هیدرولیکی (K) در عمل از دو جز تشکیل‌شده است:

$$K = k.f$$

که در آن k: نفوذپذیری ذاتی خاک، f: سیالیت مایع یا گاز می‌باشد، اگر K برحسب m/sec باشد k برحسب m^2 و f برحسب $m^{-1}sec^{-1}$ خواهد بود. سیالیت رابطه مستقیم با چگالی و رابطه عکس با ویسکوزیته دارد معادله‌ی (۲):

$$f=\rho g/\eta$$

زمانی که η ویسکوزیته پویا برحسب $N\,sec/m^2$ یا $Pa\,sec$ باشد، ρ چگالی سیال برحسب kg/m^3 و نیروی گرانشی برحسب m/sec^2 است. بنابراین برای تبدیل تراوش اندازه‌گیری شده در هر دما به تراوشی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد از رابطه (۳)استفاده شد:

$$S_{20} = \frac{S_t.\delta_t.\rho_{20}}{\rho_t\delta_{20}} \qquad (۳)$$

S_t آبدهی اندازه‌گیری شده در دمای t، S_{20} آبدهی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد. δ_t ، ρ_t، ρ_{20} و δ_{20} به ترتیب ویزکوزیسته و چگالی مایع در دماهای t و ۲۰ درجه سانتی‌گراد.

در مطالعه صحرایی به‌منظور مقایسه بین تیمارهای مختلف ازنظر حجم آب خروجی، تراوش اولیه و تراوش نهایی، پس از احراز شرایط نرمال بودن و همگنی واریانس از تحلیل‌های واریانس سه‌طرفه به دلیل بررسی اثر متقابل سه فاکتور بافت خاک، کیفیت آب و گروه تراوش سفال‌ها استفاده شد. همچنین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. برای تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر میزان حجم کل آب عبوری از رگرسیون چند متغیره خطی به روش گام‌به‌گام استفاده شد. به علت تأثیرات درجه حرارت بر میزان تراوش کپسول‌های سفالی نتایج این تحقیق بر اساس دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیان گردید. لازم به ذکر است منظور از s_0 (تراوش اولیه) مجموع ۱۰ تراوش اول اندازه‌گیری شده و s_f (تراوش نهایی) مجموع ۱۰ تراوش آخر اندازه‌گیری شده می‌باشند. تحلیل داده و آنالیز آماری مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای Excel 2016، SPSS 16، MATLAB R2018b و CURVE EXPERT PROFESSIONAL انجام گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات آبدهی نسبت به زمان در شرایط آزمایشگاهی

ارتباط بین تراوش و زمان در سفال‌های با آبدهی‌های کمتر از ۰/۰۵، ۰/۰۵ تا ۰/۱، ۰/۲ تا ۰/۲۵ و بیشتر از ۰/۵ لیتر در ساعت در شرایط آزمایشگاهی تحت تأثیر دو کیفیت آب نشان داد که سفال‌های با آبدهی‌های متفاوت دارای روند یکسانی می‌باشند. به‌طوری‌که باگذشت زمان، مقدار تراوایی سفال‌ها کاهش پیداکرده است. تغییرات تراوش در استفاده از آب با شوری کم (ECw_1=۰/۸۷ dS/m) با تغییرات تراوش در استفاده از آب با شوری بالا (۳/۷۸ dS/m =ECw_2) از دو شیب متفاوت برخوردار است. این بدان معنی است که در هر دو کیفیت آب تغییرات سفال با شیب بسیار تند در ساعات اولیه و تا حدود ۲۰۰ ساعت از کارکرد سفال زیاد و رو به کاهش است که این تغییرات در استفاده از آب با شوری زیاد بیشتر از آب با شوری کم می‌باشد. سپس این تغییرات به حالت یکنواخت می‌رسند که زمان رسیدن به یکنواختی در استفاده از آب با شوری کم بیشتر از آب با شوری بالا است. نمودار تراوش سفال‌ها از زمان رسیدن آن‌ها به نقطه ماکزیمم آبدهی ترسیم‌شده است.

با توجه به اینکه آبدهی سفال‌ها در طول زمان علاوه بر اینکه تابع دما باشد، تابعی از خصوصیات سفال، خصوصیات شیمیایی آب آبیاری و گرادیان پتانسیل آب می‌باشد. با در نظر گرفتن دو سفال ۰/۲۵ لیتر در ساعت تحت دو کیفیت آب روند تغییرات آبدهی سفال‌ها در شرایط آزمایشگاهی در طول زمان مشابه با شکل ۲ کاهش می‌یابد. برای کمی سازی این تغییرات و بررسی اثرات عوامل مؤثر بر کاهش تراوش معادله ۴ به آبدهی به‌عنوان تابعی از زمان برازش داده شد:

$$s_t = s_0 - \frac{\alpha t^{\eta}}{\beta^{\eta} + t^{\eta}} \qquad (۴)$$

در این رابطه s_t و s_0 آبدهی سفال (lit/hr) در زمان ۰ و t ، t زمان (hr)، α $\left(\left(\mathrm{hr}/_{\mathrm{li}}\right)^{-\eta}\right)$، β (hr) و η پارامترهای برازشی می‌باشند. دلیل انتخاب این معادله علاوه بر برازش خوب به داده‌ها، قابلیت تعریف فیزیکی پارامترهای موجود (ازجمله s_0 و β) هست.

