

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تأثیر فشار هیدرواستاتیک بر گرفتگی گسیلنده‌های سفالی در آبیاری زیرسطحی

شهرام اشرفی^{۱*}، الهه کنعانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۸

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر فشار هیدرواستاتیک بر گرفتگی گسیلنده‌های سفالی تولید شده توسط موسسه آب و توسعه پایدار فلات در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج مورد بررسی قرار گرفت. گسیلنده‌های مذکور برای آبیاری زیرسطحی درختان پسته به صورت خطی پیشنهاد شده است. طول هر یک از قطعات یا گسیلنده‌های مورد آزمون به‌طور تقریبی ۳۰ سانتی‌متر، قطر داخلی ۱/۵، قطر خارجی ۲/۵ و ضخامت دیواره ۰/۵ سانتی‌متر بود. برای بررسی روند کاهش تراوایی در درازمدت و اثر فشار هیدرواستاتیک بر روی مقدار تراوایی، سه دسته ۷ تایی گسیلنده انتخاب و به مدت ۴۲ روز متوالی آزمون انجام پذیرفت. فشارهای هیدرواستاتیک اعمال شده در سیستم ۰/۵، ۱ و ۲ متر بودند. نتایج نشان داد که مقدار تراوش از گسیلنده‌های سفالی در کلیه فشارهای هیدرواستاتیک به دلیل کاهش مشارکت خلل و فرج موجود در بدنه گسیلنده در امر انتقال آب، به مرور زمان کاهش یافت. اندازه‌گیری تراوش از گسیلنده‌های سفالی به مدت ۱۰۰۰ ساعت نشان داد که با عبور آب از تخلخل موجود در بدنه این نوع گسیلنده‌ها، املاح محلول در آب به مرور زمان در محیط متخلخل بدنه سفال رسوب کرد و باعث گرفتگی شد. با توجه به همبستگی بسیار خوب بین خط برازش داده شده به نقاط اندازه‌گیری شده در فشارهای هیدرواستاتیک ۰/۵ و ۲ متر، کلیه تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در زمینه گرفتگی، با استفاده از داده‌های برداشت شده از فشارهای هیدرواستاتیک ۰/۵ و ۲ متر انجام پذیرفت. مقادیر اندازه‌گیری شده گرفتگی گسیلنده‌های سفالی پس از ۱۰۰۰ ساعت آزمون در فشارهای هیدرواستاتیک ۰/۵ و ۲ متر به ترتیب ۳۸/۹ و ۸۰/۳ درصد بود و به‌صورت لگاریتمی افزایش یافت. نتایج نشان دادند که برای تراوش حجم مشخصی از آب از بدنه گسیلنده سفالی، هر چه فشار هیدرواستاتیک در سیستم بیشتر باشد، میزان گرفتگی گسیلنده بیشتر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری زیرسطحی، تراوش، فشار هیدرواستاتیک، گرفتگی، گسیلنده، لوله‌های رسی متخلخل

مقدمه

افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی شود از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد و منجر به ثبات و پایداری نسبی در سیستم می‌گردد. در این راستا، تعیین دقیق مقدار آب مورد نیاز و انتخاب روش‌های توسعه یافته‌تر آبیاری مبتنی بر حداقل تلفات آبیاری، مبنای قابل قبولی برای دستیابی به این هدف است (Marino et al., 2017; Liu et al., 2014). از کل منابع آب قابل استحصال در جهان، ۷۰ درصد اختصاص به آب با کیفیت خوب دارد که این امر استفاده از روش‌های آبیاری کارآمد مانند آبیاری میکرو را ضروری می‌سازد (Kanda et al., 2018). در سال‌های اخیر سیستم‌های آبیاری با تکنولوژی بالا به‌طور فزاینده‌ای به‌منظور کاهش مصرف آب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اگرچه روش‌های آبیاری مدرن از جمله سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی ممکن است باعث افزایش راندمان کاربرد و بهره‌وری آب شود، برخی از عوامل فنی، اقتصادی و فرهنگی و اجتماعی مانع از فراگیر شدن این فن‌آوری می‌شوند (Bhatt et al., 2013; Siyal et al., 2015). سیستم آبیاری

موضوع کمیت و کیفیت آب و تامین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی از مهم‌ترین مسائل کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به شمار می‌رود. در حال حاضر رقابت برای استفاده بیشتر از آب در بین بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و محیط زیست در حال افزایش است و در آینده نیز افزایش می‌یابد. در کشور ایران، مانند سایر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، افزایش تقاضا برای مصرف در بخش کشاورزی منجر به نزول سطح ایستابی در منابع زیرزمینی آب شده است. در این شرایط کاربرد روش‌ها و تکنیک‌هایی که باعث

۱- استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی و کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌الملل امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

(Email: shah1343@yahoo.com)

*- نویسنده مسئول:

جمله تحقیقات انجام شده در زمینه آبیاری سفالی میتوان به تحقیق سیال و همکاران اشاره کرد که به بررسی شبیه‌سازی تجمع نمک در سیستم آبیاری زیرسطحی با استفاده از گسیلنده‌های سفالی، نصب‌شده در عمق ۳۰ سانتی‌متری، در طول فصل رشد بامیه (Abelmoschus esculentus) و کاربرد آب با شوری ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از مدل HYDRUS-2D پرداختند. نتایج نشان داد که میزان شوری در اطراف لوله‌ها نسبتاً کم بود، اما با دور شدن از لوله‌ها افزایش یافت. سطوح شوری خاک اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده به‌ویژه بالاتر از لوله‌های رسی، بیشتر بود. همچنین این محققان نشان دادند که مدیریت صحیح انباشت نمک برای تولید پایدار محصول در زمانی که سیستم‌های آبیاری زیرسطحی اجرا می‌شوند حیاتی است (Siyal et al., 2013). در تحقیق دیگری به بررسی بافت خاک بر ویژگی‌های تراوش لوله رسی متخلخل مورد استفاده برای آبیاری زیرسطحی پرداخته شد. نتایج نشان داد که میزان تراوش از لوله به‌طور خطی با بار هیدرولیکی اعمال شده در محیط باز افزایش می‌یابد و با تعیبه لوله در خاک، میزان تراوش تابعی از بافت خاک و بار هیدرولیک اعمال شده بود. همچنین نتایج نشان داد که برای یک بافت خاک مشخص، با افزایش بار هیدرولیکی اعمال شده در لوله، میزان رطوبت در مجاورت لوله بیشتر شد و اثر نیروهای موئینگی بر میزان تراوش از لوله کاهش یافت. همچنین نتایج حاکی از آن بود که در شرایط اشباع در مجاورت لوله، تأثیر نیروهای موئینگی در حوزه جریان بر میزان تراوش لوله ناچیز بود (Das Gupta et al., 2009). اشرفی و همکاران در تحقیقی به توسعه یک مدل کامپیوتری به‌منظور شبیه‌سازی نفوذ از لوله رسی متخلخل و پیش‌بینی هندسه ناحیه خیس شده در خاک پرداختند. آزمایش‌های آزمایشگاهی بر روی دو بافت مختلف خاک انجام شد. نتایج نشان داد که در یک بافت خاک معین، عمق نصب لوله و حجم آب اعمال شده در خاک، از عوامل اصلی مؤثر بر منطقه خیس شده بودند. همچنین با استفاده از مدل توسعه‌یافته روابط بین پارامترهای مختلف، یعنی فاصله جانبی، عمق نصب، زمان اجرای آبیاری، هدایت هیدرولیکی بدنه لوله و بار هیدرولیکی در سیستم، برقرار شد (Ashrafi et al., 2002). سیال و اسکگرز به ارزیابی فنی-هیدرولیکی سیستم آبیاری سفالی در پاکستان پرداختند. آنها روی کوزه‌هایی با حجم ۱۱، ۱۵ و ۲۰ لیتر تحقیق نمودند نتایج تحقیق آنان نشانگر آن بود که کوزه‌های کوچک در مقایسه با کوزه‌های بزرگ، با دارا بودن نصف اندازه، هدایت هیدرولیکی دو برابر و جبهه رطوبتی تقریباً یکسان دارند. همچنین، نتایج شبیه‌سازی برای کوزه‌های بزرگ نشان داد که پخش افقی رطوبت در خاک‌های ریزبافت، بیشتر از خاک‌های درشت‌بافت است (Siyal and Skaggs, 2009). در تحقیق دیگری گزارش شد که میزان تراوش قطعات سفالی در فشار هیدروستاتیکی ثابت تحت تأثیر میزان رطوبت خاک تغییر می‌کند، به‌طوری‌که میزان تراوش قطعات سفالی در هوا بیشتر از

