نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۲۱۰-۱۹۷

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 197-210

مقاله پژوهشی

ضریب تغییرات ساخت و رفتار تراوش گسیلنده‌های سفالی با هدف کاربرد آن‌ها در آبیاری زیرسطحی

شهرام اشرفی[۱*] و الهه کنعانی[۲]

چکیده

موسسه آب و توسعه پایدار فلات در طول سه دهه گذشته اقدام به تولید گسیلنده‌های سفالی نموده و سامانه مذکور را به‌صورت نمایشی در سطوح کوچک در چند منطقه از استان کرمان در باغات پسته به اجرا گذاشته است. با توجه به اینکه مشخصات هیدرولیکی گسیلنده‌های بکار برده شده و مدت‌زمان کارکرد آن در باغات نامشخص است، بنابراین ارزیابی عملکرد گسیلنده‌های مورداستفاده در باغات مذکور غیرممکن است. به‌منظور بررسی و ارزیابی عملکرد هیدرولیکی گسیلنده‌ها از نظر ضریب تغییرات ساخت و همچنین تغییرات مقدار تراوش در شرایط آزمایشگاهی، تعداد ۴۰۰ عدد گسیلنده سفالی در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج مورد بررسی قرار گرفت. گسیلنده‌های سفالی دارای طول ۳۰ سانتی‌متر، قطر داخلی ۱/۵ سانتی‌متر، قطر خارجی ۲/۵ سانتی‌متر و ضخامت دیواره ۰/۵ سانتی‌متر است برای بررسی ضریب تغییرات ساخت، گسیلنده‌ها به دسته‌های ۲۰ تایی گروه‌بندی شدند و هریک از گروه‌ها در فشار هیدرو استاتیک ثابت ۱/۷۵ متر با استفاده از آب با کیفیت ۰/۸۳ دسی‌زیمنس بر متر مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها نشان داد که مقادیر ضریب تغییرات ساخت دسته‌های ۲۰ تایی مورد آزمون، در حدفاصل ۲۳ الی ۷۳ درصد بودند که از حد ۲۰ درصد استاندارد ASAE بیشتر بود و غیرقابل‌قبول تشخیص داده شد. به‌منظور بررسی تداوم تراوش در طول زمان، تغییرات آبدهی گروه‌های ۷ تایی گسیلنده در سه فشار هیدرو استاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر مورد آزمون قرار گرفت. اندازه‌گیری تراوش از گسیلنده-های سفالی به مدت ۱۰۰۰ ساعت نشان داد که با عبور آب از تخلخل موجود در بدنه این نوع گسیلنده‌ها، املاح محلول در آب به‌مرورزمان در محیط متخلخل بدنه سفال رسوب می‌کند و باعث گرفتگی می‌شود. متوسط حداکثر تراوش اولیه گسیلنده‌ها در دسته-های ۷ تایی در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر به ترتیب ۱/۵۳، ۲/۵۷ و ۴/۷۸ لیتر در ساعت در متر بود و پس از گذشت ۱۰۰۰ ساعت آزمون پیوسته، مقادیر تراوش انتهایی به ترتیب ۰/۹۳، ۱/۴۸ و ۱/۲۹ لیتر در ساعت در متر رسید. مقادیر نزولی تراوش نشان داد که املاح محلول در آب به مرور زمان در خلل و فرج موجود در بدنه گسیلنده رسوب می‌کند و باعث کاهش آبگذری گسیلنده می‌شود. با توجه به کاهش آبگذری گسیلنده، امکان استفاده پایدار از آن ها برای تأمین آب موردنیاز گیاه زراعی/باغی در درازمدت، مقدور نیست.

واژه‌های کلیدی: تراوش، ضریب تغییرات ساخت، فشار هیدرو استاتیک، گسیلنده سفالی

مقدمه

خشک‌سالی‌های چند دهه گذشته و کاهش بارش باعث محدودیت جدی در برداشت از منابع آب کشور شده است که این امر بخش کشاورزی را با چالش جدی مواجه کرده است. در این شرایط مهندسین و محققین بخش کشاورزی به دنبال جایگزین نمودن روش‌های جدید به جای روش آبیاری سنتی می‌باشند. آبیاری زیرسطحی گیاهان زراعی و باغی یکی از گزینه‌های مطرح برای کاهش آب کاربردی در بخش کشاورزی است (اشرفی، ۱۳۹۹؛ جهان تیغ،۱۴۰۰). این روش آبیاری به دلیل کمترین تبخیر از سطح خاک و کاهش قابل ملاحظه نفوذ عمقی آب، در مناطق خشک مناسب است، زیرا با این روش مقدار آب

[۱] استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی و کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (* نویسنده مسئول: (shah1343@yahoo.com
[۲] دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌الملل امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۰۶
DOR: 20.1001.1.24764531.1400.8.2.15.1

مورد نیاز به‌طور مستقیم در منطقه ریشه گیاه به‌صورت زیرسطحی اعمال می‌شود. همچنین این روش آبیاری در جاهایی که به‌اندازه کافی آب برای کشاورزی در دسترس نیست و یا مناطقی که میزان نفوذپذیری خاک زیاد است و یا با مشکل شوری مواجه هستند، برای کشاورزی در مقیاس کوچک می تواند کارایی داشته باشد (Siyal et al., 2013; Vasudevan et al., 2014; Ansari et al., 2015; Siyal et al., 2015). از عوامل بسیار مهمی که باید در به‌کارگیری یک سامانه آبیاری در مزارع و باغات به آن توجه خاص شود، راندمان کاربرد آب توسط سامانه آبیاری است. با توجه به این‌که در آبیاری زیرسطحی سفالی، گسیلنده‌ها نقش بسیار مهمی در تحویل مقدار مساوی آب به گیاهان در نقاط مختلف یک مزرعه دارند، اگر گسیلنده‌ها از نظر هیدرولیکی از یکنواختی مناسبی برخوردار باشند، می‌توان امیدوار بود که راندمان کاربرد آب در مزرعه بسیار خوب و قابل قبول باشد. دراین ارتباط ضریب تغییرات آبدهی گسیلنده‌های سفالی به‌عنوان معیاری برای سنجش یکنواختی آبدهی آن‌ها بکار گرفته می‌شود.