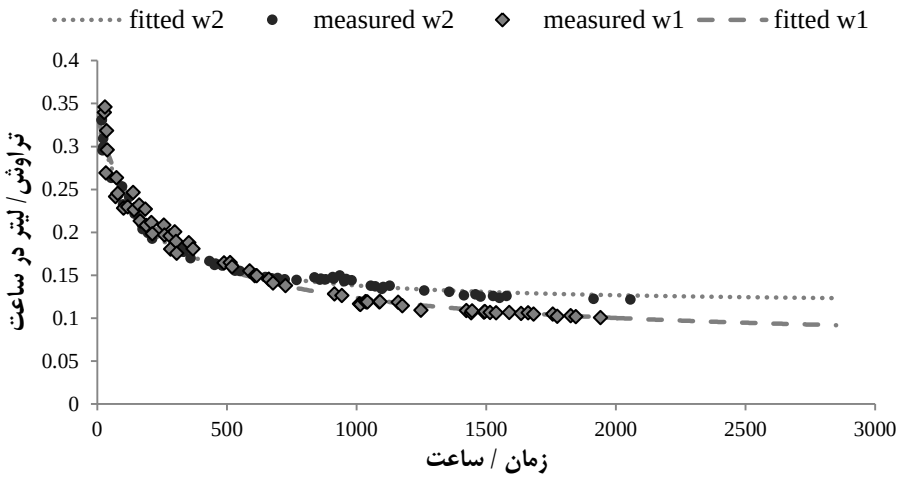
به‌عنوان‌مثال با برازش مدل (۴) با سفال‌های ۰/۲۵ و ۰/۲ لیتر در ساعت به ترتیب تحت دو کیفیت آب (ECw_1=۰/۸۷dS/m) و (ECw_2= ۳/۷۸dS/m) معادلات (۵ و ۶) روند تغییرات آبدهی آنان در طول زمان در شکل (۲) آمده است.

در نمونه آب (ECw_1=۰/۸۷ dS/m)مشاهده می‌شود که تمامی پارامترها با یکدیگر همبستگی معنی‌داری دارند. بیشترین همبستگی‌ها بین s_0 با بقیه پارامترها وجود دارد. این نشان می‌دهد که وقتی‌که آب‌شور نباشد، باوجوداینکه کاهش تراوش در سفال رخ می‌دهد، اما

www.SID.ir

Archive of SID

تراوش اولیه سفال اثر بالایی بر چگونگی روند کاهش تـراوش دارد و تراوش نهایی آزمایش ما تابعی از تراوش اولیه مـی‌باشـد. همبسـتگی منفی بین تراوش اولیه با β و η نشان‌دهنـده کـاهش اثـر زمـان‌بـر کاهش تراوایی است. به‌عبارت‌دیگر وقتی تراوش اولیه یک سفال بـالا باشد، در صورت استفاده از آب شیرین، ابتدا زمان تدریجی شدن عامل کاهش تراوش یا همان نقطه عطف، سریع‌تر اتفاق می‌افتد و در ادامـه S_t به مقدار کم‌تری در طول زمان کاهش می‌یابد.



شکل ۲- تراوش سفال‌ها طی زمان تحت دو کیفیت آب

$$S_{w1} = 0.339 - \frac{0.27t^{0.91}}{231^{0.91}t^{0.91}} \qquad R^2 = 0.973 \qquad (۵)$$

$$S_{w2} = 0.331 - \frac{0.21t^{1.11}}{142^{1.11}t^{1.11}} \qquad R^2 = 0.988 \qquad (۶)$$

در رابطه فوق وقتی $t \gg \beta$ باشد، $S_t = S_0 - \alpha$ شده و آبـدهی منطبق بر زمانی می‌گردد که تغییرات کاهش تراوش در مقابـل زمـان ناچیز می‌شود و برای سفال‌هایی با آبدهی بالا و تحت آبیاری با آب با شوری کـم صـادق اسـت. باگذشـت زمـان امـلاح محلـول در آب در روزنه‌ها رسوب نموده که این امر باعث کاهش تراوائی قطعات سـفالی می‌گردد. شدت کاهش تراوایی سفال‌ها در زمـان‌هـای مختلـف بـاهم متفاوت است. به این مفهـوم کـه شـدت کـاهش تراوایـی در ابتـدای آزمایش بالاست اما رفته‌رفته کاهش می‌یابد. در این تابع وقتی‌که جـز دوم یا همان آلفا برابر با S_0 باشد عدم تراوش حاصل‌شده است. وقتی $t \ll \beta$ باشد، $S_t = S_0 - \frac{\alpha t^{\eta}}{\beta^{\eta}}$ بوده و ضریب β نقش تعیین‌کننده در شدت کاهش آبدهی دارد، $t \ll \beta$ یعنی زمان‌هـای آغـازین آزمـایش که خط دارای شیب زیادی است؛ و هنوز کاهش تراوایی شروع نشده و یا خیلی کـم اسـت. اگـر $\beta \to \infty$؛ $S_t = S_0$ خواهـد بـود کـه بـرای سفال‌هایی با امکان کاهش تراوایی کم (آبدهی بسـیار بـالا و شـوری بسیار کم آب) این شرایط حادث می‌شود. $\beta \to \infty$ به این مفهوم است در یک سفال آبدهی به‌قدری بالاست که امکان کـاهش تراوایـی بـه صفر کاهش می‌یابد. که این فرضی است برای اثبات کارایی معادله در تمامی دامنه‌ها نه یک سفال خاص. برای یک سفال خاص ضـریب β یک مقدار عددی به دست می‌آید که نشان‌دهنده یـک خصوصـیت از سفال است. ضریبی که اگر بخواهیم از روش آماری به دست بیـاوریم کلی سعی و خطا و برازش لازم است. این ضریب نشان‌دهنـده زمـانی است که اثر فراینـدهای درگیـر در کـاهش تراوایـی تغییـر مـی‌یابنـد. وقتی‌که $t = \beta$ باشد $S_t = S_0 - \frac{\alpha}{2}$ شده و نشان‌دهنده نقطه عطـف منحنـی اسـت. بـه عبـارتی در $t = \beta$ شـیب منحنـی تغییـر کـرده و نشان‌دهنده تدریجی شدن تراوش می‌باشـد. بنـابراین پـارامتر β یـک خصوصیت از سفال در شرایط معین بوده و نشان‌دهنده زمانی می‌باشد که در آن عامل کاهش تراوش سفال و شیب‌خط عوض مـی‌شـود. در مرحلـه آزمـایش تسـت سـفال‌هـا در پـایلوت آزمایشـگاهی اثـرات خصوصیات سفال و آب آبیاری بر کـاهش تراوایـی موردبررسـی قـرار گرفت. آبدهی سفال‌ها در زمان پایان فصل رشد و اتمام آبیاری معادل ۵۰۰۰ ساعت (S_{5000}) نیز به‌عنوان یـک خصوصـیت سـفال محاسـبه گردید. همبستگی بین پارامترهای محاسبه‌شده و همچنـین S_{5000} بـا استفاده از شاخص پیرسون محاسبه شد (جدول ۶).