زیرسطحی در اشکال مختلف به‌صورت کوزه یا گلدان از زمان‌های قدیم (Bhatt et al., 2013; Siyal et al. 2015) و یا به‌صورت لوله-های سفالی متخلخل اجرا شده است (Siyal et al. 2011; Kanani et al., 2022)، که کارایی بسیار خوبی را در مناطق خشک و نیمه-خشک از خود نشان داده است (Tsfaye et al. 2012, Siyal et al. 2014, Vasudevan et al. 2013). استفاده از این گسیلنده در امر آبیاری زیرسطحی باعث استفاده بهینه از آب برای تولید محصولات کشاورزی شده است. از آنجایی که در این سیستم هیچ‌گونه رطوبتی در سطح خاک وجود ندارد، از این‌رو می‌توان مشکل مدیریت علف‌های هرز و توزیع نامناسب نمک در خاک را نیز حل کرد. مدیریت این روش آبیاری بسیار آسان است زیرا نیازی به کار با تکنولوژی بالا نیست و سازگاری با محیط زیست دارد. تمامی گیاهان ریشه فیبری مانند سبزیجات ریشه فیبری را می‌توان با این روش کشت کرد و عملکرد و کیفیت خوبی خواهند داشت (Bhople et al., 2014). پیشرفت در این روش آبیاری؛ به دانش توزیع آب در خاک و سایر پارامترها از جمله گرفتگی گسیلنده‌ها، ضریب یکنواختی، پیش‌بینی حرکت و تجمع نمک در پروفیل خاک و غیره بستگی دارد. برای طراحی و مدیریت سیستم، شناخت روابط بین پارامترهای هیدرولیکی و فیزیکی بسیار مهم است. قربانی واقعی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که کارایی مصرف آب در روش آبیاری کپسول‌های رسی متخلخل زیرسطحی بیشتر از روش قطره‌ای سطحی بود و کپسول رسی متخلخل زیرسطحی توانایی تأمین نیاز آبی گیاه انگور را دارد و چون بخش غالب باغ انگور کشور به روش سنتی اداره و آبیاری می‌شود، توسعه این روش علاوه بر افزایش راندمان آبیاری، مقدمات ذخیره آب را فراهم خواهد کرد. همچنین در تحقیق دیگری قربانی واقعی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در تحقیقی شعاع و عمق پیماز رطوبتی خاک در بافت لوم رسی، بعد از ۲۴ ساعت آبیاری زیرسطحی از منبع تغذیه نقطه‌ای در دو نوع کپسول رسی GBN (قطر ۳/۵ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر) و GN (قطر ۳/۵ و ارتفاع ۳/۵ سانتی‌متر) به روش آنالیز ابعادی با تئوری باکینگهام شبیه‌سازی کردند. این محققان گزارش کردند که آنالیز ابعادی در هر دو نوع کپسول رسی توانسته است شعاع و عمق خیسیدگی را با دقت خوبی برآورد کند. همچنین نتایج نشان داد که قطعات GN در فشار هیدروستاتیک ۱۰۰ کیلو پاسکال قادر به تولید شعاع و عمق خیسیدگی مشابه قطعات GBN تا فشار هیدروستاتیک ۵۰ کیلو پاسکال هستند نتایج حاکی از تأثیرپذیری حجم آب مصرفی، شعاع و عمق خیسیدگی متناسب با تغییر فشار هیدروستاتیک در کپسول‌های رسی است و با افزایش فشار هیدروستاتیک بر مقادیر آن‌ها افزوده شد. همچنین نتایج حاصل از دیگر تحقیقات این محققان (۱۴۰۰) نشان داد که تأمین رطوبت برای گیاه پرتقال به روش کپسول رسی متخلخل نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی با ۲۲ درصد کاهش مصرف آب همراه بوده است. از

آب و توسعه پایدار فلات مورد ارزیابی قرار گرفتند. طول هر یک از قطعات یا گسیلنده‌های سفالی مورد آزمون به طور تقریبی ۳۰ سانتی-متر، قطر داخلی ۱/۵، قطر خارجی ۲/۵ و ضخامت دیواره ۰/۵ سانتی-متر می‌باشد (شکل ۱). برای ارزیابی قطعات سفالی، به تعداد ۴۰۰ قطعه سفال بصورت تصادفی (Random) از قطعات تولید شده، انتخاب و به آزمایشگاه هیدرولیک موسسه تحقیقات فنی و مهندسی انتقال داده شد. قطعات مذکور از شماره ۱ الی ۴۰۰ شماره گذاری شد و برای انجام هر مرحله از آزمایش، به تعداد مورد نیاز از بین آنها بصورت تصادفی انتخاب گردید. قبل از شروع هر یک از آزمایش‌ها، به مدت ۲۴ الی ۴۸ ساعت قطعات انتخابی را در آب مستغرق نموده تا کاملاً به اشباع برسند.

در این تحقیق از آب چاه مورد استفاده برای آبیاری فضای سبز ستاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در شهر کرج استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی آب موردنظر در جدول ۱ ارائه شده است.

خاک و آب است (Vasudevan et al., 2011). بر اساس مطالعات داخلی و خارجی صورت گرفته مشاهده می‌شود که در زمینه ارزیابی گسیلنده‌های سفالی مورد استفاده در سیستم آبیاری زیرسطحی بررسی‌های محدودی صورت گرفته است، لذا قبل از ترویج این روش آبیاری و استفاده از گسیلنده‌های سفالی برای استفاده در آبیاری زیرسطحی در سطح وسیع، نیاز به بررسی فنی و هیدرولیکی گسیلنده‌های سفالی می‌باشد زیرا بدون شناخت از رفتار هیدرولیکی و ترویج گسیلنده‌های مذکور، کشاورزان متحمل صدمات جبران‌ناپذیر اقتصادی خواهند شد. از طرف دیگر باید توجه داشت که همانند هر روش دیگر آبیاری، استفاده از گسیلنده‌های سفالی متخلخل به‌عنوان وسیله‌ای برای آبیاری زیرسطحی، نیاز به دستورالعمل‌ها و معیارهای طراحی برای مدیریت بهتر سیستم دارد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر فشار هیدرواستاتیک در سیستم بر گرفتگی گسیلنده‌های سفالی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر گسیلنده‌های سفالی تولیدشده توسط موسسه



شکل ۱- نمایی از دو قطعه گسیلنده سفالی که توسط یک لوله پلی اتیلن به قطر ۱۶ میلی‌متر به هم متصل شده‌اند

جدول ۱- تجزیه نمونه آب مورد استفاده برای آزمون تراوایی در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی در کرج

مشخصات نمونه	EC (دسی-زیمنس بر متر)	pH	آن‌یون‌ها (میلی‌اکی‌والانت گرم بر لیتر)				جمع آن‌یون‌ها (میلی‌اکی‌والانت گرم بر لیتر)	کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والانت گرم بر لیتر)				جمع کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والانت گرم بر لیتر)
			CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻¹	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²		Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	
آب کرج	۰/۸۳۱	۷/۱۲	-	۳/۸	۴/۲	۱/۸۰	۷/۷	۱/۹۵	۴/۹۵	۰/۸	-	۸/۰۰

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$q_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (3)$$

انحراف معیار و تراوش گروه‌های سفال در یک فشار هیدرواستاتیک مشخص با استفاده از روابط ۱ تا ۳ محاسبه گردید:

$$C_v = \frac{S_d}{q_a} \times 100 \quad (1)$$

که در این روابط:

C_v : ضریب تغییرات ساخت (درصد)، S_d : انحراف معیار برآورد شده از سفال‌های آزمایش شده $(L/hr/m)$ ، q_i : میزان آبدهی هر سفال $(L/hr/m)$ ، q_a : میانگین آبدهی سفال‌های آزمایش شده $(L/hr/m)$ ، n : تعداد سفال‌های مورد آزمایش.