در این خصوص باید قبل از استفاده از قطعات سفالی در مزارع و باغات، نسبت به تعیین این شاخص اقدام کرد (اشرفی، ۱۳۹۹). عدم آگاهی از این شاخص و شاخص های هیدرولیکی دیگر، از نظر اقتصادی صدمات جبران‌ناپذیری به سرمایه‌گذاران، سیاست‌گذاران و کاربران و بخصوص بخش کشاورزی وارد می کند. ازجمله تحقیقات داخلی صورت گرفته در زمینه ارزیابی کپسول‌های رسی متخلخل زیرسطحی می‌توان به تحقیقات اشرفی (۱۳۹۹) اشاره کرد که به ساخت و توسعه دستگاه‌های استاندارد در هر دو شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای برای اندازه‌گیری میزان انتشار کپسول‌های رسی متخلخل پرداخت. تست راست آزمائی دستگاه‌های مذکور، از روش بار هیدرولیکی ثابت با استفاده از سیفون ماریوت برای اندازه گیری تراوش استفاده شده است. مقایسه مقادیر به‌دست‌آمده از ضریب تغییرات در دستگاه های آزمایشگاهی و صحرایی با سیفون ماریوت نشان داد که تفاوت ضریب تغییرات محاسبه‌شده در دستگاه‌های مذکور با سیفون ماریوت بسیار ناچیز و قابل‌اغماض بود به‌طوری‌که می‌توان با اطمینان کامل از دستگاه‌های ساخته‌شده برای اندازه‌گیری مقدار تراوش از گسیلنده ها در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی در طرح‌های تحقیقاتی و همچنین آزمون گسیلنده‌هایی که توسط شرکت‌های مختلف ساخته می‌شوند استفاده نمود.

قربانی واقعی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در تحقیقی شعاع و عمق پیاز رطوبتی خاک در بافت لوم رسی، بعد از ۲۴ساعت آبیاری زیرسطحی از منبع تغذیه نقطه‌ای در دو نوع کپسول رسی GBN (قطر ۳/۵ و ارتفاع ۱۲سانتیمتر) 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 هیدرواستاتیک ۱۰۰کیلو پاسکال قادر به تولید شعاع و عمق خیسیدگی مشابه قطعات GBN تا فشار هیدرواستاتیک ۵۰ کیلو پاسکال هستند نتایج حاکی از تأثیرپذیری حجم آب مصرفی، شعاع و عمق خیسیدگی متناسب با تغییر فشار هیدرواستاتیک در کپسول های رسی است و با افزایش فشار هیدروستاتیکی بر مقادیر آن ها افزوده شد. سیال و اسکگز به ارزیابی فنی- هیدرولیکی سیستم آبیاری سفالی در پاکستان پرداختند. آنان روی کوزه‌هایی با حجم ۱۱، ۱۵ و ۲۰ لیتر تحقیق نمودند نتایج تحقیق آنان نشانگر آن بود که کوزه های کوچک در مقایسه با کوزه های 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 آبدهی قطعات سفالی در فشار هیدرو استاتیکی ثابت تحت تأثیر میزان رطوبت خاک تغییر می‌کند، به‌طوری‌که میزان تراوش در هوا بیشتر از خاک و در خاک بیشتر از آب است (Vasudevan et al., 2011).

با توجه به خشک‌سالی‌های دو دهه گذشته در کشور و متعاقب آن کاهش منابع آب برای تأمین نیاز آبی گیاهان زراعی و ضرورت استفاده از سامانه های زیرسطحی برای آبیاری گیاهان

مختلف (همانند سامانه آبیاری زیرسطحی سفالی)، ارزیابی کارکرد گسیلنده‌های سفالی از ضروریات بسیار مهم در کشور است. در این ارتباط مؤسسه آب و توسعه پایدار فلات در طول سه دهه گذشته اقدام به تولید گسیلنده‌های سفالی نموده و سامانه مذکور را به‌صورت نمایشی در سطوح کوچک در چند منطقه از استان کرمان در باغات پسته به اجرا گذاشته است. مطالعات داخلی و خارجی صورت گرفته نشان می‌دهد که بررسی‌های محدودی در زمینه ارزیابی گسیلنده‌های سفالی مورداستفاده در سیستم آبیاری زیرسطحی 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 جبران ناپذیر اقتصادی خواهند شد. با توجه به ضرورت ذکرشده، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی ضریب تغییرات ساخت و رفتار عمومی تراوش گسیلنده‌های سفالی با هدف کاربرد آن ها در آبیاری زیرسطحی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

راندمان کاربرد آب در مزرعه یا باغ رابطه مستقیم با یکسان بودن مشخصه هیدرولیکی گسیلنده‌های مورداستفاده در سیستم آبیاری میکرو دارد. در ارتباط با گسیلنده‌های سفالی، عوامل مختلف ازجمله؛ نوع خاک مورداستفاده برای ساخت قطعات سفالی، درصد ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک، درصد مواد افزودنی، یکنواختی اختلاط، درصدِ رطوبتِ گِل در زمان ساخت گسیلنده، نوع کوره و درجه حرارت پخت تأثیر بسیار زیادی بر روی مقدار خلل و فرج و پراکنش آن در بدنه قطعات سفالی دارد. شرکت‌های سازنده وسایل آبیاری موظف به ساخت وسایل استاندارد و یکسان می‌باشند. یکنواختی تراوش سفال‌ها یکی از مشخصه‌های هیدرولیکی می‌باشد که با اندازه‌گیری آن می‌توان تولیدات شرکت‌های سازنده را ارزیابی نمود. در این تحقیق گسیلنده‌های سفالی تولیدشده توسط موسسه آب و توسعه پایدار فلات مورد ارزیابی قرار گرفتند. طول هر یک از قطعات یا گسیلنده‌های سفالی مورد آزمون به‌طور تقریبی ۳۰ سانتی‌متر، قطر داخلی ۱/۵ سانتی‌متر، قطر خارجی ۲/۵ سانتی‌متر و ضخامت دیواره ۰/۵ سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۱). عدم ورود ریشه گیاهان به داخل گسیلنده سفالی یکی از مزیت‌های بسیار مهم آن می‌باشد. با توجه به اینکه از نظر هیدرولیکی گسیلنده‌های مذکور عملکرد خوبی نداشتند، موضوع شکنندگی آن‌ها موردبررسی قرارگرفته نشده است. در پایلوت‌های اجراشده، با توجه به اینکه گسیلنده‌های مذکور به فاصله ۶۰ سانتیمتر از تنه درخت و در عمق ۵۰ الی ۶۰ سانتیمتر از سطح خاک کارگذاری می‌شوند، از نظر شکستگی و تردد ماشین‌های کشاورزی مشکلی ندارند.

شکل ۱- نمایی از گسیلنده‌های سفالی

گسیلنده‌های مذکور به‌صورت خطی در امر آبیاری زیرسطحی درختان مختلف کاربرد دارد. در این ارتباط استاندارد ASAE، ضریب یکنواختی ساخت یا CV گسیلنده‌های خطی را کمتر از بیست درصد پیشنهاد نموده است (جدول ۱). در صورت تحقق این امر، می‌توان امیدوار بود که گسیلنده مورداستفاده برای آبیاری گیاه موردنظر در سطح مزرعه ازنقطه‌نظر توزیع آب از یکنواختی قابل قبولی برخوردار باشد. در غیر این صورت خروجی یا گسیلنده موردنظر توصیه نمی‌گردد.