www.SID.ir

Archive of SID

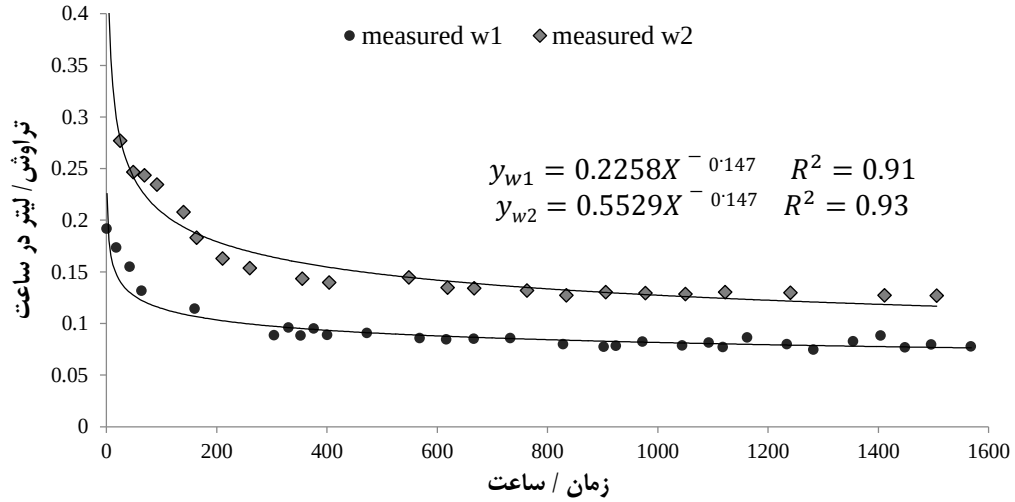
جدول ٦- همبستگی پارامترهای دو نمونه آب شور

		s_0	A	β	η	S_{5000}
آب کم شور ECw_1= ۰/۸۷ dS/m	s_0	۱	۰/۹۹۳**	-۰/۸۴۸**	-۰/۸۳۲**	۰/۹۹۲**
	α	۰/۹۹۳**	۱	-۰/۸۵۱**	-۰/۸۵۲**	۰/۹۸۳**
	β	-۰/۸۴۸**	-۰/۸۵۱**	۱	۰/۷۵۹*	-۰/۷۸۶*
	η	-۰/۸۳۲**	-۰/۸۵۲**	۰/۷۵۹*	۱	-۰/۷۴۵*
	S_{5000}	۰/۹۹۲**	۰/۹۸۳**	-۰/۷۸۶*	-۰/۷۴۵*	۱
آب‌شور ECw_2= ۳/۷۸ dS/m	s_0	۱	۰/۹۹۲**	-۰/۴۲۱	۰/۷۶۸**	۰/۴۳۴
	α	۰/۹۹۲**	۱	-۰/۴۹۵	۰/۷۶۵**	۰/۳۲۱
	β	-۰/۴۲۱	-۰/۴۹۵	۱	-۰/۳۱۷	۰/۳۹۰
	η	۰/۷۶۸**	۰/۷۶۵**	-۰/۳۱۷	۱	۰/۲۷۰
	S_{5000}	۰/۴۳۴	۰/۳۲۱	۰/۳۹۰	۰/۲۷۰	۱

حضور املاح در آب باعث ایجاد تغییراتی در روند کاهش تراوایی سفال‌ها شده است. در (ECw_2= ۳/۷۸ dS/m) باوجود کاهش همبستگی بین پارامترها، همچنان دو پارامتر α و η همبستگی معنی‌داری با تراوش اولیه دارند و S_{5000} با هیچ‌یک از پارامترهای معادله برازش یافته همبستگی ندارد. یعنی در صورت استفاده از آب باکیفیت پایین، هرچند عوامل ساخت سفال مانند تراوش اولیه می‌تواند بر کاهش تراوایی سفال مؤثر باشد، ولی این تأثیر ازنظر آماری معنی‌دار نبوده و عوامل دیگری موجب کاهش آبدهی سفال‌ها در طول زمان شده‌اند. بااین‌وجود تراوش اولیه بر شدت اثر زمان تأثیرگذار بوده است و با افزایش توان η موجب کاهش تأثیر زمان‌بر تراوش نهایی شده است. کاهش آبدهی سفال به دو بخش اثر خصوصیات سفال و اثر شوری آب آبیاری قابل‌تقسیم می‌باشد و در سفال‌هایی با آبدهی اولیه کم اثر خصوصیات سفال غالب می‌باشد.