برای اندازه‌گیری مقدار تراوش از قطعات سفالی، از دستگاه ساخته شده در مؤسسه فنی و مهندسی (اشرفی، ۱۳۹۹) استفاده شد (شکل ۲). کلیه اندازه‌گیری‌ها در دمای ۲۰ الی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کیفیت آب ۰/۸۳ دسی‌زیمنس بر متر انجام پذیرفت. قطعات سفالی در داخل یک محفظه ایزوله شده به یک لوله تغذیه کننده افقی متصل می‌باشند و لوله مذکور متصل به یک مخزن هوایی می‌باشد. مخزن

هوایی نیز بر روی یک ریل عمودی قرار دارد که برای هر فشار هیدرواستاتیک قابل تنظیم می‌باشد. در داخل محفظه ایزوله شده، در زیر هر قطعه سفالی یک قیف جمع کننده قرار دارد و آب تراوش شده از هر قطعه سفالی به داخل یک قیف ریزش می‌کند. در قسمت پائین دستگاه و خارج از محفظه ایزوله شده، یک سینی متحرک وجود دارد که آب تراوش شده از هر قطعه سفال به داخل قیف و از آنجا به یک لیوان جمع کننده در زیر هر قیف ریزش می‌کند. لیوان جمع کننده بر روی سینی متحرک قرار دارد. در پایان هر مرحله از اندازه‌گیری، سینی متحرک به سمت بیرون کشیده می‌شود و مقدار آب جمع شده در هر لیوان وزن می‌گردد (اشرفی، ۱۳۹۹).



شکل ۲- نمای کلی دستگاه ۲۰ واحد در حال اندازه‌گیری تراوش گسیلنده‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک مؤسسه فنی و مهندسی

از طرف دیگر، حجم آب عبور کرده از بدنه یک قطعه سفال رابطه مستقیم با فشار هیدرواستاتیک و زمان عبور آب از بدنه سفال در داخل سیستم دارد (رابطه ۵):

$$V = f(t, h) \quad (5)$$

لذا بر اساس روابط ۴ و ۵، گرفتگی در گسیلنده‌های سفالی باید تابعی از فشار هیدرواستاتیک در سیستم باشد؛ بنابراین می‌توان تابع گرفتگی را به شکل رابطه ۶ تعریف نمود (اشرفی، ۱۳۹۸).

$$C \log ging = f(t, h) \quad (6)$$

که در روابط ۴، ۵ و ۶:

Clogging: گرفتگی بدنه سفال، v : حجم آب عبوری از گسیلنده، h : فشار هیدرواستاتیک در سیستم، t : زمان عبور آب از بدنه گسیلنده.

پیش‌بینی می‌شود که روند گرفتگی گسیلنده‌ها در فشارهای هیدرواستاتیک مختلف، با یکدیگر تفاوت داشته باشند. نتیجه حاصل از آزمایش اولیه در ارتباط با مقادیر تراوش در فشار هیدرواستاتیک ۲ متر بر روی ۱۰ قطعه سفال در مدت ۳۰ روز نشان داد که مقدار

برای بررسی اولیه موضوع گرفتگی، آزمایش را با فشار هیدرواستاتیک ثابت ۲ متر بر روی ۱۰ قطعه گسیلنده سفالی شروع و به مدت ۳۰ روز ادامه داشت و تغییرات تراوش و گرفتگی آن‌ها مشخص گردید. در مرحله دوم برای بررسی اثر فشار هیدرواستاتیک بر روی گرفتگی، گسیلنده‌ها تحت فشارهای هیدرواستاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر تحت شرایط درجه حرارت یکسان مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور سه دسته، هر دسته شامل ۷ عدد گسیلنده بصورت تصادفی انتخاب و به‌طور هم‌زمان در طول ۴۲ روز (۱۰۰۰ ساعت) روند گرفتگی^۱ مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است با توجه به تجربیات به‌دست آمده از انجام پروژه‌های متعدد تحقیقاتی بر روی گسیلنده‌های سفالی، گرفتگی گسیلنده سفالی تابعی از حجم آب عبور کرده از قطعه سفال دارد (اشرفی، ۱۳۹۸). لذا ارتباط بین حجم آب عبور کرده از بدنه سفال و گرفتگی به صورت رابطه ۴ تعریف می‌گردد.

$$C \log ging = f(v) \quad (4)$$

نتایج و بحث

گرفتگی گسیلنده در فشارهای هیدرو استاتیک مختلف

برای بررسی روند تغییرات تراوش، ابتدا سه گسیلنده به صورت تصادفی (random)، به شماره‌های ۴۱، ۱۲۸ و ۱۶۹ از بین قطعات سفالی انتخاب و در فشارهای هیدرواستاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر به مدت ۵ روز مورد آزمون قرار گرفت. در این آزمون گسیلنده شماره ۱۶۹ در فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر، گسیلنده شماره ۱۲۸ در فشار هیدرو استاتیک ۱ متر و گسیلنده شماره ۴۱ در فشار هیدرو استاتیک ۲ متر مورد آزمون قرار گرفته است. همان‌طور که در شکل (۳) ملاحظه می‌گردد، روند تغییرات آبدهی گسیلنده‌های مورد آزمون در این تحقیق متشکل از دو ناحیه کاملاً متفاوت می‌باشد. در ناحیه اول، آبدهی یا تراوش از بدنه گسیلنده روند صعودی دارد و در ناحیه دوم، آبدهی روند نزولی دارد و تا انتهای آزمایش این روند ادامه می‌یابد. در ناحیه اول، آبدهی سفال از یک مقدار کم شروع و در نهایت پس از گذشت مدت زمانی، به حداکثر مقدار خود می‌رسد. تغییرات صعودی تراوش در این ناحیه نشان می‌دهد که علی‌رغم به اشباع رساندن قطعات سفالی قبل از شروع آزمایش، مقادیر زیادی از خلل و فرج موجود در بدنه سفال به علت گیر افتادن هوا در داخل آنها، به اشباع نرسیده است. با شروع آزمایش، بواسطه وجود فشار هیدرواستاتیک در سیستم، هوای موجود در خلل و فرج‌های مذکور به تدریج تخلیه شده و جریان آب در داخل آنها شروع می‌گردد. پس از گذشت مدت زمانی، بدنه سفال کاملاً به اشباع می‌رسد و آب در داخل آنها به جریان می‌افتد. در این شرایط قطعه سفال حداکثر تراوش را خواهد داشت. لذا برای تجزیه و تحلیل تغییرات آبدهی گسیلنده، این نقطه را به‌عنوان زمان شروع کارکرد واقعی در نظر گرفته و کلیه تغییرات آبدهی در زمان‌های مختلف با مقدار آبدهی در نقطه حداکثر مقایسه شد.