جدول ۱- معیار پذیرش ضریب تغییرات ساخت بر اساس استاندارد ASAE

طبقه‌بندی کیفیت	خروجی‌های نقطه‌ای	خروجی‌های نقطه‌ای
خوب	$Cv \leq ۵$	$Cv \leq ۱۰$
متوسط	$۵ < Cv \leq ۱۰$	$۱۰ < Cv \leq ۱۵$
قابل‌قبول	$۱۰ < Cv \leq ۱۵$	$۱۵ < Cv \leq ۲۰$
غیرقابل‌قبول	$۱۵ < Cv$	$۲۰ < Cv$

کیفیت آب مورداستفاده

در این تحقیق از آبِ چاه مورداستفاده برای آبیاری فضای سبز مجموعه مؤسسات تحقیقات کشاورزی در شهر کرج استفاده شد. ابتدا آب مذکور مورد آزمایش قرار گرفت و املاح محلول در آن (آنیون‌ها و کاتیون‌ها) و درنهایت هدایت الکتریکی آن مشخص شد. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی آب مورد موردنظر در جدول ۲ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد، هدایت الکتریکی آب ۰/۸۳ دسی‌زیمنس بر متر است (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه نمونه آب مورداستفاده برای آزمون تراوایی در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی در کرج

مشخصات نمونه	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	آنیون‌ها (میلی اکی والانت گرم بر لیتر)				جمع آنیون‌ها (میلی اکی والانت گرم بر لیتر)	کاتیون‌ها (میلی اکی والانت گرم بر لیتر)				جمع کاتیون‌ها (میلی اکی والانت گرم بر لیتر)
			SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^{-1}	CO_3^{-2}		K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
آب کرج	۰/۸۳۱	۷/۱۲	۱/۸۰	۲/۴	۳/۸	-	۸/۰۰	-	۰/۸	۴/۹۵	۱/۹۵	۷/۷

جهت بررسی یکنواختی ساخت سفال‌ها از شاخصی به نام ضریب تغییرات ساخت (CV) استفاده گردید. ضریب تغییرات بیانگر عدم یکنواخت بودن خروجی‌ها به واسطه تغییراتی است که در حین ساخت به وجود آمده است. نسبت انحراف معیار دبی سفال‌ها به مقدار میانگین آن ها در یک فشار و دمای استاندارد، به‌عنوان ضریب تغییرات ساخت تعریف می‌شود. به‌طورکلی هرچقدر ضریب تغییرات ساخت برای یک نوع خروجی یا گسیلنده (سفال) کمتر باشد، آن گسیلنده از لحاظ ساخت از کیفیت مناسب‌تری برخوردار است. در این تحقیق مقدار ضریب تغییرات ساخت با اندازه‌گیری تراوشِ گروه‌های بیست تایی سفال در یک فشار هیدرواستاتیک مشخص با استفاده از روابط ۱ تا ۳ محاسبه گردید:

$$C_v = \frac{S_d}{q_a} \times 100 \quad (۱)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(q_i - q_a)^2}{n-1}} \quad (۲)$$

$$q_a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} q_i \quad (۳)$$

که در این روابط:

Cv: ضریب تغییرات ساخت (درصد)، Sd: انحراف معیار برآورد شده از سفال های آزمایش شده ((qi ،L/hr/m): میزان آبدهی هر سفال (qa ،L/hr/m): میانگین آبدهی سفال‌های آزمایش شده ((n ،L/hr/m: تعداد سفال‌های مورد آزمایش برای محاسبه ضریب تغییرات ساخت، ابتدا ۴۰۰ قطعه گسیلنده سفالی به‌صورت اتفاقی از خط تولید انتخاب و اقدام به اندازه‌گیری تراوش در آزمایشگاه موسسه آب و توسعه پایدار فلات در کرمان گردید. برای اندازه‌گیری تراوش از قطعات سفالی، از دستگاه اندازه‌گیری موجود در موسسه آب و توسعه پایدار فلات استفاده شد. مقدار تراوش از هریک از قطعات سفالی در فشار هیدرو استاتیک ۱/۷۵ متر و دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد در مدت ۱۵ دقیقه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری تراوش هر دسته از سفال در دو تکرار با فاصله زمانی ۸ ساعت از یکدیگر انجام پذیرفت. برای کلیه آزمایش‌های انجام شده از دستگاه ۵۰ واحده موجود در موسسه آب و توسعه پایدار فلات در کرمان استفاده گردید. نتایج اولیه نشان دادند که مقدار تراوش و ضریب تغییرات ساخت گسیلنده‌های مورد آزمون در تکرارهای اول و دوم با یکدیگر تفاوت دارند. لذا برای بررسی بیشتر، گسیلنده‌های مذکور به آزمایشگاه هیدرولیک موسسه تحقیقات فنی و مهندسی در ستاد موسسه فنی و مهندسی کشاورزی در کرج منتقل شد. میزان تراوایی دسته‌های ۲۰ تایی با استفاده از دستگاه ساخته شده در مؤسسه فنی و مهندسی (اشرفی، ۱۳۹۹) (شکل ۲) در دمای ۲۰ الی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کیفیت آب ۰/۸۳ دسی زیمنس بر متر اندازه‌گیری و ضریب تغییرات ساخت آن‌ها با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد.

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

نتایج و بحث

آزمایش‌های سری اول

سری اول آزمایش‌های انجام پذیرفته برای اندازه‌گیری تراوش و محاسبه ضریب تغییرات ساخت بر روی ۴۰۰ قطعه گسیلنده سفالی در آزمایشگاه موسسه آب و توسعه پایدار فلات در کرمان به شرح جدول (۳) می‌باشد.

جدول ۳- ضریب تغییرات ساخت بر اساس اندازه‌گیری تکرار اول در آزمایشگاه موسسه آب و توسعه پایدار در کرمان*