تغییرات آبدهی نسبت به زمان در شرایط صحرائی

تغییرات آبدهی نسبت به زمان در سفال‌های با آبدهی‌های متفاوت در شرایط صحرایی تحت تأثیر دو کیفیت آب نشان داد که باگذشت زمان در هر سه بافت خاک مقدار تراوایی سفال‌ها کاهش پیداکرده و این روند کاهش همانند روند کاهش تراوش در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد. به‌عنوان نمونه نمودار و مدل رگرسیونی تغییرات آبدهی نسبت به زمان برای سفال‌های ۰/۲ و ۰/۲۵ لیتر در ساعت در خاک رس لومی برای هر دو کیفیت آب در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۳- روند تغییرات آبدهی نسبت به زمان در سفال‌های ۰/۲ و ۰/۲۵ لیتر در ساعت تحت دو کیفیت آب در خاک رسی لومی

نتایج در سفال‌های با آبدهی خیلی کم نشان داد که این سفال‌ها از مدل رگرسیونی به‌دست‌آمده از شرایط آزمایشگاهی تبعیت نمی‌کنند که احتمالاً علت آن کم بودن آبدهی سفال‌ها و تأثیر بیشتر ویژگی‌های ذاتی خاک بر روی تراوش لوله‌های سفالی می‌باشد. با

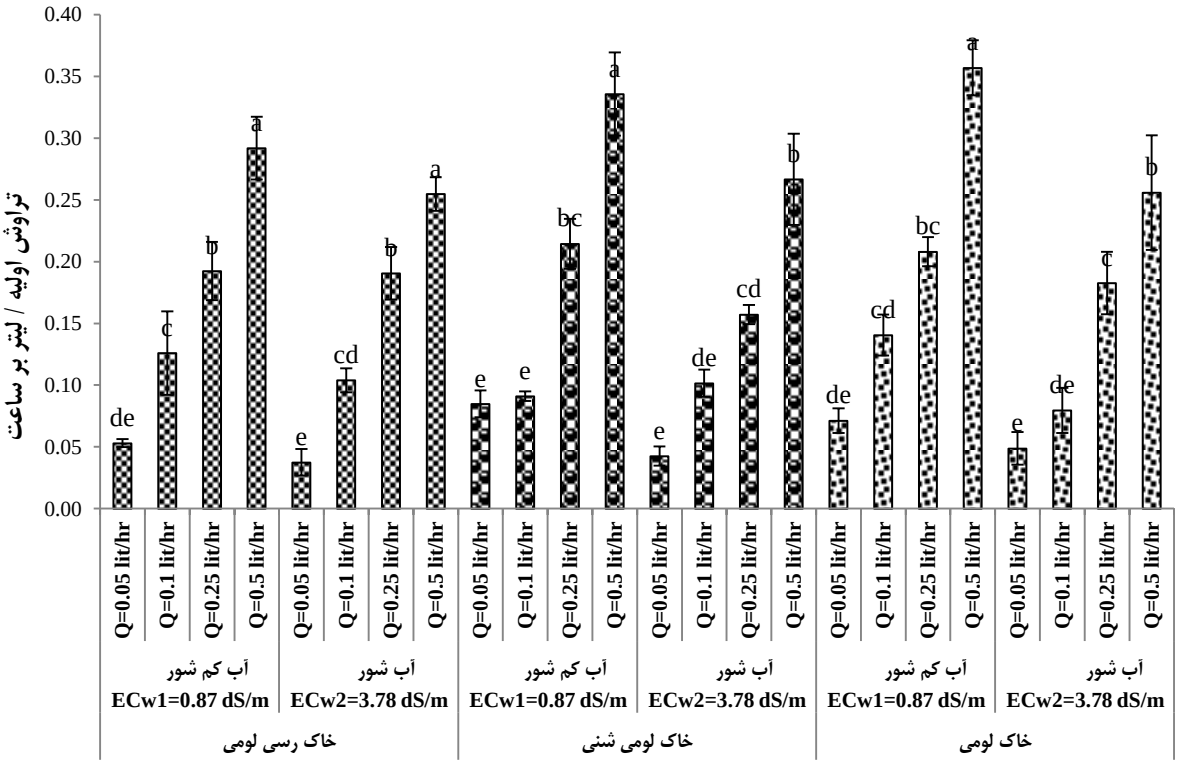
www.SID.ir

Archive of SID

توجه به شرایط متفاوت هر دو آزمایش اطلاعات به‌دست‌آمده از آزمایش صحرایی در نرم‌افزار SPSS 16 آنالیز آماری شدند.