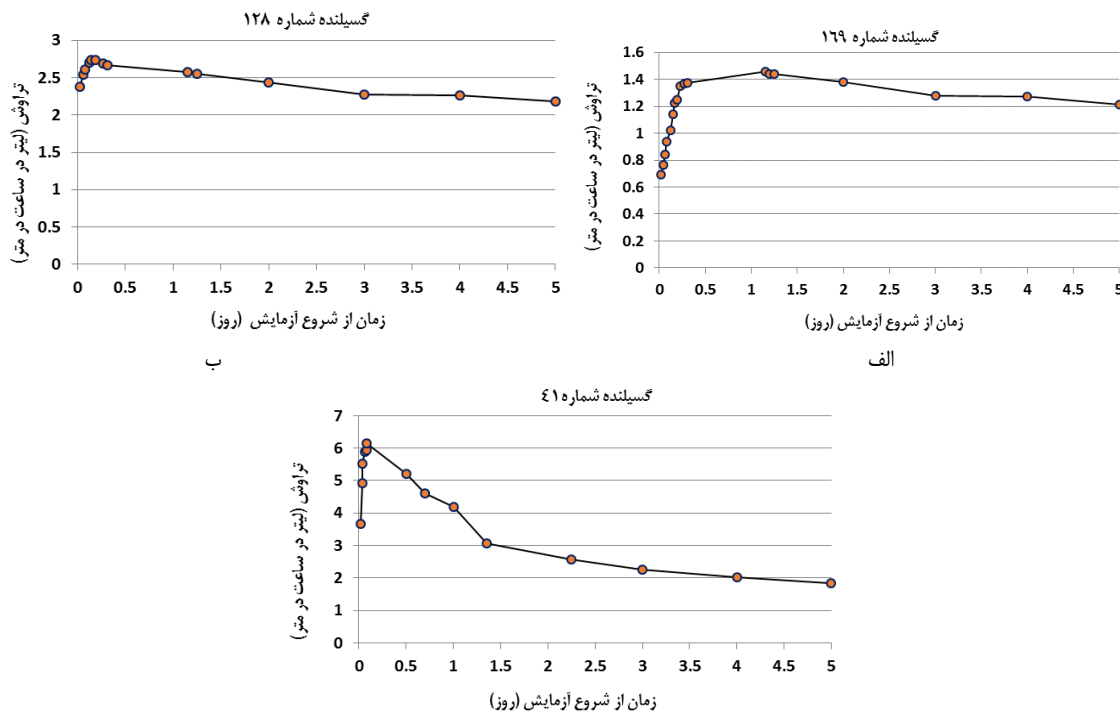
تجزیه و تحلیل‌های ارائه شده در تحقیق حاضر بر روی سه آبدهی شامل آبدهی در زمان شروع آزمایش، آبدهی در زمانی که گسیلنده کاملاً به اشباع رسیده و کلیه خلل و فرج‌ها در امر آب‌گذری دخالت دارند (آبدهی حداکثری یا آبدهی شاخص) و آبدهی در زمان پایان آزمایش انجام شد. با توجه به اینکه در زمان حداکثر آبدهی، کلیه خلل و فرج‌ها در جریان آب از بدنه گسیلنده دخالت دارند، بنابراین حداکثر آبدهی به‌عنوان شاخصی برای بررسی تغییرات آبدهی در زمان‌های بعدی انتخاب شد. به همین دلیل در بررسی‌های آتی، زمان وقوع حداکثر آبدهی به‌عنوان زمان صفر در نظر گرفته شده و زمان‌های بعد نیز بر اساس آن تصحیح شده‌اند. برای بررسی موضوع کاهش آبدهی در درازمدت، اولین آزمایش بر روی ۱۰ عدد گسیلنده (گسیلنده‌های شماره ۲۰۱ الی ۲۱۰) انتخاب و به مدت ۳۰ روز، آزمون در فشار هیدرو استاتیک ۲ متر ادامه یافت (شکل ۴-الف). همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، با گذشت زمان مقدار تراوش از بدنه

تراوش از هر قطعه سفال با زمان کاهش می‌یابد. لذا برای بررسی اثر فشارهای هیدرواستاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر بر روی گرفتگی، زمان مورد آزمون ۴۲ روز (تقریباً ۱۰۰۰ ساعت) در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها از اوایل فصل بهار آغاز و تا اواسط فصل بهار ادامه یافت. لازم به توضیح است که تغییرات درجه حرارت در سیستم اثر مستقیم بر روی میزان تراوش از هر قطعه سفال دارد. با توجه به اینکه آزمایش در فشارهای هیدرو استاتیک متفاوت و در شرایط کاملاً یکسان آزمایشگاهی (درجه حرارت و کیفیت شیمیایی آب یکسان) انجام پذیرفت، لذا با کاربرد حجم مشخصی از آب، درصد گرفتگی هر گروه از گسیلنده‌ها در هریک از فشارهای هیدرو استاتیک تعیین و زمان یا طول عمر مفید در هر یک از فشارهای هیدرو استاتیک مشخص گردید. همان‌طور که در فوق اشاره شد، این تحقیق در محیط آزمایشگاهی انجام پذیرفته و رفتار هیدرولیکی محیط متخلخل در بدنه سفال مورد بررسی قرار گرفته است. اگر خواسته باشیم رفتار هیدرولیکی محیط متخلخل در بدنه سفال را در خاک مورد بررسی قرار دهیم، در شرایطی که خاک موجود در مجاورت بدنه سفال بصورت غیر اشباع باشد، مقدار فشار موجود در سیستم مجموعه‌ای از مقدار فشار هیدرواستاتیک در سیستم و مقدار مکش خاک خواهد بود. لذا در صورتیکه این آزمایش در محیط خاک انجام پذیرد، روند کاهش تراوش به علت گرفتگی خلل و فرج در بدنه سفال اتفاق خواهد افتاد ولی به واسطه وجود مکش از طرف خاک غیر اشباع در مجاورت سفال، مقادیر تراوش از بدنه سفال متناسب با مقدار مکش خاک می‌باشد. به عبارت دیگر مکش خاک نمی‌تواند جلوی گرفتگی خلل و فرج موجود در بدنه سفال را بگیرد. گرفتگی خلل و فرج در اثر رسوب املاح محلول در آب یک امر اجتناب ناپذیر می‌باشد و ارتباطی به اینکه قطعه سفال در فضای آزاد یا محیط خاک مورد آزمون قرار گیرد، ندارد. همان‌طور که در فوق اشاره شد، قطعات سفالی مورد آزمون در این تحقیق، با هدف استفاده در روش آبیاری زیرسطحی خطی (Line Source) در باغات پسته در منطقه کرمان پیشنهاد شده است. برای بررسی روند کاهش تراوایی در درازمدت و اثر فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر، سه دسته ۷ تایی گسیلنده انتخاب و به مدت ۴۲ روز متوالی آزمون انجام پذیرفت. گسیلنده‌های مورد آزمون در فشارهای هیدرو استاتیک مختلف عبارت بودند از:

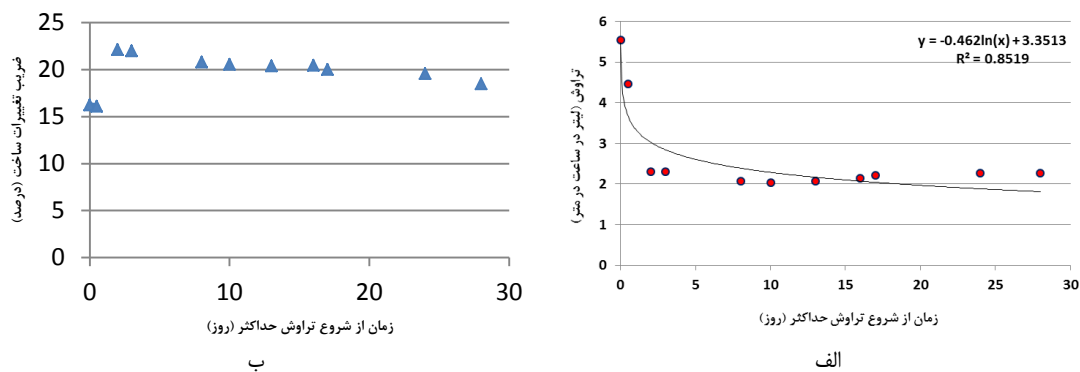
فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر، گسیلنده‌های شماره ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۶۸، ۱۶۹ و ۱۷۰
 فشار هیدرو استاتیک ۱ متر، گسیلنده‌های شماره ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۴، ۱۲۵، ۱۲۷، ۱۲۸ و ۱۲۹
 فشار هیدرو استاتیک ۲ متر، گسیلنده‌های شماره ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۸، ۴۹، ۵۱ و ۵۲

نزولی خود را آغاز نموده است (شکل ۴-ب). این بدان معنی می‌باشد که با گذشت زمان ضریب تغییرات ساخت کاهش می‌یابد.

گسیلنده‌ها به صورت لگاریتمی کاهش یافته است. ضریب تغییرات ساخت نیز با گذشت زمان تغییر یافته و از یک مقدار حداقل شروع، بعد از مدتی به مقدار حداکثر رسیده و سپس با شیب بسیار کم سیر



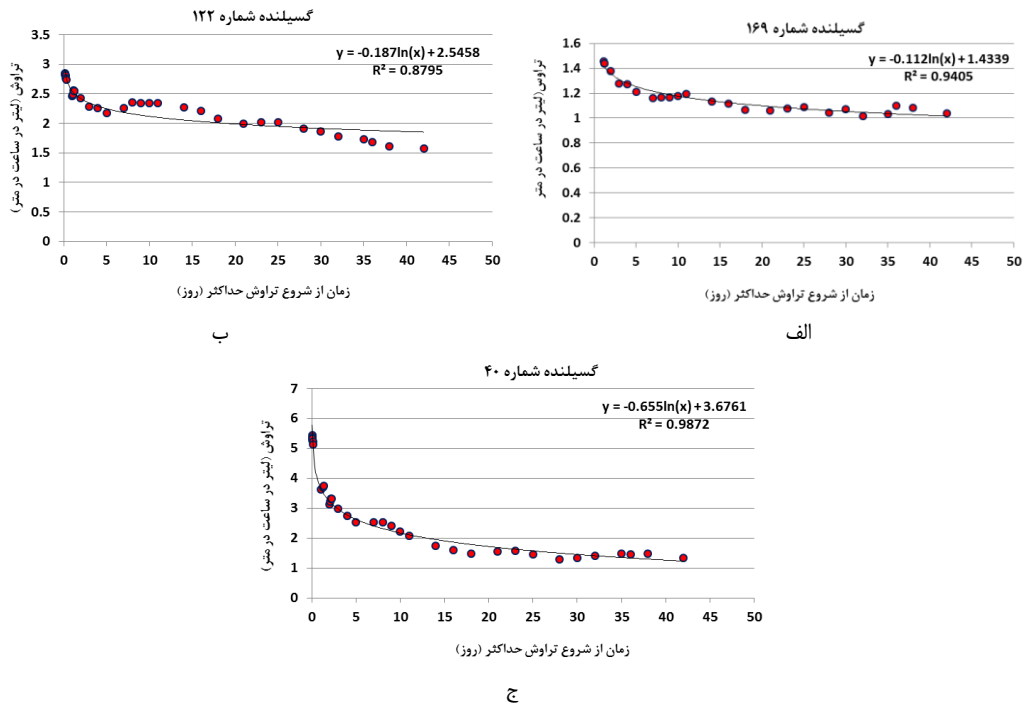
شکل ۳- تغییرات زمانی تراوش از یک گسیلنده در فشار هیدرو استاتیک الف) ۰/۵ متر، ب) ۱ متر، ج) ۲ متر



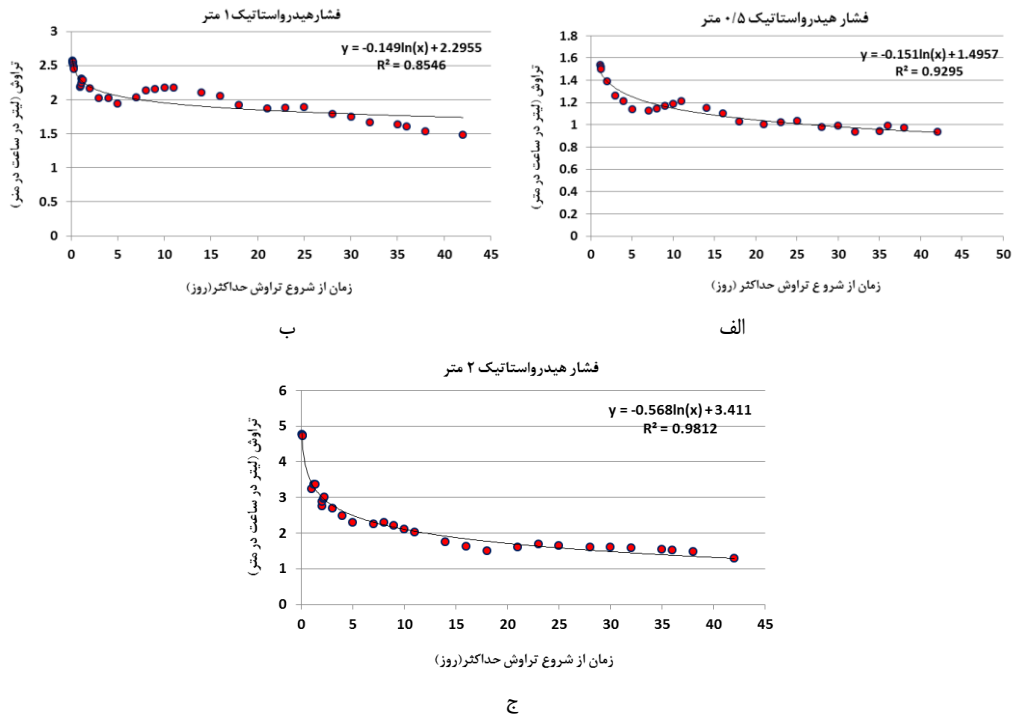
شکل ۴- الف) تغییرات زمانی تراوش یک دسته ۱۰ تایی گسیلنده در فشار هیدرو استاتیک ۲ متر، ب) تغییرات زمانی ضریب تغییرات ساخت در فشار هیدرو استاتیک ۲ متر

نشان داده شده است. همان‌طور که از نتایج مشاهده می‌شود، در کلیه فشارهای هیدرو استاتیک مقادیر تراوش به مرور زمان کاهش می‌یابد و یا به عبارت دیگر، مشارکت خلل و فرج موجود در بدنه گسیلنده در امر انتقال آب، به مرور زمان کاهش می‌یابد.