گروه گسیلنده	متوسط تراوش (لیتر در ساعت در متر)	انحراف معیار (لیتر در ساعت در متر)	ضریب تغییرات ساخت (درصد)
۱ – ۲۰	۴/۰۲۴	۱/۰۴۶	۲۶/۰۰
۲۱ – ۴۰	۴/۰۸۶	۰/۹۷۴۹	۲۳/۸۵
۴۱ – ۶۰	۳/۹۱۲	۰/۹۶۵۳	۲۴/۶۷
۶۱ – ۸۰	۳/۲۹۳	۰/۹۷۲۸	۲۹/۵۴
۸۱ – ۱۰۰	۳/۲۵۱	۰/۵۶۳۸	۱۷/۳۴
۱۰۱ – ۱۲۰	۳/۵۰۸	۰/۵۱۲۸	۱۴/۶۲۲
۱۲۱ – ۱۴۰	۳/۷۱۳	۰/۴۹۸۹	۱۳/۴۳۵
۱۴۱ – ۱۶۰	۳/۶۷۵	۰/۵۱۲۸	۱۳/۹۵۱
۱۶۱ – ۱۸۰	۳/۴۳۷	۰/۸۴۸۳	۲۴/۶۷۸
۱۸۱ – ۲۰۰	۳/۲۴۵	۰/۴۴۰۶	۱۳/۵۷۷
۲۰۱ – ۲۲۰	۲/۸۲۱	۰/۳۷۸۷	۱۳/۴۲۷
۲۲۱ – ۲۴۰	۲/۶۶۴	۰/۳۷۷۹	۱۴/۱۸۷
۲۴۱ – ۲۶۰	۲/۸۱۰	۰/۵۹۴۰	۲۱/۱۳۳
۲۶۱ – ۲۸۰	۲/۹۵	۰/۶۵۶۹	۲۲/۲۷۳
۲۸۱ – ۳۰۰	۲/۷۱۹	۰/۳۹۱۷	۱۴/۴۰۲
۳۰۱ – ۳۲۰	۲/۵۹۶	۰/۳۵۱۰	۱۳/۵۱۹
۳۲۱ – ۳۴۰	۲/۶۷۸	۰/۳۳۴۷	۱۲/۴۹۸
۳۴۱ – ۳۶۰	۲/۶۷۳	۰/۳۲۲۵	۱۲/۰۶۴
۳۶۱ – ۳۸۰	۳/۰۷۷	۰/۵۶۵۵	۱۸/۳۷۵
۳۸۱ – ۴۰۰	۲/۹۵۳	۰/۵۴۸۲	۱۸/۵۶۳

* فشار هیدرو استاتیک در سیستم، ۱/۷۵ متر

با توجه به مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری آبدهی در دسته-های ۲۰ تایی، بر اساس طبقه‌بندی اعلام‌شده در جدول (۱) برای گسیلنده‌های خطی، ضریب تغییرات ساخت گسیلنده‌های مذکور ازنظر یکنواختی فراتر از حد مجاز اعلام‌شده ASAE است. تکرار دوم آزمایش‌ها بر روی ۱۰۰ عدد گسیلنده به فاصله زمانی ۸ ساعت، مجدداً در همان آزمایشگاه انجام پذیرفت که نتایج حاصل از اندازه‌گیری تراوش و محاسبه ضریب تغییرات ساخت در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج آزمایش در تکرار دوم نیز نشان می‌دهد که گسیلنده‌های مذکور ازنقطه‌نظر ضریب تغییرات ساخت بر اساس استاندارد تعریف‌شده ASAE قابلیت توزیع یکنواخت آب در سطح مزرعه را ندارند. علاوه بر این، مقایسه مقادیر محاسبه‌شده ضریب تغییرات ساخت در تکرار اول و دوم آزمایش-های انجام پذیرفته، نشان از عدم پایداری تراوش از گسیلنده‌های مذکور دارد (جدول ۵). یک نمونه از آزمایش انجام‌شده بر روی گروه گسیلنده‌های ۲۰–۱ در آزمایشگاه موسسه آب و توسعه پایدار فلات در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ٤- تکرار دوم اندازه‌گیری تراوش ۵ دسته ۲۰ تایی گسیلنده سفالی و محاسبه ضریب تغییرات ساخت*

گروه گسیلنده	متوسط تراوش (لیتر در ساعت در متر)	انحراف معیار (لیتر در ساعت در متر)	ضریب تغییرات ساخت (درصد)
۱ – ۲۰	۳/۹۸	۲/۹۴	۷۳/۸۹
۲۱ – ۴۰	۳/۵۴	۱/۵۱	۴۲/۶۹
۴۱ – ۶۰	۳/۷۶	۱/۶۱	۴۲/۸۹
۶۱ – ۸۰	۴/۲۷	۱/۱۰	۲۵/۷۵
۸۱ – ۱۰۰	۳/۹۲	۰/۹۱	۲۳/۴۰

* فشار هیدرو استاتیک در سیستم، ۱/۷۵ متر

جدول ۵- مقایسه ضریب تغییرات ساخت تکرار اول و دوم آزمایش در پنج گروه گسیلنده*

گروه گسیلنده	ضریب تغییرات ساخت تکرار اول (درصد)	ضریب تغییرات ساخت تکرار دوم (درصد)
۱ – ۲۰	۲۶/۰۰	۷۳/۸۹
۲۱ – ۴۰	۲۳/۸۵	۴۲/۶۹
۴۱ – ۶۰	۲۴/۶۷	۴۲/۸۹
۶۱ – ۸۰	۲۹/۵۴	۲۵/۷۵
۸۱ – ۱۰۰	۱۷/۳۴	۲۳/۴۰

* فشار هیدرو استاتیک در سیستم، ۱/۷۵ متر

جدول ٦- اندازه‌گیری تراوش از گسیلنده‌های سفالی ۱ الی ۲۰ در دو تکرار به فاصله زمانی ۸ ساعت از یکدیگر در محل آزمایشگاه موسسه آب و توسعه پایدار فلات در کرمان*

شماره گسیلنده	طول گسیلنده (متر)	تکرار اول	تکرار دوم
		مقدار تراوش (لیتر در ساعت در متر)	مقدار تراوش (لیتر در ساعت در متر)
۱	۰/۲۲	۴/۴۲	۴/۹۲
۲	۰/۲۱	۴/۶۷	۳/۰۲
۳	۰/۲۲	۳/۴۷	۲/۴۷
۴	۰/۲	۵/۱۸	۳/۳
۵	۰/۱۹	۵/۰۴	۴/۳۲
۶	۰/۲۰	۲/۷۴	۱/۹۲
۷	۰/۲	۶/۲۲	۴/۵۸
۸	۰/۲۱	۳/۵۳	۲/۳۰
۹	۰/۲۱	۴/۳۷	۶/۱۳
۱۰	۰/۲۰	۳/۸۲	۲/۶۰
۱۱	۰/۱۹	۵/۳۷	۲/۹۱
۱۲	۰/۲۰	۴/۴۵	۱۵/۶۹
۱۳	۰/۱۹	۳/۹۲	۳/۵۴
۱۴	۰/۲۰	۴/۴۹	۳/۲۶
۱۵	۰/۲۰	۲/۸۹	۱/۸۰
۱۶	۰/۲۰	۴/۵۸	۳/۲۹
۱۷	۰/۲۰	۳/۴۰	۳/۸۴
۱۸	۰/۱۹	۳/۱۸	۲/۲۹
۱۹	۰/۲۱	۲/۱۶	۴/۰۱
۲۰	۰/۲۰	۲/۵۱	۳/۴۴
ضریب تغییرات ساخت:		۲۶/۰۰	۷۳/۸۹

* فشار هیدرو استاتیک در سیستم ۱/۷۵ متر و مدت اندازه¬گیری ۱۵ دقیقه

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌های اولیه در آزمایشگاه موسسه آب و توسعه پایدار فلات، همان ۴۰۰ گسیلنده سفالی را برای بررسی دقیق‌تر به آزمایشگاه هیدرولیک موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، واقع در مجموعه مؤسسات تحقیقات کشاورزی در شهر کرج انتقال داده و آزمایش‌های بعدی در آزمایشگاه مذکور انجام پذیرفت.