تراوش اولیه (s_0)

ازنظر میزان تراوش اولیه نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سه تیمار بافت خاک، کیفیت آب و گروه تراوش سفال‌ها اثر متقابل معنی‌داری وجود ندارد ($P>0.05$)، بااین‌حال تنها دو فاکتور کیفیت آب و گروه تراوش سفال‌ها ازنظر میزان تراوش اولیه معنی‌دار شد. نوع بافت خاک بر میزان تراوش اولیه معنی‌دار نیست که علت آن احتمالاً به دلیل کم بودن تراوش سفال‌ها و نزدیک بودن ویژگی‌های ذاتی خاک باهم می‌باشد. همان‌طوری که از نتایج مقایسه میانگین دانکن برمی‌آید (شکل ۴)، در تمامی سطوح کیفیت آب و بافت خاک، سفال ۰/۵ لیتر در ساعت و سفال ۰/۰۵ لیتر در ساعت به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان را ازنظر تراوش اولیه به خود اختصاص داده‌اند. نکته قابل‌توجه این است که آب با شوری بالا نسبت به آب با شوری کم باعث کاهش میزان تراوش اولیه در هر سه بافت خاک شده است. نتایج هفت‌روزه وازدووان و همکاران نشان داد که با افزایش نمک در آب آبیاری مقدار آب خروجی از کوزه کاهش پیدا می‌کند (Vasudaven et al., 2011). که این نتایج با نتایج Naik et al., 2008 مطابقت دارد. وودلو بیان کرد زمانی که از آب با شوری بالا در آبیاری کوزه‌ای استفاده می‌شود لازم است که هر دو تا سه سال کوزه-ها تعویض شوند (Wodlu, 2015). این مسئله نشان می‌دهد کوزه‌ها از کارآمدی لازم در طولانی‌مدت برخوردار نیستند.



شکل ٤- مقایسه میانگین تراوش اولیه در سه فاکتور خاک، کیفیت آب و مقدار تراوش لوله‌های سفالی

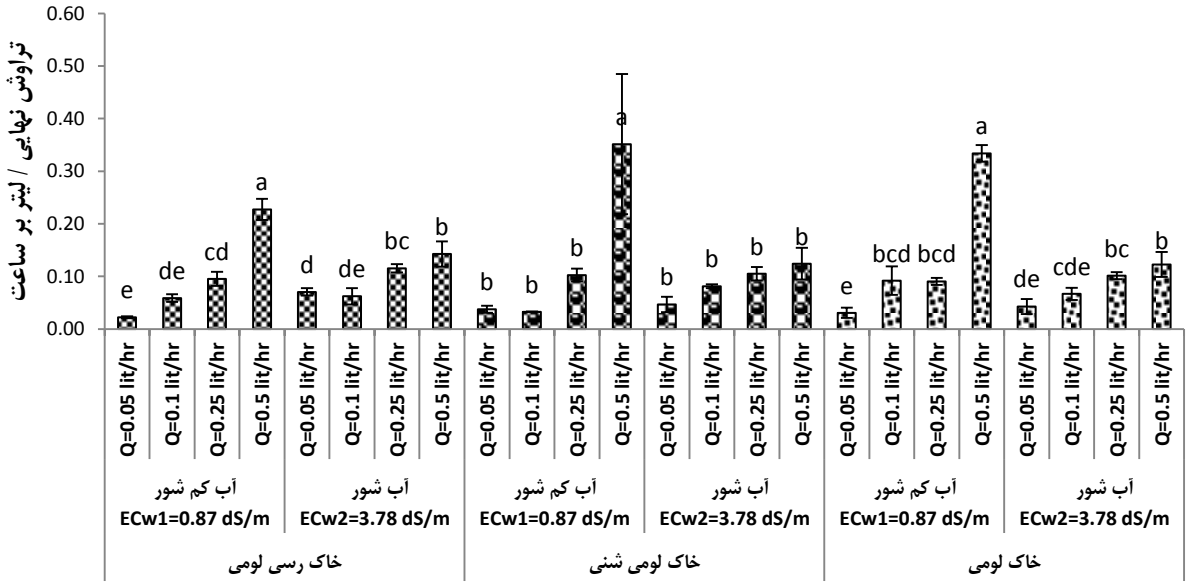
تراوش نهایی (s_f)

همانند نتایج دو فاکتور قبلی، تحلیل تجزیه واریانس سه عامل بافت خاک، کیفیت آب و گروه تراوش سفال‌ها نشان داد که ازنظر تراوش نهایی، دو تیمار کیفیت آب و سفال نسبت به تیمار بافت خاک مؤثرتر هستند، معنی‌دار نشدن اثر بافت خاک بر مقدار تراوش نهایی احتمالاً به دلیل کم بودن تراوش سفال‌ها و به‌تبع آن کم بودن هدایت هیدرولیکی سفال می‌باشد. تراوش نهایی تنها اثر متقابل کیفیت آب و گروه تراوش سفال‌ها معنی‌دار شده است. نتایج مقایسه میانگین دانکن نیز نشان داده که تراوش نهایی در سفال ۰/۵ لیتر در ساعت و در تمامی سطوح کیفیت آب و بافت خاک همواره میزان بیش‌تری را به

www.SID.ir

Archive of SID

خود اختصاص داده است (شکل ۵)، نکته قابل‌توجه این است که اختلاف تراوش نهایی سفال ۰/۵ لیتر در ساعت نسبت به سایر سفال‌های مورداستفاده در این تحقیق در دو آب‌شور و آب با شوری کم بیش‌تر است. به‌عنوان‌مثال در خاک لومی شنی، میزان کاهش تراوش نهایی سفال ۰/۵ لیتر در ساعت از آب با شوری کم به آب با شوری بالا از ۰/۳۵ به ۰/۱۹ بوده است که نتایج به‌خوبی ثابت می‌کند تنها در تیمار سفال ۰/۵ لیتر در ساعت به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای اثر کیفیت آب نمود پیدا می‌کند. وزدووان و همکاران در بررسی خود بیان کردند که دیواره‌های کوزه بخشی از نمک موجود در آب را در خود نگه می‌دارد (Vasudaven et al., 2011). این مسئله نشان می‌دهد آب خارج‌شده از سفال به خاک دارای شوری کم‌تری در مقایسه با آب درون کوزه دارد که این خود به مسئله کاهش تراوش و درنتیجه گرفتگی کوزه اشاره دارد. همچنین نتایج بررسی سیال و همکاران نشان داد که آبدهی کوزه هنگام استفاده از آب‌شور تقریباً ۱۳/۷ درصد نسبت به آبدهی کوزه در استفاده با آب شیرین کاهش نشان می‌دهد (Siyal et al., 2015).



شکل ۵- مقایسه میانگین تراوش نهایی در سه فاکتور خاک، کیفیت آب و مقدار تراوش لوله‌های سفالی

حجم آب خروجی از بدنه سفال

نتایج تجزیه واریانس اثر بافت خاک، کیفیت آب، گروه تراوش سفال‌ها و اثر متقابل آن‌ها بر روی حجم آب خروجی نشان داد که تنها اثر کیفیت آب و سفال و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بر اساس نتایج مقایسه میانگین دانکن، در تمامی تیمارهای بافت خاک همواره سفال با آبدهی ۰/۵ لیتر در ساعت بیش‌ترین میزان آب عبوری را به خود اختصاص داده است. که این میزان در آب (ECw_1=۰/۸۷ dS/m) نسبت به آب (ECw_2= ۳/۷۸dS/m) بیش‌تر است، نکته قابل‌توجه این است که میزان حجم آب خروجی از بدنه سفال در خاک لومی شنی نسبت به دو بافت رسی لومی و لومی با میزان ۱۱۶۸/۵ لیتر در ساعت، همواره در بالاترین سطح قرار دارد (شکل ۶). همچنین روند کاهشی حجم آب خروجی از سفال ۰/۵ لیتر در ساعت نسبت به سفال ۰/۰۵ لیتر در ساعت به‌خوبی در تمامی سطوح کیفیت آب و نوع بافت خاک مشخص می‌باشد.

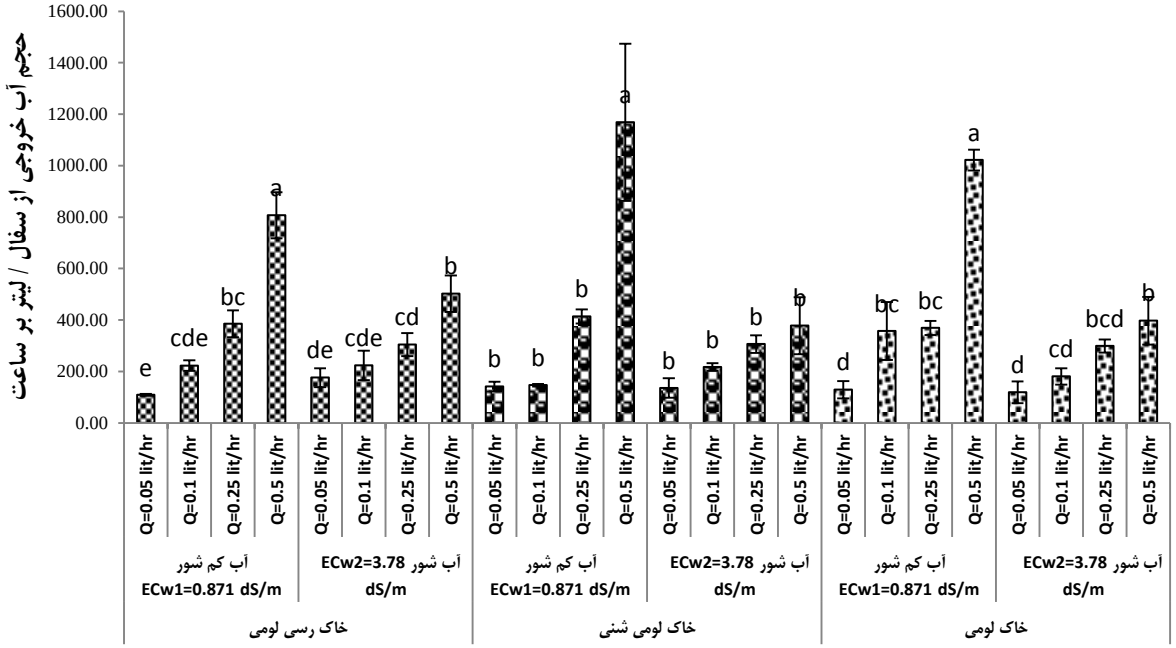
مدل‌سازی حجم آب خروجی از بدنه سفال

با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن، درجه همبستگی بین حجم آب خروجی با تراوش اولیه و تراوش نهایی در دو کیفیت آب با شوری کم و شوری بالا به‌صورت مجزا بررسی شد (جداول ۱۰ و ۱۱). بر اساس نتایج حاصله از این تحلیل، حجم آب خروجی از بدنه سفال در هر دو کیفیت آب (آب با شوری کم و شوری بالا) با فاکتورهای مذکور رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. به‌طوری‌که، بیش‌ترین و کم‌ترین همبستگی در کیفیت آب با شوری کم با میزان ۰/۹۹ و ۰/۹۵ به ترتیب بین حجم آب خروجی با تراوش نهایی و تراوش اولیه با نهایی مشاهده گردید که این شدت همبستگی

www.SID.ir

Archive of SID

در کیفیت آب‌شور بـه ترتیـب بـا میـزان ۰/۹۴ و ۰/۸۴ کـاهش‌یافتـه است.**جدول ۱۰- نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن بـین فاکتورهـای مورد اندازه‌گیری در نمونه آب** (ECw_1=۰/۸۷ dS/m)



شکل ٦- مقایسه میانگین حجم آب خروجی در بین سه فاکتور خاک، کیفیت آب و گروه تراوش سفال‌ها

	تراوش اولیه (s_0)	تراوش نهایی (s_f)	حجم آب خروجی
تراوش اولیه (s_0)	۱		
تراوش نهایی (s_f)	۰/۹۴۹**	۱	
حجم آب خروجی	۰/۹۵۶**	۰/۹۹۱**	۱

جدول ۱۱- نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن بین فاکتورهای موردانداز‌ه‌گیری در نمونه آب (ECw_2= ۳/۷۸dS/m)

	تراوش اولیه (s_0)	تراوش نهایی (s_f)	حجم آب خروجی
تراوش اولیه (s_0)	۱		
تراوش نهایی (s_f)	۰/۸۴۵**	۱	
حجم آب خروجی	۰/۸۹۵**	۰/۹۳۸**	۱

در تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر (تراوش اولیه و تراوش نهایی) بـر حجم آب خروجی از بدنه سـفال در دو کیفیـت آب بـا شـوری کـم و شوری بالا، با استفاده از تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام مشخص شـد کـه هر دو متغیر مذکور وارد معادلـه رگرسـیون شـدند (P-value=0.00). شایان‌ذکر است این عوامل به میزان ۹۷ و ۹۳ درصد از کـل تغییـرات حجم آب خروجی تحت دو کیفیت آب را توجیه می‌نماید (جدول ۱۲).

به عبارتی کل حجم آب تخلیه‌شده از سفال یک میانگین هندسی است که ۳۰ درصد آن مربوط به آبدهی اولیه و ۷۰ درصـد آن مربـوط به آبدهی نهایی است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۲- نتایج تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام حجم آب خروجی از بدنه سفال با تراوش اولیه و نهایی

ضرایب	معادلات رگرسیونی	معنی‌داری	ضریب تبیین	
UC SC	Y = -1.25 + 2502.91 Final emission + 658.64 Primary emission Y = 0.70 Final emission + 0.30 Primary emission	۰/۰۰	۰/۹۷	EC_{w_1}=۰/۸۷dS/m
UC SC	Y = -12.15 + 2349.53 Final emission + 482.31 Primary emission Y = 0.67 Final emission + 0.33 Primary emission	۰/۰۰	۰/۹۳	EC_{w_2}= ۳/۷۸dS/m

تراوش اولیه =Primary emission تراوش نهایی=Final emission حجم آب خروجی=Y

ضریب غیراستاندارد =UC = Unstandardized Coefficients

ضریب استانداردشده=SC = standardized Coefficients

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایشگاهی این تحقیق نشان داد که تمامی سفال‌های مورداستفاده در این تحقیق دارای خصوصیات فیزیکی یکسان و ویژگی‌های شیمیایی متفاوت می‌باشند. شوری باعث کاهش معنی‌دار تراوش لوله‌های سفالی شده است. تغییرات تراوش نسبت به زمان نشان داد که برای تمامی سفال‌ها از یک‌روند یکسان بر پایه مدل رگرسیونی توانی با ضریب تعیین بالا برای هر دو شرایط آزمایشگاهی و صحرایی پیروی می‌کند. روند کاهش آبدهی سفال‌ها در آب با شوری کم باگذشت زمان به شکل سریع کاهش معنی‌دار ندارد. با توجه به نتایج صحرایی می‌توان بیان نمود که شوری آب بر تراوش اولیه تأثیر داشته درحالی‌که بر تراوش نهایی سفال تأثیری ندارد؛ یعنی کاهش آبدهی ایجادشده توسط آب‌شور در خاک در همان زمان‌های اولیه رخ می‌دهد و باگذشت زمان اثر آن معنی‌دار نیست که احتمالاً دلیل آن به علت خروج مداوم آب از سفال می‌باشد. همچنین بیشترین حجم آب خروجی از بدنه سفال، تراوش اولیه در هر سه بافت خاک مربوط به سفال ۰/۵ لیتر در ساعت می‌باشد که این مقدار در آب با شوری کم بیشتر از آب با شوری بالا می‌باشد. نتایج آزمایشگاهی و صحرایی نشان داد که چه در شرایط آزاد و چه در شرایط صحرایی کاهش تراوش در قطعات سفالی انجام پذیرفته است و این قطعات سفالی پایداری لازم برای تأمین نیاز آبیاری گیاهان در درازمدت را ندارند که این نتایج با نتایج (Bhatt and Gatesaniya, 2017; Pachpor et al., 2018) که بیان داشتندکه از سیستم آبیاری زیرسطحی سفالی می‌توان به مدت سه الی ۴ سال استفاده نمود مطابقت ندارد. در نهایت می توان چنین عنوان نمود که با ایجاد شرایط جدید در هر یک از پارامترهای دخیل در آبیاری زیر سطحی سفالی از جمله میزان تخلخل و تراوئی، کیفیت آب آبیاری بالاخص توجه به مساله سختی آب که در این تحقیق نشان داد که سختی عامل موثرتری نسبت به شوری در کاهش تراوایی سفال می‌باشد می‌توان با اعمال مدیریت صحیح از آبیاری سفالی در یک دوره کوتاه مدت استفاده نمود؛ و این نکته را توجه داشت که با کاربرد چنین گسیلنده‌هائی، نمی‌توان انتظار یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه یا باغ را داشت.

منابع

Al-Amireh, M. 2006. Improving the physical and thermal properties of the fire clay refractory bricks produced from Bauxite. Journal of Applied Sciences. 6(12): 2605-2610.

Bahrami, H.A., Ghorbani Vaghei, H., Alizadeh, P., Nasiri, F., and Mahallati, Z. 2010. Fuzzy modeling of soil water distribution using buried porous clay capsule irrigation from a subsurface point source. Journal of Sensor Letters. 8:75-80.

Bhatt Neelkanth, J., and Gatesaniya R. 2017. Experimental investigations on localized porous clay pipe irrigation technique for sustainable agriculture: A new paradigm for soil and water management in rainfed areas. International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD) 4(9):122-127.

Cultrone, G., Sebastian, E., Elert, K., Josede la Torre M., Cazalla O., and Rodriguez–Navarro, C. 2004. Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks. Journal of the European Ceramic Society 24: 547–564.

Freyburg, S. and Schwarz, A. 2007. Influence of the clay type on the pore structure of structural ceramics. Journal of the European Ceramic Society 27:1727–1733.

Igbadun Henry, E., and Japheth Barnabas. 2013. Hydraulic characteristics of porous clay pipes for subsurface irrigation. The pacific journal of Science and Technology. 14(1): 40-47.

Liang H. Zouxin L. Qiaosheng S. and Guanghua Y. 2009. Effects of operating pressure on the discharge characteristics of porous pipes as micro-irrigation laterals. Transactions of the CSAE 25 (2) 1-5.

www.SID.ir

Archive of SID

Science International (Lahore). 28(2): 1299-1304.

Siyal. A.A., Soomro, Sh.A., and Siyal, A. Gh. 2015. Performance of pitcher irrigation with saline water under high evapotranspiration rates. Journal of Chinese Soil and Water Conservation. 46(1): 61-69.

Vasudaven, Bhumija Kaphaliya, R K Srivastava, Mamta Tandon, S N Singh and P K sen. 2011. Buried clay pot irrigation using saline water. Journal of Scientific & Industrial Research. 70: 653-655.

Woldu, Z. 2015. Clay Pot Pitcher Irrigation: A Sustainable and socially inclusive option for homestead fruit production under dryland environments in Ethiopia (A partial review). Journal of Biology, Agriculture and Healthcare. 5(21):157-167.

Naik, B.S., R.K. Panda, S.C. Nayak, and S.D. Sharma. 2008. Hydraulics and salinity profile of pitcher irrigation in saline water condition. Agricultural Water Management. 95: 1129-1134.

Pachpor, V., Minde, A., Shaikh, A., Bhosale, A., 2018. Experimental assessment of sub surface irrigation on parched territories by using clay porous pipe in a model. International Journal of Engineering Science and Computing, (IJESC). 8(6):17953-17959.

Qiaosheng, S., Zuoxin, L., Zhenying, W., Haijun, L., 2007. Simulation of the soil wetting shape under porous pipe sub-irrigation using dimension alanalysis. Irrigation and Drainage 56:389–398.

Siyal, A.A., Siyal, A.G., Siyal, P., Solangi, M and Khatri, I. 2016. Pitcher irrigation: Effect of pitcher wall properties on the size of soil wetting front.

www.SID.ir

Archive of SID
Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 14, Oct.-Nov. 2020, p. 1487-1498

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۴، مهر - آبان ۱۳۹۹، ص. ۱۴۹۸-۱۴۸۷

The Study of Permeablty of SUB-Surface Irrigation Porous Clay Pipes Under Warer Quality and Soil Texture Point Source

Gh. Vafaei[1], H. Babazadeh[2*], Sh. Ashrafi[3], E. Pazira[3]
Recived: May.21, 2020 Accepted: Jun.07, 2020

Abstract

.Due to the ambiguous dimensions of clay pipe sub-surface irrigation in different soil texture a two-year study was conducted aimed to investigate the effect of two water qualities with electrical conductivity of 0.87 and 3.78 dS/m on emission of clay pipes respectively, under laboratory and field conditions with three types of clay loam, sandy loam and loamy texture at two meters hydrostatic pressure. The laboratory results of emission measurements resulted in a multivariate model for predicting long-term final pipe emission. Also, water salinity significantly changed the parameters of the equation, hence confirming the effect of salinity on pipe emission reduced. The significant point in this study is the significant reduction in initial emission in saline water use compared to low salinity water. On the other hand, a mathematical regression relationship was found with high correlation for total water volume. The study of emission of clay pipes in laboratory and field showed the susceptibility of these pipes to reduced emission even in low salinity water use, even showed that the amount of pipes in the long run will be significantly reduced, which should be replaced according to the salinity of water, irrigation and soil type.

Keywords: Subsurface irrigation, Salin water, Pipe performance, Model prediction

1- Department of Soil Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Department of Soil Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: h_babazadeh@hotmail.com)

www.SID.ir