یک نمونه از روند تغییرات تراوش در طول ۴۲ روز آزمایش برای هریک از فشارهای هیدرو استاتیک در شکل ۵ نشان داده شده است. متوسط تراوش هریک از دسته‌های ۷ تایی در طول ۴۲ روز آزمون برای فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر به ترتیب در شکل ۶



شکل ۵- تغییرات زمانی تراوش از یک گسیلنده در فشار هیدرواستاتیک الف (+۵ متر، ب) ۱ متر، ج) ۲ متر



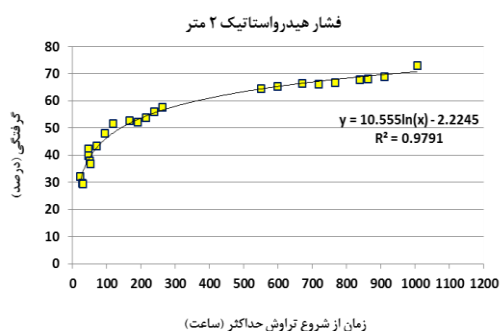
شکل ۶- تغییرات زمانی متوسط تراوش هفت گسیلنده در فشار هیدرواستاتیک الف (+۵ متر، ب) ۱ متر، ج) ۲ متر

یابد. منحنی برازش داده شده به نقاط اندازه‌گیری شده نشان می‌دهند که روند کاهش آبدهی گسیلنده‌ها به فرم لگاریتمی می‌باشد. در واقع

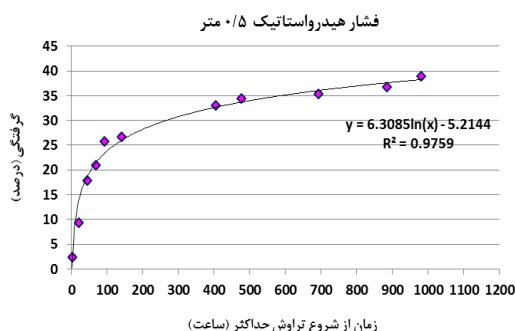
همان‌طور که در شکل‌های (۵) و (۶) ملاحظه می‌گردد، با گذشت زمان، آبدهی گسیلنده در کلیه فشارهای هیدرواستاتیک کاهش می‌-

۰/۹۳۹ لیتر در ساعت در متر و برای فشار هیدرو استاتیک ۲ متر به ترتیب ۴/۷۶۳ و ۱/۲۹۶ لیتر در ساعت در متر بوده است. با استفاده از مقدار تراوش حداکثر و مقادیر تراوش اندازه‌گیری شده در زمان‌های مختلف، درصد گرفتگی گسیلنده‌های مورد آزمون در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵ و ۲ متر به ترتیب در شکل (۷) نشان داده شده است. مقایسه گرفتگی گسیلنده‌های سفالی در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵ و ۲ متر با یکدیگر در شکل (۸) نشان داده شده است.

رسوب املاح محلول در آب در خلل و فرج بدنه گسیلنده باعث کاهش ضریب آبگذری بدنه گسیلنده شده است. وجود ضریب همبستگی بسیار بالا بین منحنی برازش داده‌شده و نقاط اندازه‌گیری شده در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵ و ۲ متر باعث شد که با انتخاب این دو فشار در سیستم، بتوان از معادلات مربوطه برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده نمود. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام پذیرفته، در زمان وقوع حداکثر تراوش و انتهای آزمایش، مقدار تراوش برای گروه سفال‌های مورد آزمون در فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر به ترتیب ۱/۵۱۸ و



ب

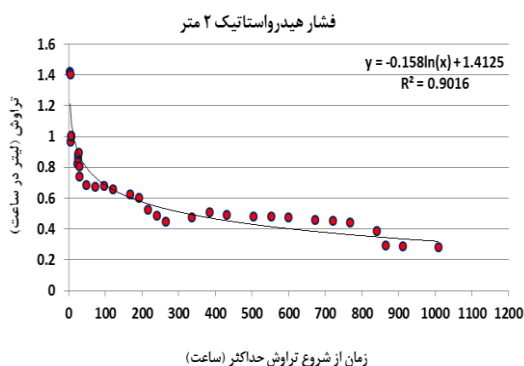


الف

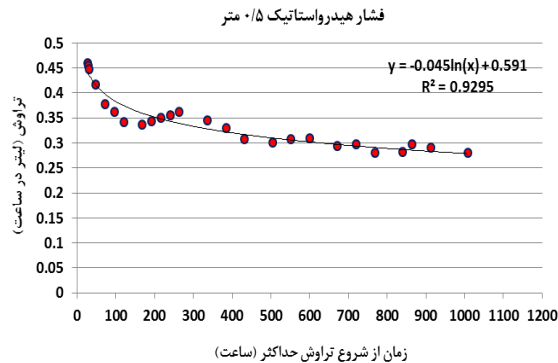
شکل ۷- درصد گرفتگی گسیلنده‌های مورد استفاده در زمان‌های مختلف پس از وقوع تراوش حداکثر، الف) در فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر و ب) در فشار هیدرو استاتیک ۲ متر

به حجم آب عبور کرده از بدنه گسیلنده توجه نمود. نتایج حاکی از آن است که حجم آب عبور کرده از بدنه گسیلنده‌هایی که تحت فشار بیشتر قرار دارند، به مراتب بیشتر از حجم آب عبور کرده از بدنه گسیلنده‌هایی است که در فشار کمتر قرار دارد. برای محاسبه حجم آب عبور کرده از گسیلنده‌ها، ابتدا بهترین منحنی برازش داده‌شده به متوسط تغییرات تراوش از ۷ گسیلنده مورد آزمون در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵ و ۲ متر را مشخص کرده و معادله ریاضی بین تراوش و زمان تعیین شده است (شکل ۸).

همان‌طور که مشاهده می‌گردد، در هر یک از زمان‌های مورد بررسی، درصد گرفتگی خلل و فرج در بدنه گسیلنده‌هایی که تحت فشار هیدرو استاتیک ۲ متر قرار دارند به مراتب بیشتر از گسیلنده‌های تحت فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر می‌باشد. به عنوان نمونه در زمان ۱۴۰ ساعت، درصد گرفتگی خلل و فرج در بدنه گسیلنده‌ها در فشار-های مذکور به ترتیب ۲۷ و ۵۲ درصد می‌باشد. برای بررسی علت تفاوت در مقدار (درصد) گرفتگی گسیلنده‌های تحت فشار هیدرو استاتیک بیشتر در مقایسه با گسیلنده‌های تحت فشار کمتر، باید



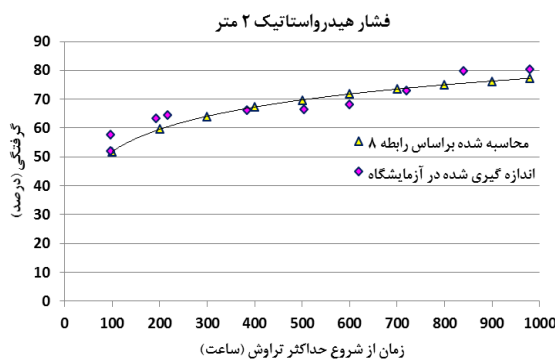
ب



الف

شکل ۸- تغییرات زمانی متوسط تراوش از هفت گسیلنده: الف) در فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر و ب) در فشار هیدرو استاتیک ۲ متر

مختلف محاسبه شده و بر اساس مقدار آبدهی شاخص یا حداکثر، درصد گرفتگی گسیلنده سفالی در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵ و ۲ متر به دست آمده است. با استفاده از روابط ۷ و ۸، برای زمان‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ ساعت مقدار تراوش و درصد گرفتگی محاسبه شده و با مقادیر اندازه‌گیری شده گرفتگی در آزمایشگاه مورد مقایسه قرار گرفته است (شکل ۹). همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، مقادیر گرفتگی محاسبه شده با مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه در هر دو فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ و ۲ متر بسیار به یکدیگر نزدیک می‌باشند. لذا برای تجزیه و تحلیل‌های آتی می‌توان با از روابط ۷ و ۸ برای محاسبه مقدار تراوش در هر زمان موردنظر استفاده نمود.