آزمایش‌های سری دوم

تعیین ضریب تغییرات ساخت

پس از انتقال قطعات مذکور به موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، اندازه‌گیری تراوش برای محاسبه ضریب تغییرات ساخت نیز انجام پذیرفت. همان طور که در فوق اشاره شد، اندازه گیری آبدهی دسته‌های ۲۰ تایی قطعات سفالی در تکرار اول و دوم نشان دادند که ضریب تغییرات ساخت بر اساس اندازه‌گیری‌های تکرار اول و دوم تغییر کرده است (جدول ۵). برای بررسی دقیق تر این موضوع ۱۲۰ قطعه سفال به دسته‌های ۲۰ تایی تقسیم بندی شده و مجدداً آزمایش تراوش پذیری هر دسته انجام پذیرفته است. یک نمونه از مقادیر اندازه‌گیری شده تراوش از گسیلنده‌های ۱ الی ۲۰ در مدت ۷ روز در جدول شماره ۷ ارائه شده است.

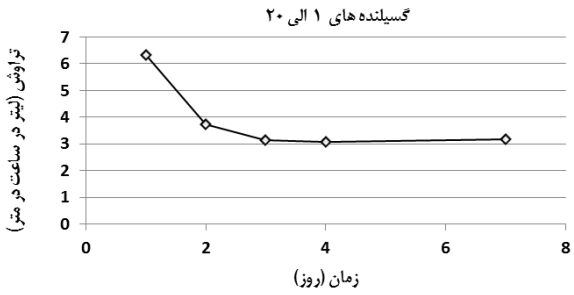
همان طور که در جدول شماره ۷ ملاحظه می‌گردد، تراوش آب از بدنه گسیلنده‌های مورد آزمون با زمان کاهش‌یافته و پس از گذشت ۷ روز همچنان ناپایدار است (شکل‌های ۳ و ۴). لازم به ذکر است که در این آزمایش ها عامل اصلی یعنی شرایط قرارگیری در خاک مورد توجه قرار نگرفته است زیرا عامل خاک فقط نیروهای موجود در سیستم را تغییر می‌دهد. در این آزمایش با حذف نیروی خاک، فقط رفتار هیدرولیکی خلل و فرج موجود در بدنه سفال به صورت آزمایشگاهی موردبررسی قرار گرفته است. در صورت وجود خاک و نیروی مکش از طرف خاکدانه‌ها بر روی بدنه سفال، مطالعه رفتار هیدرولیکی خلل و فرج موجود در بدنه سفال بسیار پیچیده و تفسیر آن مشکل خواهد شد. لذا قبل از ورود قطعات سفالی به داخل خاک باید رفتار ذاتی خلل و فرج موجود در بدنه سفال با حداقل متغیرهای موجود در سیستم مطالعه و بررسی شود. بعد از این مرحله می‌توان متغیرهای دیگر مانند خاک (انواع بافت‌های خاک) و ریشه گیاه (انواع گیاهان زراعی و باغی) مورد بررسی قرار گیرد. ضریب تغییرات ساخت ۱۹ گسیلنده مورد آزمون از مقدار ۲۹/۴۹ درصد در روز اول شروع و تا روز دوم آزمایش افزایش یافته و از این روز به بعد شروع به نقصان نموده است (شکل ۵).

علت افزایش ضریب تغییرات ساخت در طول دو روز اول این است که اندازه یا قطر خلل و فرج موجود در بدنه گسیلنده‌های سفالی بسیار متفاوت است. با شروع آزمایش، ابتدا خلل و فرج-های با قطر بزرگ به اشباع می‌رسند و شروع به تراوش می‌کنند. به مرور زمان خلل و فرج‌های با قطر کمتر به اشباع رسیده و در امر تراوش مشارکت می‌کنند. روند تغییرات تراوش آب از بدنه کلیه گسیلنده‌های گروه‌های ۲۰ تایی، همانند گروه گسیلنده ۱ الی ۲۰، به‌صورت نزولی بوده و بعد از گذشت زمان طولانی (بیش از ۷ روز) همچنان رو به نقصان می‌باشند. دلیل این امر این است که و در یک فاصله زمانی مقدار تراوش افزایش می‌یابد. این فاصله زمانی بستگی به فشار هیدرو استاتیک در سیستم دارد. بعد از رسیدن به نقطه حداکثر، مقدار تراوش به‌مرور زمان کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها و محاسبه ضریب تغییرات ساخت شش گروه گسیلنده ۲۰ تایی در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول ۷- عدم پایداری تراوش در آزمایش تعیین ضریب تغییرات ساخت*

شماره گسیلنده	مقدار تراوش (لیتر در ساعت در متر) مدت‌زمان آزمایش (روز)					شماره گسیلنده	مقدار تراوش (لیتر در ساعت در متر) مدت‌زمان آزمایش (روز)				
	۱	۲	۳	٤	۷		۱	۲	۳	٤	۷
۱۰۱	۹/۵۴	۶/۴۲	۵/۴۴	۵/۰۹	۴/۰۴	۱۱۱	۷/۲۳	۳/۲۳	۲/۷۳	۲/۶۱	۲/۷۶
۱۰۲	۵/۵۷	۲/۶۲	۲/۰۸۶	۲/۰۵	۲/۱۱	۱۱۲	۵/۱۸	۳/۲۲	۲/۷۵	۲/۶۶	۲/۷۸
۱۰۳	۷/۳۹	۲/۹۴	۲/۵۹	۲/۵۰	۲/۶۷	۱۱۳	۴/۰۰	۲/۴۰	۲/۲۱	۲/۱۲	۲/۲۷
۱۰۴	۷/۵۹	۵/۰۷	۴/۰۸	۴/۲۰	۴/۱۴	۱۱۴	۶/۴۲	۴/۵۶	۳/۹۹	۳/۸۴	۴/۳۲
۱۰۵	۶/۶۴	۴/۶۱	۳/۹۶	۳/۷۸	۳/۸۴	۱۱۵	۵/۴۶	۲/۸۲	۲/۳۴	۲/۱۶	۲/۱۹
۱۰۶	۴/۸۶	۲/۹۷	۲/۵۵	۳/۶۶	۴/۵۰	۱۱۶	۴/۸۰	۲/۵۴	۲/۱۹	۲/۴۲	۲/۲۲
۱۰۷	۷/۸۳	۳/۷۵	۳/۱۸	۳/۰۳	۳/۲۱	۱۱۷	۴/۸۳	۲/۷۳	۲/۳۱	۲/۲۵	۲/۴۳
۱۰۸	۴/۸۲	۳/۲۰	۲/۷۹	۲/۶۷	۲/۸۱	۱۱۸	۴/۰۶	۲/۷۳	۲/۴۰	۲/۳۳	۲/۴۶
۱۰۹	۱۰/۰۹	۶/۰۸۶	۲/۹۴	۴/۷۷	۴/۴۰	۱۱۹	۹/۱۸	۵/۹۴	۵/۰۷	۴/۴۹	۴/۶۰
۱۱۰	–	–	–	–	–	۱۲۰	۴/۸۹	۲/۷۳	۲/۱۳	۱/۹۵	۱/۷۱
۱۱۱	۷/۲۳	۳/۲۳	۲/۷۳	۲/۶۱	۲/۷۶	متوسط	۶/۳۲	۳/۷۱	۳/۱۴	۳/۰۸	۳/۱۸
۱۱۲	۵/۱۸	۳/۲۲	۲/۷۵	۲/۶۶	۲/۷۸	CV	۲۹/۴۹	۳۵/۳۹	۳۴/۶۸	۳۲/۵۸	۳۲/۴۲

* فشار هیدرو استاتیک در سیستم، ۱/۷۵ متر



شکل ۳- تغییرات زمانیِ متوسطِ تراوش از یک گروه ۲۰ تایی گسیلنده

شکل ٤- تغییرات زمانی تراوش از یک گسیلنده سفالی

شکل ۵- تغییرات زمانی ضریب تغییرات ساخت یک گروه ۲۰ تایی گسیلنده

با توجه به مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری آبدهی در دسته-های ۲۰ تایی، ضریب تغییرات ساخت گسیلنده‌های مذکور از نظر یکنواختی فراتر از حد مجاز اعلام شده ASAE (جدول ۱) برای گسیلنده‌های خطی است.

جدول ۸- ضریب تغییرات ساخت گسیلنده‌های سفالی بر اساس اندازه‌گیری انجام‌شده در آزمایشگاه موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی*

گروه گسیلنده	متوسط تراوش (لیتر در ساعت در متر)	انحراف معیار (لیتر در ساعت در متر)	ضریب تغییرات ساخت (درصد)
۱ – ۲۰	۳/۱۴	۱/۰۹	۳۴/۶۸
۲۱ – ۴۰	۱/۸۰	۰/۶۵	۳۶/۴۶
۴۱ – ۶۰	۰/۹۷	۰/۳۰	۳۰/۹۲
۶۱ – ۸۰	۱/۳۱	۰/۹۲	۳۲/۰۹
۸۱ – ۱۰۰	۵/۱	۱/۲۰	۲۳/۶۳
۱۰۱ – ۱۲۰	۶/۳۹	۱/۵۲	۲۳/۸۶

* فشار هیدرو استاتیک در سیستم، ۱/۷۵ متر

نتیجه حاصل از تعیین ضریب تغییرات ساخت گسیلنده‌های ۱ الی ۱۰۰ بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در آزمایشگاه موسسه آب و توسعه پایدار فلات در کرمان و ستاد مرکزی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در کرج، در جدول (۹) ارائه شده است. همان طور که در جدول (۷) ملاحظه گردید، به واسطه عدم وجودِ پایداری در تراوش و تغییرات آن با زمان، ضریب تغییرات ساخت نیز دائماً تغییر کرده است. برای بررسی دقیق تر این موضوع نیاز به انجام یک آزمایش با صرف زمان بیشتر بود تا تحلیل دقیقی از روند تغییرات تراوش از گسیلنده‌های سفالی به دست آورد. در این ارتباط گسیلنده‌های شماره ۴۱ الی ۶۰ به مدت ۱۲ روز مورد آزمون قرار گرفت. به‌عنوان نمونه، نتایج حاصل از اندازه‌گیری تراوش از گسیلنده شماره ۴۸ در شکل (۶) ارائه شده است.

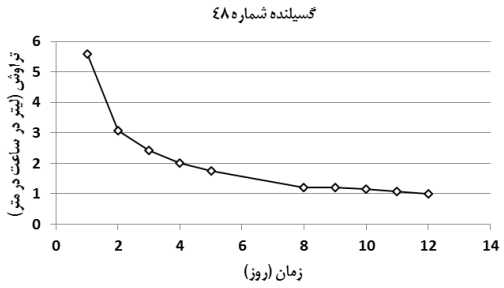
همان طور که ملاحظه می‌گردد، مقدار تراوش متناسب با افزایش زمانِ آزمایش، کاهش یافته است. روند تغییراتِ متوسطِ تراوش از گسیلنده‌های ۴۱ الی ۶۰ نیز در شکل (۷) ارائه شده است. در چنین شرایطی ضریب تغییرات ساخت نیز متناسب با تغییرات تراوش از گسیلنده‌ها تغییر کرده است. ضریب تغییرات ساختِ گروه گسیلنده‌های ۴۱ الی ۶۰ در شکل (۸) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، این شاخص متناسب با تغییرات تراوش گسیلنده‌ها، تغییر کرده و مقدار آن همواره بیش از ۲۰ درصد است. این بدان معنی است که گسیلنده‌های موجود در این گروه، از یکنواختی لازم برای تحویل حجم مشخصی از آب به نیمرخ خاک برخوردار نمی‌باشد. روند نزولی تراوش از گسیلنده‌های گروه‌های ۱ الی ۲۰ و ۴۱ الی ۶۰ که در شکل‌های ۲ و ۵ ارائه شده، نشان می‌دهد که حجم اشغال شده توسط خلل و فرج در بدنه گسیلنده، با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

به‌عبارت‌دیگر کاهش جریان تراوش یافته از بدنه سفال نشان می‌دهند که مشارکت خلل و فرج موجود در بدنه سفال برای انتقال جریان به‌مرور زمان کاهش یافته است؛ به‌عبارت‌دیگر کاهش مقدار جریان نشان‌دهنده کاهش نقش خلل و فرج برای انتقال جریان از داخل گسیلنده به محیط خارج از آن است؛ به‌عبارت‌دیگر حجم خلل و فرج در بدنه گسیلنده به‌مرور زمان تقلیل می‌یابد. برای بررسی این موضوع نیاز به انجام آزمایش مستقل در مدت‌زمان طولانی بود تا بتوان درک عمیقی از کارکرد این نوع گسیلنده‌ها پیدا نمود.

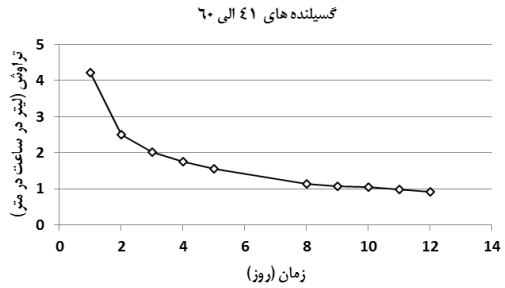
جدول ۹- ضریب تغییرات ساخت گسیلنده‌های سفالی ۱ الی ۱۰۰ در سه آزمون

گروه گسیلنده	آزمون اول (کرمان)	آزمون دوم (کرمان)	آزمون سوم (کرج)
	ضریب تغییرات ساخت (درصد)	ضریب تغییرات ساخت (درصد)	ضریب تغییرات ساخت (درصد)
۱ – ۲۰	۲۶/۰۰	۷۳/۸۹	۳۴/۶۸
۲۱ – ۴۰	۲۳/۸۵	۴۲/۶۹	۳۶/۴۶
۴۱ – ۶۰	۲۴/۶۷	۴۲/۸۹	۳۰/۹۲
۶۱ – ۸۰	۲۹/۵۴	۲۵/۷۵	۳۲/۰۹
۸۱ – ۱۰۰	۱۷/۳۴	۲۳/۴۰	۲۳/۶۳

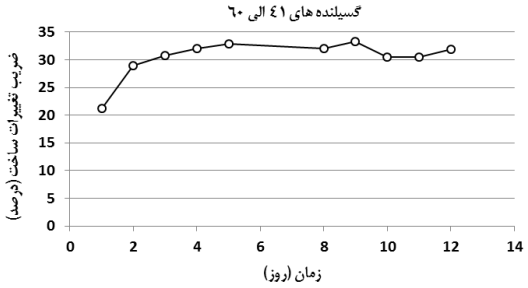
* فشار هیدرو استاتیک در سیستم، ۱/۷۵ متر



شکل ٦- تغییرات زمانی تراوش آب از یک گسیلنده



شکل ۷- تغییرات زمانی متوسط تراوش آب از یک گروه ۲۰ تایی گسیلنده



شکل ۸- تغییرات زمانی ضریب تغییرات ساخت یک گروه ۲۰ تایی گسیلنده

رفتار عمومی تراوش از گسیلنده‌های سفالی

اندازه‌گیری تراوش از گسیلنده‌های سفالی در آزمایشگاه موسسه آب و توسعه پایدار در کرمان نشان داد که مقدارِ تراوشِ از قطعات سفالی در تکرارهای اول و دوم با یکدیگر تفاوت دارند. این موضوع در آزمایشگاه موسسه فنی و مهندسی موردبررسی دقیق قرار گرفت و نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های پیوسته در فشار هیدرو استاتیک ۱/۷۵ متر به مدت ۱۲ روز نیز نشان داد که روند تراوش از گسیلنده‌های سفالی نزولی است. برای بررسی دقیق این موضوع، سه گسیلنده سفالی در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر به مدت ۵ روز مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری تراوش از گسیلنده‌ها نشان داد؛ تراوش آب از قطعات سفالی در شروع زمان آزمایش از یک مقدار کم شروع و به‌تدریج افزایش‌یافته و نهایتاً به حداکثر مقدار ممکن می‌رسند و سپس سیر نزولی آن آغاز شده و تا انتهای مدت‌زمان آزمایش همچنان کاهش می‌یابند. نمونه چنین شرایطی در فشارهای هیدرواستاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر به ترتیب در شکل‌های (۹) الی (۱۱) نشان داده شده است.

شکل ۹- تغییرات زمانی تراوش از یک گسیلنده در فشار هیدرو استاتیک ۰/۵ متر

شکل ۱۰- تغییرات زمانی تراوش از یک گسیلنده در فشار هیدرو استاتیک ۱ متر

شکل ۱۱- تغییرات زمانی تراوش از یک گسیلنده در فشار هیدرو استاتیک ۲ متر

همان‌طور که در شکل‌های (۹) الی (۱۱) مشاهده می‌گردد، زمان رسیدن به مقدار حداکثر تراوش، در فشارهای هیدرو استاتیک مختلف با یکدیگر تفاوت دارند. با افزایش فشار هیدرو استاتیک در سیستم، زمان رسیدن به مقدارِ حداکثر تراوش، کاهش یافته است. مقدار اولیه تراوش در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر به‌ترتیب ۰/۷، ۲/۳ و ۳/۷ لیتر در ساعت در متر بوده است. بعد از گذشت مدت‌زمان کوتاهی، تراوش به حداکثر مقدار خود رسیده است. مقدار حداکثر تراوش در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر به ترتیب ۱/۴۶، ۲/۶۷ و ۶/۱۶ لیتر در ساعت در متر اندازه‌گیری شده است.

زمان رسیدن به مقدارِ حداکثر تراوش در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر به ترتیب ۲۸، ۸ و ۲ ساعت به طول انجامیده است. پس از رسیدن به نقطه حداکثر، مقدار تراوش باگذشت زمان کاهش‌یافته و همچنان رو به نقصان است. در این شرایط، اندازه‌گیری تراوش برای محاسبه ضریب تغییرات ساخت و ارزیابی گسیلنده‌های مذکور مفهوم خود را از دست می‌دهد. برای بررسی تغییرات تراوایی گسیلنده سفالی، نیاز به یک شاخص تراوایی است. با توجه به اینکه خلل و فرج موجود در بدنه سفال بسیار ریز و در حد میکرون می‌باشند، بنابراین چنین به نظر می‌رسد که در ابتدای زمان آزمایش و آب‌گیری گسیلنده، کلیه خلل و فرج موجود در بدنه سفال دخالتی در عبور آب از بدنه گسیلنده نداشته باشند.

با توجه به اینکه اندازه یا قطر خلل و فرج در بدنه سفال با یکدیگر برابر نیستند، لذا ابتدا خلل و فرج‌های با قطر بزرگ‌تر در امر آبگذری از بدنه گسیلنده دخالت نموده و به ترتیب در طول زمان، خلل و فرج‌های با قطر کمتر شروع به آب‌گیری و درنهایت پس از گذشت یک زمان نامشخص، کلیه خلل و فرج-های موجود در بدنه گسیلنده از آب اشباع شده و در مجموع،

نقطه آبدهی حداکثری را برای قطعه سفالی تشکیل می‌دهند. لازم به ذکر است که در چنین پدیده‌ای گیر افتادن هوا در خلل و فرج ریز و خروج تدریجی آن از بدنه گسیلنده، به احتمال قوی نقش بسیار مهمی داشته باشد. نتیجه دیگری که می‌توان از این آزمایش استنتاج نمود این است که هرچه فشار آب در سیستم کمتر باشد، زمان به اشباع رسیدن گسیلنده سفالی طولانی‌تر خواهد بود.

به عبارت‌دیگر در فشارهای هیدرو استاتیک کم، زمان طولانی‌تری موردنیاز است تا کلیه خلل و فرج موجود در بدنه گسیلنده در امر جریان آب و تراوش از بدنه سفال دخالت نمایند. درهرحال رفتار عمومی گسیلنده‌های سفالی نشان می‌دهند که آبدهی گسیلنده از یک مقدار کم شروع و با گذشت زمان افزایش‌یافته و پس از گذشت چند ساعت از شروع آب‌گیری، به حداکثر مقدار ممکن می‌رسد که این نقطه به نام نقطه آبدهی حداکثری یا آبدهی شاخص نام‌گذاری می‌گردد.

فاصله زمانی این نقطه از زمان شروع آزمایش، وابسته به فشار آب در سیستم، ضخامت بدنه گسیلنده، درصد خلل و فرج، قطر خلل و فرج، نسبت خلل و فرج درشت به خلل و فرج ریز در بدنه سفال و ... دارد. لازم به ذکر است که عوامل بسیار زیادی در شکل‌گیری، درصد و قطر خلل و فرج در بدنه سفال مؤثر می‌باشند که عبارت‌اند از نوع رس مورداستفاده برای ساخت گسیلنده، درصد ذرات رس، سیلت و شن، درصد رطوبت مخلوط مواد در زمان شکل‌گیری گسیلنده، درجه حرارت پخت گسیلنده و عوامل ناشناخته دیگر که هریک از آن ها نیاز به تحقیق جداگانه دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ضریب تغییرات ساخت گسیلنده‌های مذکور فراتر از حد استاندارد است. این بدان معنی است که در صورت استفاده از گسیلنده‌های مذکور، گیاهان در نقاط مختلف مزرعه/باغ به‌صورت مساوی آب دریافت نخواهند کرد. لذا در این شرایط استفاده از این گسیلنده‌ها در امر آبیاری زیرسطحی گیاهان پیشنهاد نمی‌گردد. با توجه به اینکه نوع مواد مورداستفاده، درصد اختلاط آن‌ها، نحوه آماده‌سازی گِل و پخت آن در کوره و درمجموع تکنیک مورداستفاده برای ساخت این نوع گسیلنده در اختیار سازنده است، لذا پیشنهاد می‌گردد که سازنده نسبت به استانداردسازی و تولید گسیلنده‌های یکنواخت اقدام فرماید. میزان تراوش از گسیلنده‌های سفالی نیز نشان داد که تخلخل موجود در بدنه این نوع گسیلنده‌ها متشکل از دو دسته خلل و فرج ریز و درشت می‌باشند. در زمان آبگیری گسیلنده، ابتدا خلل و فرج درشت در امر آبگذری دخالت نموده و تراوش آب از بدنه سفال آغاز می‌گردد.

با گذشت زمان، خلل و فرج ریزتر شروع به آبگیری نموده و متناسب با آن، مقدار تراوش افزایش می‌یابد و به یک مقدار حداکثر می‌رسد. هر چه فشار هیدرو استاتیک در سیستم بیشتر باشد، زمان رسیدن به نقطه حداکثر تراوش کمتر است. برای گسیلنده‌های مورد آزمون در این تحقیق، زمان رسیدن به تراوش حداکثر در فشارهای هیدرو استاتیک ۰/۵، ۱ و ۲ متر به ترتیب ۲۸، ۸ و ۲ ساعت بوده است. پس از رسیدن به تراوش حداکثر، سیر نزولی تراوش آغاز می‌گردد و با گذشت زمان مقدار تراوش کاهش می‌یابد. آب مورداستفاده در کلیه آزمون‌ها، با شاخص شوری ۰/۸۳ دسی زیمنس بر متر، از کیفیت بسیار خوبی برخوردار بوده ولی مقادیر نزولی تراوش نشان دادند که املاح محلول در آب به مرور زمان در خلل و فرج موجود در بدنه گسیلنده رسوب کرده و باعث کاهش آبگذری گسیلنده می‌شود. با توجه به کاهش آبگذری گسیلنده، امکان استفاده پایدار از آن ها برای تأمین آب موردنیاز گیاه زراعی/باغی در درازمدت، مقدور نیست.

منابع

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

جهان تیغ، م. ۱۴۰۰. اثرات روش‌های آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای بر رشد نهال توت در مناطق خشک (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی سیستان). مدل‌سازی و مدیریت آب و

خاک. ۱(۲): ۳۵-۲۵.

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

Ansari, H., Naghedifar, M. R. and Faridhosseini, A. 2015. Performance evaluation of drip, surface and pitcher irrigation systems: A case study of prevalent urban landscape plant species. International Journal of Farming and Allied Sciences. 4 (8): 610-620.

Siyal, 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., Van Genuchten, M.T. and Skaggs, T. 2013. Solute transport in a loamy soil under subsurface porous clay pipe irrigation. Agricultural Water Management. 121: 73-80.

Siyal, A.A., Soomro, S.A. and Siyal, A.G. 2015. Performance of Pitcher Irrigation with Saline Water under High Evapotranspiration Rates. Journal of Chinese Soil and Water Conservation. 46 (1): 61-69.

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.

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 197-210

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۲۱۰-۱۹۷

Construction Variation Coefficient and Seepage Behavior of Clay Emitters with the Aim of Their Application in Subsurface Irrigation

SH. Ashrafi[1*] and E. Kanani[2]

Abstract

During the last three decades, Development Research Institute has produced clay emitters and has implemented the mentioned system in small-scale farms in several areas of Kerman province in pistachio orchards. Because the hydraulic characteristics of the emitters and their operating time in the gardens are unknown. therefore, it is impossible to evaluate the performance of emitters used in these gardens. In order to evaluate the hydraulic performance of the emitters in terms of the construction variation coefficient and changes in the seepage behavior in laboratory conditions, 400 clay emitters were studied at the Agricultural Engineering Research Institute of Karaj. The clay emitters were with a length of 30 cm, an internal diameter of 1.5 cm, an outer diameter of 2.5 cm, and a wall thickness of 0.5 cm. To investigate the construction variation coefficient, the emitters were grouped into groups of 20, and each group was tested at a constant hydrostatic pressure of 1.75 m using water with a quality of 0.83 dS/m. The results showed that the values of the construction variation coefficient of the 20 packages under test were in the range of 23 to 73%, which was higher than the 20% of the ASAE standard and was deemed unacceptable. To investigate the seepage behavior of clay emitters over time, the discharge changes of 7 groups of emitters at three hydrostatic pressures of 0.5, 1, and 2 m were tested. Measurement of seepage from clay emitters for 1000 hours showed that as water passes through the pores of the emitter's body, the water-soluble salts precipitate over time in the porous environment of the clay emitters and cause emitter clogging. The average maximum initial seepage of clay emitters in 7 groups of emitters at hydrostatic pressures of 0.5, 1, and 2 meters was 1.53, 2.57, and 4.783 L/hr.m, respectively. After 1000 hours of Continuous test, the final seepage values reached 0.93, 1.48, and 1.29 L/hr.m, respectively. Descending values of seepage showed that water-soluble salts precipitate over time in the pores of the emitter body and reduce the emitter permeability. Due to the reduction of emission permeability, it is not possible to sustainable use of them to supply the water requirements for crops/gardens in the long term.

Keywords: Clay emitter, Hydrostatic pressure, Seepage, Construction variation coefficient

[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
Received: 1 March 2021
Accepted: 26 March 2021