ب

شکل ۹- مقایسه درصد گرفتگی محاسبه شده و اندازه‌گیری شده: الف) در فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر و ب) در فشار هیدرو استاتیک ۲ متر

ساعت آزمون در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵ و ۲ متر در جدول شماره ۲ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول مذکور ملاحظه می‌گردد، پس از گذشت ۹۸۰ ساعت از شروع تراوش حداکثر، مقدار آب تراوش کرده از گسیلنده تحت فشار ۰/۵ متر ۲۷۵/۵ لیتر و از گسیلنده تحت فشار ۲ متر ۳۱۷/۸ لیتر بوده و درصد گرفتگی گسیلنده‌ها در پایان آزمون به ترتیب ۳۸/۹ و ۸۰/۳ درصد بوده است (جدول ۲).

همان‌طور که در شکل (۱۰) ملاحظه می‌گردد، با افزایش حجم آب عبور کرده از گسیلنده، درصد گرفتگی در هر دو فشار هیدرو استاتیک افزایش می‌یابد. همان‌طور که در شکل مذکور ملاحظه می‌گردد، رفتار گرفتگی خلل و فرج در فشارهای هیدرو استاتیک مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشد. برای یک حجم مشخص آب عبور کرده از بدنه گسیلنده، درصد گرفتگی گسیلنده‌ها با افزایش فشار هیدرو استاتیک بیشتر شده است. به عبارت دیگر برای عبور حجم مشخصی از آب از بدنه گسیلنده، هرچه فشار هیدرو استاتیک در سیستم بیشتر باشد، میزان گرفتگی نیز بیشتر می‌گردد. به عنوان نمونه با عبور ۱۵۰ لیتر آب از بدنه گسیلنده‌هایی که در فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ و ۲ متر قرار دارند، گرفتگی خلل و فرج موجود در بدنه گسیلنده‌ها در فشارهای

همان‌طور که در شکل (۹) ملاحظه می‌گردد، رابطه ریاضی بین تراوش - زمان برای فشارهای هیدرو استاتیک اعمال شده در سیستم به شرح زیر می‌باشد.

فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر

$$q = -0.045Ln(t) + 0.591 \quad (7)$$

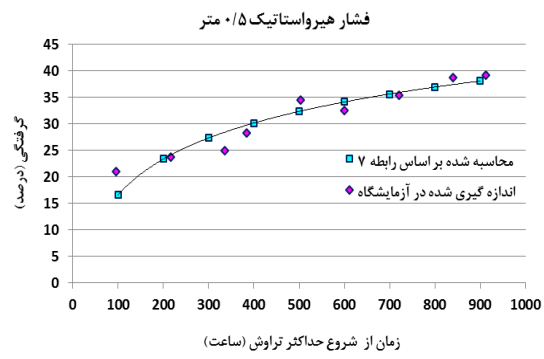
فشار هیدرو استاتیک ۲ متر

$$q = -0.158Ln(t) + 1.4125 \quad (8)$$

در این روابط:

q: آبدهی گسیلنده (لیتر در ساعت)، t: زمان عبور آب از بدنه گسیلنده سفالی (ساعت).

با استفاده از روابط ۷ و ۸ مقادیر آبدهی یا تراوش در زمان‌های



الف

بر اساس رابطه ۴، گرفتگی خلل و فرج موجود در بدنه گسیلنده سفالی رابطه مستقیم با حجم آب تراوش کرده از بدنه گسیلنده دارد. لذا با انتگرال‌گیری از روابط ۷ و ۸ می‌توان حجم آب تراوش کرده از بدنه گسیلنده‌ها در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵ و ۲ متر را در حد فاصل دو زمان موردنظر به شرح زیر محاسبه نمود:

$$v = \int_{t_1}^{t_2} [a.Ln(t) + b].dt$$

فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر

$$v = [-0.045.t.Ln(t) + 0.591.t] \quad (9)$$

فشار هیدرو استاتیک ۲ متر

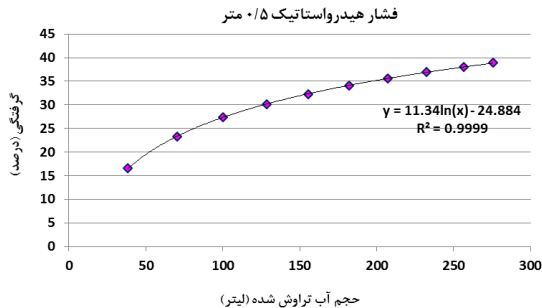
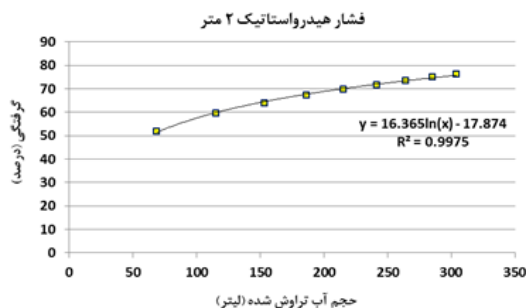
$$v = [-0.158.t.Ln(t) + 1.4125.t] \quad (10)$$

با استفاده از روابط ۷ و ۹ درصد گرفتگی و حجم آب تراوش شده از گسیلنده‌های مورد آزمون در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵ متر محاسبه شد. برای فشار هیدرو استاتیک ۲ متر نیز از روابط ۸ و ۱۰ استفاده شده و رابطه حجم آب تراوش شده از بدنه گسیلنده و درصد گرفتگی در شکل (۱۰) ارائه شده است. مقادیر متوسط تراوش حداکثر، حداقل، درصد گرفتگی و حجم آب عبور کرده از سیستم پس از ۱۰۰۰

مذکور به ترتیب ۳۱ و ۶۲ درصد می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر متوسط تراوش حداکثر، حداقل اندازه‌گیری شده و حجم آب تراوش شده و درصد گرفتگی در طول ۹۸۰ ساعت آزمون

فشار در سیستم (متر)	تراوش حداکثر (لیتر در ساعت)	تراوش حداقل (لیتر در ساعت)	حجم آب تراوش شده (لیتر)	گرفتگی (درصد)
۰/۵	۰/۴۵۶	۰/۲۸۰	۲۷۵/۴	۳۸/۹
۲	۱/۴۲۱	۰/۲۷۹	۳۱۷/۸	۸۰/۳



ب

الف

شکل ۱۰- ارتباط بین حجم آب عبور کرده از بدنه گسیلنده و درصد گرفتگی خلل و فرج در: الف) در فشار هیدرواستاتیک ۰/۵ متر و ب) در فشار هیدرواستاتیک ۲ متر

می‌شود. لذا یکی از راه‌کارهای کاهش گرفتگی در بدنه گسیلنده‌های سفالی، استفاده از فشار هیدرواستاتیک کمتر از ۱ متر در سیستم می‌باشد.

منابع

اشرفی، ش. ۱۳۹۸. بررسی آزمایشگاهی و صحنه‌ای تغییرات تراوش لوله‌های سفالی با کاربرد آبهای با کیفیت متفاوت در مناطق مختلف اجرای طرح. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. شماره ثبت ۵۶۹۳۰، ۱۳۹۸/۱۱/۱۵

اشرفی، ش. ۱۳۹۹. طراحی، ساخت و اجرای آزمایشگاه استاندارد تست هیدرولیکی لوله‌های سفالی تراوا. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. ۷ (۲): ۱۹۰-۱۸۱.

قربانی واقعی، ح.، بهرامی، ح.، مظهری، ر.، حشمت پور، ع. ۱۳۹۴. تأثیر آبیاری زیرسطحی با کپسول‌های رسی متخلخل بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه انگور. آب و خاک، ۲۹(۱): ۵۸-۶۶.

قربانی واقعی، ح.، بهرامی، ح.، و نصیری صالح، ف. ۱۳۹۵. آنالیز ابعادی الگوی خیسیدگی خاک از کپسول‌های رسی متخلخل. مجله پژوهش آب ایران. ۱۰ (۱): ۸۵-۷۷.

قربانی واقعی، ح.، و حسینعلی بهرامی، ح. ۱۴۰۰. بهینه‌سازی مصرف آب در مرکبات با استفاده از تکنیک کپسول رسی متخلخل. مدل-

نتیجه‌گیری

در شرایط کنونی کشور که منابع آب بسیار محدود و متوسط بارش سالیانه کمتر از میانگین چند دهه گذشته می‌باشد، حذف تبخیر از سطح خاک با استفاده از سامانه آبیاری زیرسطحی یکی از گزینه‌های کاهش کاربرد آب در سطح مزارع و باغات می‌باشد. گسیلنده یا قطعه‌ای که آب از آن خارج شده و وارد پروفیل خاک می‌شود، مهم‌ترین قسمت یک سیستم آبیاری زیرسطحی می‌باشد. این قسمت از سیستم باید مشخصه‌هایی داشته باشد تا در مرحله طراحی و بهره‌برداری از سیستم با به‌کارگیری از آن مشخصه‌ها ظرفیت سیستم را محاسبه و طراحی نمود و در مراحل بعدی با برنامه‌ریزی صحیح نیاز آبی گیاه را تأمین و مدیریت نمود. اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی انجام پذیرفته نشان دادند که رسوب املاح محلول در آب در خلل و فرج موجود در بدنه سفال از مشکلات گسیلنده‌های مذکور می‌باشد. این امر باعث می‌گردد که به‌مرور زمان تراوش آب از بدنه گسیلنده کاهش یافته و در طولانی مدت نتواند نیاز آبی گیاه را تأمین نماید. لذا در این زمینه نیز باید تمهیداتی برای جلوگیری از رسوب املاح محلول در آب در خلل و فرج سفال در نظر گرفته شود تا بتوان در درازمدت از آن در امر آبیاری زیرسطحی استفاده نمود. در غیر این صورت، در شرایط فعلی استفاده از گسیلنده‌های مذکور در امر آبیاری زیرسطحی پیشنهاد نمی‌گردد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های انجام پذیرفته نشان دادند که برای عبور حجم مشخصی از آب از بدنه گسیلنده سفالی، با افزایش فشار در سیستم، درصد گرفتگی روزه‌ها در بدنه سفال بیشتر

- Marino, S., Aria, M., Basso, B., Leone, A. and Alvino, A. 2014. Use of soil and vegetationspectroradiometry to investigate crop water use efficiency of a drip irrigatedtomato. *European Journal of Agronomy*. 59: 67-77.
- Siyal, A. A., Siyal, A. G. and Hasini, M. Y. 2011. Crop Production and Water Use Efficiency under Subsurface Porous Clay Pipe Irrigation. *Pakistan journal of agriculture, agricultural engineering & veterinary sciences*. 27(1): 39-50.
- Siyal, A. A., SOOMRO, A. S. and SIYAL, G. A. 2015. Performance of Pitcher Irrigation with Saline water under high evapotranspiration rates. *Jour nal of Chinese Soil and Water Conservation*. 46 (1): 61-69.
- Siyal, A.A. and Skaggs, T.H., 2009. Measured and simulated soil wetting patterns under porous clay pipe sub-surface irrigation. *Agricultural water management*. 96 (6): 893-904.
- Siyal, A.A.; van Genuchten, M.T.; Skaggs, T.H. 2013. Solute transport in a loamy soil under subsurface porous clay pipe irrigation. *Agricultural water management*. 121: 73-80
- Tesfaye, T., Tesfaye, K. and Woldetsadik, K., 2012. Clay pot irrigation for tomato (*lycopersicon esculentum mill*) production in the north east semiarid region of Ethiopia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*. 112 (1): 11-18.
- Vasudevan P. Thapliyal A. Sen P. K. Dastidar M. G. and Davis P. 2011. Buried clay pot efficient and controlled water delivery. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 70: 645-652.
- Vasudevan, P., Thapliyal, A., Tandon, M., Dastidar, M. and Sen, P., 2014. Factors controlling water delivery by pitcher irrigation. *Irrigation and Drainage*, 63 (1): 71-79.
- Ashrafi, S., Gupta, A.D., Babel, M.S., Izumi, N. and Loof, R. 2002. Simulation of infiltration from porous clay pipe in subsurface irrigation. *Hydrological Sciences Journal*. 47(2). 253-268.
- Bhatt, N., Kanzariya, B., Motiani, A. and Pandit, B., 2013. An experimental investigation on pitcher irrigation technique on alkaline soil with saline irrigation water. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*. 2(6): 206-211.
- Bhople, B.S., Adhikary, K., Kumar, A., Singh, A. and Singh, G. 2014. Sub-Surface Method of Irrigation-Clay Pipe Irrigation System. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 7 (11): 60-62.
- Das Gupta, A., Babel, M.S. and Ashrafi, S., 2009. Effect of soil texture on the emission characteristics of porous clay pipe for subsurface irrigation. *Irrigation science*. 27:201-208.
- Kanani, E., Dehghanisanij, H. and Akhavan, S. 2022. Variation in actual corn (*Zea mays L.*) evapotranspiration, single, and dual crop coefficient under different point source irrigation systems in a semiarid region. *Theoretical and Applied Climatology*. 148: 303-315
- Kanda, E.K., Mabhaudhi, T. and Senzanje, A. 2018. Hydraulic and clogging characteristics of Moistube irrigation as influenced by water quality. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*. 67(5): 438-446.
- Liu, H., Wang, X., Zhang, X., Zhang, L., Li, Y. and Huang, G. 2017. Evaluation on the responses of maize (*Zea mays L.*) growth, yield and water use efficiency to drip irrigation water under mulch condition in the Hetao irrigation District of China. *Agricultural Water Management*. 179: 144-157.

Investigating the effects of hydrostatic pressure on the clogging of clay emitters in subsurface irrigation systems

SH. Ashrafi^{1*}, E. Kanani²

Received: Nov.08, 2022

Accepted: Feb.27, 2022

Abstract

This study investigated the effect of hydrostatic pressure on the clogging of subsurface clay emitters produced by the Plateau Water and Sustainable Development Institute at the Karaj Agricultural Engineering Research Institute. The Plateau Water and Sustainable Development Institute produces and supplies the mentioned emitters for the subsurface irrigation of pistachio trees. It is estimated that each ceramic emitter measures approximately 30 cm in length, has an inner diameter of 1.5 cm, an outer diameter of 2.5 cm, and a wall thickness of 0.5 cm. Three groups of seven emitters were selected and tested consecutively for 42 days to investigate the long-term permeability reduction process. The system was operated at hydrostatic pressures of 0.5, 1, and 2 meters. Based on the results of the study, it was found that the amount of seepage from clay emitters decreased in all hydrostatic pressures over time due to a reduction in the participation of pores in the emitter body in water transfer. After 1000 h of measurement seepage from clay emitters, it was found that water-soluble solutes accumulated in the porous environment of the earthen body over time and caused clogging over time. Based on the excellent correlation between the fitted line and the measured points at hydrostatic pressures of 0.5 meters and 2 meters, all analyses performed in the field of occlusion were based on the data collected at hydrostatic pressures of 0.5 meters and 2 meters. Clogging values measured after 1000 h of testing at hydrostatic pressures of 0.5 meters and 2 meters were 38.9 percent and 80.3 percent, respectively, and increased logarithmically. Results demonstrated that the higher the hydrostatic pressure in the system, the higher the clogging of the emitter body when a certain amount of water seeped out through it.

Keywords: Emitter clogging, Hydrostatic pressure, Porous clay pipes, Seepage, Subsurface irrigation

1- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (*Corresponding Author Email: shah1343@yahoo.com)

2- Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran