نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره پنجم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

ارزیابی شاخص‌های عملکرد آبیاری جویچه‌ای با پوشش نیم‌لوله پلی‌اتیلن سوراخ‌دار در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای معمول

علی صالحی[۱]، *سیداسدا... محسنی‌موحد[۲] و جواد مظفری[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک، [۲]استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۹

چکیده

سابقه و هدف: از جمله راه‌های اجرای آبیاری سطحی، آبیاری جویچه‌ای می‌باشد که مخصوص کشت‌های ردیفی است. در این روش آب به‌وسیله حرکت در جویچه‌ها، در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و گیاه مورد نظر در روی پشته‌ها کشت می‌شود. میزان راندمان آبیاری در این روش پایین است و در بعضی مناطق به زیر ۳۰ درصد می‌رسد. روش‌های زیادی تاکنون جهت افزایش راندمان این نوع آبیاری پیشنهاد شده است که به دلایل مختلف تاکنون به‌صورت فراگیر اجرا نشده است. بر روی روش آبیاری جویچه‌ای با پوشش نیم لوله سوراخدار که در این پژوهش پیشنهاد شده تاکنون هیچ‌گونه کار تحقیقی و عملی گزارش نشده است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در دو مرحله انجام گرفته است. مرحله اول پژوهش در آزمایشگاه بر روی نیم‌لوله سوراخ‌دار انجام گرفت. مرحله دوم پژوهش در گلخانه صورت گرفت که در آن شاخص‌های عملکرد راندمان آب مورد نیاز، راندمان کاربرد، نسبت نفوذ عمقی، یکنواختی توزیع و نسبت رواناب پایاب در روش پیشنهادی با روش آبیاری جویچه‌ای معمول در یک شیار خاکی ایجاد شده در یک فلوم مورد مقایسه قرار گرفته است. در این پژوهش نیم‌لوله انتخابی از جنس پلی‌اتیلن به طول ٤ متر و قطر ۲۵۰ میلی‌متر بود که در آزمایشگاه سوراخ‌هایی به قطر ۵ میلی‌متر و به فواصل ۲۰ سانتی‌متر در کف آن ایجاد شد. پس از گذراندن جریان آب از نیم‌لوله سوراخ‌دار با ۳ دبی مختلف، ۳ شیب مختلف و در ۳ مدت زمان مختلف، آب‌های خروجی از سوراخ‌ها اندازه‌گیری شد. در این پژوهش ارتباط میزان دبی عبوری از نیم‌لوله، شیب کف و مدت زمان کارکرد سیستم در مقایسه با حجم آب خروجی از سوراخ‌ها بررسی شد. از آنجایی‌که درصد شیب کف پارامتری بدون بعد است بنابراین در تحلیل‌ها و در مقایسه نتایج آزمایش‌ها، به‌جای دبی از نسبت دبی (دبی رواناب تقسیم بر دبی ورودی به سیستم) و به‌جای زمان از نسبت زمان (زمان پیشروی تقسیم بر زمان کارکرد سیستم) استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج مرحله اول پژوهش بر روی نیم‌لوله سوراخ‌دار در آزمایشگاه، نشان داد در حالتی‌که نسبت دبی (۰/۳۰۲۰)، نسبت زمان (۰/۲۷۲) و شیب (۲/٦ درصد) باشد بهترین یکنواختی توزیع نسبت به حالت‌های دیگر وجود دارد. در این حالت عمق نفوذ تقریباً یکنواختی از ابتدا تا انتها به‌دست آمد. در مرحله دوم، لوله سوراخ‌دار در کف شیار

* مسئول مکاتبه: movahed244@yahoo.com

خاکی ایجاد شده در فلومی در داخل گلخانه و با شیب ۲/۶ درصد و نسبت دبی عبوری ۰/۳۰۲ و نسبت زمانی ۰/۲۷۲ مورد آزمایش قرار گرفت و با جویچه‌ای در خاک معمولی در داخل فلوم با شرایط مساوی مقایسه شد. در شاخص‌های عملکرد پنج‌گانه به‌دست آمده برای هر دو آزمایش مشخص شد که انجام آزمایش با لوله سوراخ‌دار هر چند که دارای مقدار رواناب بیش‌تری نسبت به روش معمول است، اما سایر موارد از جمله یکنواختی توزیع، بسیار مناسب‌تر از حالت آبیاری معمول می‌باشد.

نتیجه‌گیری: بهترین حالت به‌دست آمده از تحلیل نتایج، زمانی است که شیب ۲/۶۲ درصد، دبی ورودی ۳/۳۱ برابر دبی رواناب و مدت زمان کارکرد سیستم نیز ۳/۶۷ برابر زمان پیشروی باشد. این روش در مزارع کوچک که قابلیت اجرای سیستم‌های تحت فشار وجود ندارد، در دبی‌های کم که به‌علت حرکت کند آب تلفات نفوذ عمقی زیاد است و مدت زمان آبیاری و هزینه کارگری افزایش می‌یابد، در مزارعی که تعداد قطعات زمین‌های کشاورزی زیاد است و به‌صورت خرده‌مالکی اداره می‌شوند بسیار قابل‌استفاده می‌باشد. بنابراین از منظر اقتصادی و اجتماعی و عدم پیچیدگی، بسیار کاربردی و قابل لمس برای کشاورزان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، آبیاری جویچه‌ای با نیم‌لوله‌های سوراخ‌دار، آبیاری سطحی

مقدمه

در حال حاضر جهان بحران آب را تجربه می‌کند و به‌نظر می‌رسد که در آینده‌ای بسیار نزدیک با توجه به‌میزان مصرف آن، در بسیاری از نقاط جهان حتی آب کافی برای تولید مواد غذایی به‌میزان لازم نیز وجود نداشته باشد. بنابراین صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی که بیش‌ترین تلفات آب را دارد، امری ضروری به‌نظر می‌رسد (۵). آبیاری یکی از قدیمی‌ترین فناوری‌های کشاورزی است که کشاورزان در جهت استفاده حداکثر از آب شیوه‌های گوناگون آن را به‌کار برده‌اند. همگام با پیشرفت علم نیز شیوه‌های نوینی از آبیاری امروزه به کشاورزان ارائه شده است. اما حتی تجربه زیاد زارعین و پیشرفت‌های علم نیز هنوز نتوانسته است راندمان استفاده از آب را در مزارع به حداکثر برساند (۱). معمولاً راندمان‌هایی که در آبیاری مدنظر قرار می‌گیرند عبارتند از راندمان نیازآبی، راندمان کاربرد، نسبت نفوذ عمقی، یکنواختی توزیع و نسبت رواناب پایاب. با توجه به کاهش روزافزون آب‌های زیرزمینی و استفاده بیش از حد آب در مزارع کشاورزی با راندمان پایین، وجود یک روش آبیاری مناسب در این مزارع ضروری است. شبیه‌سازی عددی و تحلیلی، راه‌حل آسان و کم‌هزینه برای مطالعه فعالیت‌های مدیریتی آبیاری سطحی بهینه می‌باشد. ارزیابی سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای در ازای مقادیر مختلف دبی می‌تواند در تخمین دقیق ضرایب معادلات نفوذ و پیشروی و در نتیجه رسیدن به حداکثر راندمان مؤثر واقع شود (۲). در برخی مواقع طرح‌های ابتکاری و غیرمعمول ارائه شده، بسیار عملی‌تر و کاربردی بوده است. طرح ابتکاری شیر کنترل اتوماتیک با هزینه‌ای اندک، دبی ورودی به شیار در آبیاری موجی را کنترل می‌کند. در این طرح دبی توسط یک شیر کنترل دریچه‌ای، یک موتور پله‌ای، صفحه کلید و یک منبع تغذیه به آسانی کنترل می‌شود. در صورت انتقال آب به جویچه براساس تغییرات نفوذپذیری خاک، رواناب کاهش می‌یابد که نتیجه آن افزایش راندمان آبیاری می‌باشد. کاربرد این شیر اتوماتیک می‌تواند در زمینه تغییر الگوی جریان ورودی در شرایط عملی در

مزرعه و افزایش راندمان آبیاری مؤثر باشد. بنابراین مروج‌الاحکامی و همکاران (۲۰۱۳)، استفاده از دستگاه فوق را به‌منظور کنترل جریان ورودی آب به جویچه و در نتیجه افزایش راندمان آبیاری به‌دلیل سهولت استفاده از سیستم پیشنهاد دادند (٤). پژوهش جالبی توسط ماجدی‌اصل و حسن‌پور (۲۰۰٦) اجرا شد که در آن توسط یک لوله ساده بدون استفاده از شیر کنترل، آبیاری موجی اجرا شد. در این طرح با بالا و پایین بردن سطح آب در حوضچه‌های ساخته شده در ابتدای هر شیار، میزان دبی خروجی از سیفون به‌سمت شیارها را تغییر دادند. با توجه به مشکلاتی که درباره شیرهای الکترونیکی وجود دارد، روش‌های مختلفی مورد بررسی قرارگرفت و بدین‌منظور وسیله ساده‌تری پیشنهاد گردید. این وسیله ضمن سادگی، ارزان‌قیمت بوده و از یک مخزن و یک یا چند سیفون تشکیل شده است (۳). اسپیتز و همکاران (۲۰۱۱) در روش ابتکاری دیگری در صحرای مغولستان، آبیاری زیرزمینی شبیه به آبیاری جویچه‌ای اجرا نمودند. در این روش آب توسط لوله‌های مخصوص تا ابتدای زمین منتقل شده و توسط لترال‌های تعبیه شده در زیرزمین به مزرعه می‌رسید. لترال‌ها لوله‌های پلاستیکی سوراخ‌داری بود که در عمق ۲۵ سانتی‌متری سطح زمین در درون خاک قرار داده شده بود. این لوله‌ها بر روی سطوحی سیمانی که نفوذپذیری آن‌ها بسیار کم بود قرار گرفته بودند تا آب خروجی از لوله‌های لترال به‌صورت نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج نگردد. این روش بر روی چندین گیاه اجرا شد و نتایج قابل‌قبولی به‌دست آمد. به‌عنوان نمونه در آبیاری جویچه‌ای معمول، به‌ازای ٤۹۰ لیتر آب مصرفی، ۱/۵۸ کیلوگرم سیب‌زمینی در هر مترمربع تولید شد. در حالی‌که در آزمایش مذکور، میزان آب مصرفی به ۲۹۸ لیتر در ازای تولید ۱/۷٦ کیلوگرم سیب‌زمینی در هر مترمربع، کاهش یافت. در نتیجه میزان محصول تولیدی افزایش و میزان آب مصرفی نیز بسیار کاهش پیدا کرد. از معایب این روش می‌توان به پرهزینه بودن اجرای آن و نیز مشکلات اجرای آن اشاره کرد. از طرفی نیز مشکلات تغییر ساختمان خاک در هنگام بتن‌ریزی و مشکلات شخم زدن در این روش باعث عدم اجرای آن شده است (٦). بهداروندی و برومندنسب (۲۰۱٦) به بررسی اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر بر روی راندمان کاربرد و حجم مصرف آب پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند روش ابیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر دارای کم‌ترین حجم آب مصرفی و بالاترین راندمان کاربرد آب می‌باشد، بنابراین این روش آبیاری از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است ولی برای اجرای آن باید مدیریت مناسبی اعمال نمود (۲). هدف از پژوهش حاضر معرفی روشی است با هزینه اولیه کم و قابل استفاده توسط کشاورز که بتواند در اراضی کوچک و خرده‌مالکی و همچنین گلخانه‌ها به راحتی اجرایی شود و راندمان آبیاری سطحی را تا حد زیادی بهبود بخشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به دو صورت انجام شد. ابتدا در آزمایشگاه و فقط بر روی نیم‌لوله سوراخ‌دار اجرا شد. سپس در محیط گلخانه و در مقایسه با سیستم آبیاری جویچه‌ای معمول انجام گردید. در این روش پس از انتخاب لوله پلی‌اتیلن به‌عنوان ابزار کار، به شرحی که بیان خواهد شد سوراخ‌هایی در کف آن ایجاد و آزمایش‌هایی در دو مرحله آزمایشگاهی و گلخانه‌ای بر روی آن انجام شد.

اجرای روش آزمایشگاهی: در ابتدا لوله پلی‌اتیلن با قطر ۲۵۰ میلی‌متر با ابزار دقیق علامت‌گذاری و سپس با کمان اره و به‌طور دستی به دو نیم‌لوله با قطر مساوی و اندازه‌های برابر تقسیم شد. سپس با استفاده از یک قطعه لوله اضافی و چندین سوزن مته با

اندازه‌های مختلف توسط Electric drill، سوزن مته برای ایجاد سوراخ‌هایی به اندازه مناسب انتخاب و در نهایت در کف قطعه اصلی به طول ٤ متر سوراخ‌هایی با قطر داخلی ۵ میلی‌متر و به فواصل مساوی ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر تعبیه گردید. طول لوله استفاده شده در کل آزمایش‌های انجام شده ٤ متر بود. با قرار گرفتن نیم‌لوله بر روی پایه‌های ثابت، شیب آن به‌طور یکنواخت تنظیم گردید. پس از تنظیم دبی، آب خروجی از میز هیدرولیکی توسط یک شیلنگ به ابتدای نیم‌لوله سوراخ‌دار منتقل و در آن‌جا تثبیت شد. قبل از روشن کردن پمپ میز هیدرولیکی، در زیر هر سوراخ نیم‌لوله، ظروف پلاستیکی با حجم مناسب قرار داده شد تا بتوان آب خارج شده از هر سوراخ را اندازه‌گیری کرد. سپس انتهای نیم لوله طوری قرار داده شد تا رواناب خروجی از انتهای آن به میز هیدرولیکی بازگردد. میزان رواناب نیز در هر بار آزمایش پس از بازگشت به مخزن اولیه میز هیدرولیکی به‌طور دقیق اندازه‌گیری و ثبت گردید (شکل ۱). این آزمایش‌ها با ۳ دبی متفاوت (۰/۲۰ و ۰/۲۹ و ۰/٤۱ لیتر در ثانیه) و ۳ شیب مختلف یکنواخت (صفر، ۲/٦۲ و ۳/۵ درصد) و در ۳ زمان متفاوت (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ثانیه) انجام شد. لازم به ذکر است که در شبیه‌سازی فیزیکی انتخاب طول مسیر بیش‌تر از ٤ متر برای نیم‌لوله سوراخ‌دار مقدور نبوده است بنابراین زمان‌های فوق‌الذکر بسیار کم‌تر از زمان‌های واقعی آبیاری در عمل به‌دست آمده است. بنابراین به‌منظور اجتناب از هر گونه خطا در تحلیل‌ها و رسم نمودارهای کاربردی، از نسبت‌های بدون بعد استفاده می‌کنند. در این پژوهش نیز از نسبت‌های بدون بعد درصد شیب، نسبت دبی، نسبت زمان و شاخص‌های عملکرد بدون بعد استفاده شده است. در هر مرحله از آزمایش که ٤ بار متوالی تکرار شد (در مجموع ۱۰۸ آزمایش)، زمان پیشروی و زمان پسروی و میزان رواناب خروجی از انتهای نیم لوله به‌طور دقیق اندازه‌گیری و ثبت گردید. پس از اتمام مدت زمان هر آزمایش، آب هر ۲۰ ظرف موجود در زیر سوراخ‌ها، به‌طور دقیق اندازه‌گیری و ثبت شد. پس از برداشت همه داده‌های اجرای آزمایش، جهت سهولت در به‌دست آوردن یک رویه ثابت در میزان دبی‌های خروجی هر سوراخ، از متوسط دبی خروجی هر ٤ سوراخ استفاده شد. در واقع با به‌دست آوردن مجموع دبی‌های چهار سوراخ و تقسیم آن به طول مسیر این سوراخ‌ها (۰/۸ متر) میزان عمق نفوذ آب در طول مسیر به‌دست آمد.

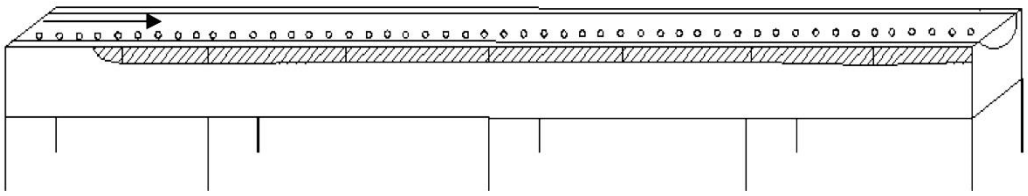
شکل ۱- نمایی از نیم‌لوله سوراخ‌دار استفاده شده در آزمایشگاه.

Figure 1. View of the perforated half-pipe used in the lab.

اجرا در گلخانه: جهت بررسی بیش‌تر طرح و اجرای آن به‌صورت عملی آزمایش در یک فلوم شفاف به طول ۸ متر و ارتفاع ۱/۲ متر و عرض ۰/۵ متر انجام شد. این فلوم به‌گونه‌ای ساخته شد که میزان عمق نفوذ در آن به‌طور واضح مشخص باشد. فلوم با خاکی با بافت ماسه‌ای به‌صورت کامل پر شد. پس از پر کردن آن، شیاری با شیب مناسب (۲/٦۲ درصد)، توسط شیب‌سنج در کل ۸ متر طول مسیر ایجاد شد. در ابتدا نیم‌لوله سوراخ‌دار در ٤ متر اول به‌صورت دقیق و به‌گونه‌ای که با کف شیار حدود ۱ سانتی‌متر فاصله داشته باشد نصب گردید. پس از نصب نیم‌لوله سوراخ‌دار، دبی ثابت ۰/٤۱ لیتر بر ثانیه در مدت زمان ۲۵ ثانیه از مسیر نیم‌لوله عبور داده شد. رواناب خروجی از انتهای لوله نیز با دقت در ظروف مناسب جمع‌آوری و اندازه‌گیری گردید و میزان عمق نفوذ آب در کل مسیر ٤ متر (در هر ۰/۵ متر) ثبت شد. شکل ۲ گویای میزان عمق نفوذ در دو متر اول فلوم در روش آبیاری با لوله سوراخ‌دار است. در ضمن نمای کلی نفوذ آب در طول فلوم در روش لوله سوراخ‌دار و روش جویچه معمولی در شکل‌های ۳ و ٤ آورده شده است. آزمایش دوم نیز با دبی ثابت ۰/٤۱ لیتر بر ثانیه و در مدت زمان کارکرد ۲۵ ثانیه و شیب یکنواخت ۲/٦۲ درصد در جویچه‌ای به طول ٤ متر و عرضی به اندازه لوله سوراخ‌دار (استفاده شده در آزمایشگاه) انجام شد و نتایج آزمایش نیز به‌طور دقیق ثبت گردید. شاخص‌های عملکرد که شامل راندمان آب مورد نیاز، راندمان کاربرد، نسبت نفوذ عمقی، یکنواختی توزیع و نسبت رواناب پایاب است، برای هر دو نوع آبیاری محاسبه شد. میزان یکنواختی نفوذ آب در این آزمایش نیز اندازه‌گیری گردید.

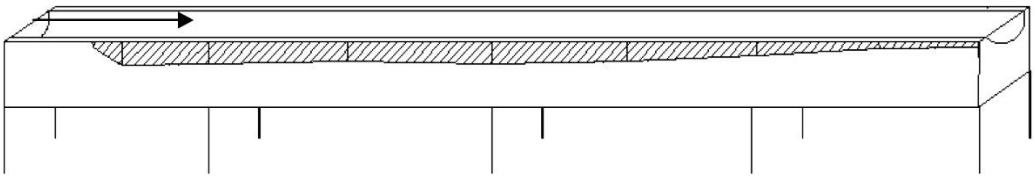
شکل ۲- عمق نفوذ در پروفیل خاک آبیاری شده با نیم‌لوله سوراخ‌دار.

Figure 2. Infiltration depth in soil profile irrigated by perforated half-pipe.



شکل ۳- نمای کلی عمق نفوذ در مسیرجویچه با نیم‌لوله سوراخ‌دار در مدل آزمایشی.

Figure 3. A general perspective of the infiltration depth along the perforated half-pipe in tested model.



شکل ٤- یک نمای کلی از عمق نفوذ در مسیر جویچه معمولی در مدل آزمایشی.

Figure 4. A general perspective of the infiltration depth along the conventional furrow in tested model.

جهت ارزیابی آبیاری جویچه‌ای، راندمان کاربرد (Ea[1])، نسبت نفوذ عمقی (DPR[2])، نسبت یکنواختی نفوذ (Du[3])، نسبت رواناب پایاب (TWR[4]) و راندمان آب مورد نیاز (Er[5]) در هردو حالت آبیاری با نیم‌لوله سوراخ‌دار و آبیاری با جویچه‌های معمولی محاسبه می‌گردد. عوامل ارزیابی آبیاری سطحی که در این پژوهش از آن استفاده می‌گردد به اختصار در زیر بیان شده است:

راندمان آب مورد نیاز (Er):این پارامتر به‌صورت نسبت عمق ذخیره رطوبتی منطقه ریشه (عمقی از منطقه ریشه که رطوبت در آن ذخیره شده است) به عمق پتانسیل ذخیره رطوبتی خاک تعریف می‌شود (۷):

$$E_r = \frac{V_{rz}}{V_{RZ}} = \frac{V_{rz}}{V_{rz} + V_{di}} \qquad (۱)$$

که در آن، V_{rz} حجم آب در واحد عرض که در منطقه ریشه گیاه ذخیره شده است (مترمکعب)، V_{RZ} حجم کل آب قابل ذخیره در منطقه ریشه و در واحد عرض مزرعه (مترمکعب)، V_{di} حجم آب در واحد عرض و در منطقه ریشه که آبیاری ناقص را بیان می‌کند (مترمکعب).

با استفاده از این راندمان می‌توان تعیین کرد که با انجام یک آبیاری تا چه اندازه آب در اختیار منطقه ریشه قرار داده شود و چون ارتباط مستقیمی با تنش رطوبتی خاک دارد، در میزان محصول تأثیر مستقیمی می‌گذارد. مقدار راندمان آب مورد نیاز، هنگامی که آبیاری در مزرعه به اتمام می‌رسد یا در حین آبیاری بارندگی رخ دهد، دارای اهمیت می‌باشد. در اراضی فاریاب که دارای احتمال بارندگی بیش‌تری هستند، عملیات حفظ و ذخیره‌سازی رطوبت ناشی از آن بسیار مهم است زیرا تعیین سطح و میزان آبیاری مورد نیاز مزرعه تحت این شرایط غالباً مشکل می‌باشد.

راندمان کاربرد (Ea): عبارت است از نسبت عمق متوسط آب آبیاری ذخیره شده در ناحیه ریشه گیاه به متوسط عمق آب کاربردی در مزرعه (۷):

$$E_a = \frac{V_{rz}}{V_{in}} = \frac{V_{rz}}{V_{rz} + V_{dp} + V_{tw}} \qquad (۲)$$

که در آن، V_{rz} حجم آب در واحد عرض که در منطقه ریشه گیاه ذخیره شده است (مترمکعب)، V_{in} حجم کل آب به‌کار برده شده در منطقه ریشه و در واحد عرض مزرعه (مترمکعب)، V_{dp} حجم آب در واحد عرض که به زیر منطقه ریشه نفوذ می‌کند (مترمکعب)، V_{tw} حجم آب در واحد عرض که از انتهای مزرعه به‌صورت رواناب خارج می‌شود (مترمکعب).

منظور از راندمان کاربرد، کفایت یا یکنواختی آبیاری نیست بلکه صرفاً درصدی از آب کاربردی است که در ناحیه ریشه ذخیره شده، برای تبخیر و تعرق قابل دسترس می‌باشد (۵).

زریهان و همکاران (۲۰۰۱)، راندمان کاربرد را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و نتیجه گرفتند که

1- Application Efficiency
2- Deep Percolation Ratio
3- Distribution Uniformity
4- Tail Water Ratio
5- Water Requirement Efficiency

بهترین رابطه برای بیان راندمان کاربرد رابطه‌ای است که در آن راندمان کاربرد به‌صورت تابعی از یکی از دو پارامتر مهم جریان ورودی به فارو یا طول فارو و یا ترکیبی از هر دو بیان شده باشد (۹).

نسبت نفوذ عمقی (DPR): عبارت است از نسبت حجم آبی که به‌طور عمقی نفوذ کرده و از منطقه ریشه پایین‌تر رفته به متوسط حجم آب کاربردی در مزرعه (۸):

$$DPR = \frac{V_{dp}}{V_{in}} = \frac{V_{dp}}{V_{rz} + V_{dp} + V_{tw}} \qquad (۳)$$

که در آن، V_{dp} حجم آب در واحد عرض که به زیر منطقه ریشه نفوذ می‌کند (مترمکعب)، V_{in} حجم کل آب به‌کار برده شده در منطقه ریشه و در واحد عرض مزرعه (مترمکعب)، V_{rz} حجم آب در واحد عرض که در منطقه ریشه گیاه ذخیره شده است (مترمکعب)، V_{tw} حجم آب در واحد عرض که از انتهای مزرعه به‌صورت رواناب خارج می‌شود (مترمکعب).

ماندابی شدن، شوری خاک‌ها و شسته شدن مواد غذایی پرارزش از منطقه ریشه گیاه از جمله صدمات ناشی از نفوذ عمقی زیاداست.

یکنواختی توزیع (DU): یکنواختی توزیع آب عبارت است از نسبت متوسط عمق نفوذ در یک چهارم کم‌ترین مقادیر اندازه‌گیری‌شده به متوسط عمق نفوذ در کل مزرعه که به‌صورت زیر بیان می‌شود (۷):

$$DU = \frac{V_{lq}}{V_{rz} + V_{dp}} \qquad (٤)$$

که در آن، V_{lq} متوسط حجم آب نفوذ کرده در ۲۵ درصد از مزرعه که کم‌تر آبیاری شده است، سایر پارامترهای رابطه قبلاً تعریف شده‌اند.

عدم یکنواختی در آبیاری سطحی به دلایلی مانند تفاوت در فرصت نفوذ و تغییرات نفوذپذیری در نقاط مختلف مزرعه بستگی دارد. می‌توان در ناحیه‌ای که کم‌ترین مقدار آب را دریافت کرده، عمق آب کاربردی را افزایش داد بدون آن‌که مقدار آب را در سایر نقاط اضافه کرد (۵).

نسبت رواناب پایاب (TWR): نسبت رواناب پایاب عبارت است از متوسط حجم آبی‌که به‌صورت رواناب از انتهای مزرعه خارج شده به متوسط حجم آب کاربردی در مزرعه (۷):

$$TWR = \frac{V_{tw}}{V_{in}} = \frac{V_{tw}}{V_{rz} + V_{dp} + V_{tw}} \qquad (۵)$$

همه پارامترهای سمت راست رابطه قبلاً تعریف شده‌اند.

تلفات رواناب پایاب مخاطرات زیادی برای سیستم‌های آبیاری و منابع منطقه‌ای آب مطرح می‌کند. فرسایش خاک سطحی مزرعه، مهم‌ترین مسأله رواناب بوده و رسوبات به‌وجود آمده موجب تخریب سازه‌های پایین‌دست می‌گردد.

در تحلیل‌های ذکر شده در این پژوهش به‌صورت مستقیم از متغیرهای دبی، زمان و شیب استفاده شده است. این فرایند در حالی است که شیب متغیری بدون بعد است و دبی و زمان دارای بعد هستند. به جهت این‌که تحلیل‌های انجام‌شده کاربردی باشند، باید متغیر دبی و زمان نیز بدون بعد باشند. در نتیجه به‌جای دبی از نسبت دبی (دبی رواناب تقسیم بر دبی ورودی به سیستم) و به‌جای زمان از نسبت زمان (زمان پیشروی تقسیم برزمان کارکرد سیستم) استفاده شده است.

نتایج و بحث

در مرحله اول این پژوهش در مجموع ۱۰۸ آزمایش انجام شد. این آزمایش‌ها در سه سطح دبی (۰/۲۱، ۰/۲۹ و ۰/٤۱ لیتر بر ثانیه)، سه سطح شیب (۰ درصد، ۲/٦۲ درصد و ۳/۵ درصد) و سه زمان متفاوت (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ثانیه) و با چهار تکرار انجام شد. بهترین‌حالت اجرای طرح در شیب ۲/٦۲ درصد و دبی ۰/٤۱ لیتر بر ثانیه و مدت زمان کارکرد سیستم در ۲۵ ثانیه بود در این حالت بیشترین میزان یکنواختی نفوذ در طول مسیر لوله به‌دست آمد. این نتیجه پس از تحلیل رگرسیونی ۱۰۸ آزمایش انجام شده در ۲۷ تیمار مختلف به‌دست آمد. میزان شیب خط رگرسیونی نیز در جدول ۱ برای ۲۷ تیمار ذکر شده ثبت گردید. منفی بودن شیب خط رگرسیون در این جدول بیانگر آن است که با افزایش فاصله سوراخ از ابتدای لوله، میزان آب خروجی آن کاهش می‌یابد. این نتیجه منطقی است و هدف دست یافتن به حالتی است که این کاهش حداقل باشد. لازم به ذکر است که در بین ۲۷ تیمار، دو تیمار ردیف‌های ۲٦ و ۲۷ جدول ۱ دارای شیب خط رگرسیون مثبت هستند و این غیرمنطقی است چون با افزایش فاصله سوراخ‌ها از ابتدای نیم‌لوله دبی خروجی از آن نباید افزایش یابد. بنابراین می‌توان این دو مورد را ناشی از خطا در آزمایش یا خطا در ثبت اعداد و ارقام دانست. در هر حال در بین تیمارها، بیش‌ترین کاهش آب خروجی مربوط به تیمار شماره ۱ یعنی (شیب صفر درصد، دبی ۰/۲ لیتر بر ثانیه و زمان ۱۰۰ ثانیه) می‌باشد. از طرفی بهترین ترکیب عوامل شیب، دبی و زمان جهت ایجاد آب خروجی تقریباً یکسان از سوراخ‌ها، مربوط به تیمار ردیف ۲۳ جدول یعنی (شیب ۲/٦۲ درصد، دبی ۰/٤۱ لیتر بر ثانیه و زمان ۲۵ ثانیه) می‌باشد چون شیب خط رگرسیون آن در بین تیمارها کم‌ترین مقدار (۰/۰٤) را دارد. اگر حاصل تقسیم دبی رواناب به دبی ورودی، نسبت دبی و حاصل تقسیم زمان پیشروی آب در لوله سوراخدار به زمان کارکرد سیستم نسبت زمان بیان شود، می‌توان گفت که بهترین حالت به‌دست آمده از داده‌ها در آزمایش‌ها، زمانی است که شیب ۲/٦۲ درصد و نسبت دبی ۰/۳۰۲ و نسبت زمان ۰/۲۷۲ باشد. به‌عبارت دیگر برای شرایط آزمایشی در این پژوهش بهترین حالت استفاده از لوله‌های سوراخ‌دار زمانی است که شیب ۲/٦۲ درصد باشد و دبی ورودی ۳/۳۱ برابر دبی رواناب و مدت زمان کارکرد سیستم نیز ۳/٦۷ برابر زمان پیشروی باشد.

همان‌طور که بیان شد، در بخش دوم آزمایش در گلخانه، در ابتدا میزان عمق نفوذ آب در کل مسیر برای دو حالت استفاده از لوله پلی‌اتیلن سوراخدار و جویچه معمولی در شیب ۲/٦۲ درصد ثبت شد. مقادیر ثبت‌شده در جدول ۲ مشاهده می‌گردد. بر طبق این جدول، عمق نفوذ در حالت استفاده از لوله سوراخدار بسیار یکنواخت‌تر از عمق نفوذ در حالت استفاده از جویچه معمولی است. در حالی‌که عمق نفوذ در جویچه معمولی از ۱۸/۵ سانتی‌متر در ابتدا به ٤ سانتی‌متر در انتها می‌رسد، عمق نفوذ در حالت استفاده از لوله سوراخ‌دار از ۱۲ به ۱۱ سانتی‌متر رسیده است و کاملاً یکنواخت به‌نظر می‌رسد.

جدول ۱- شیب خط رگرسیون بین حجم آب خروجی از سوراخ و فاصله سوراخ از ابتدای نیم لوله.

Table 1. The Slope of the regression line between the water discharged from the hole and the distance from the beginning of the half-pipe.

شماره ردیف Row Number	عنوان تیمار Title of treatment			شیب خط رگرسیون Slope regression line
	شیب (%)	دبی (l/s)	زمان (sec)	
1	0	0.2	100	-2.79
2	0	0.2	50	-1.44
3	0	0.29	100	-1.35
4	0	0.2	25	-0.86
5	0	0.29	50	-0.81
6	0	0.29	25	-0.57
7	3.5	0.29	100	-50.2
8	2.62	0.2	100	-0.45
9	2.62	0.2	50	-0.37
10	3.5	0.2	100	-0.34
11	2.62	0.29	100	-2.08
12	3.5	0.2	50	-2.05
13	3.5	0.41	100	-2.03
14	2.62	0.29	50	-2.03
15	2.62	0.2	25	-2.03
16	3.5	0.29	50	-2.00
17	2.62	0.29	25	-0.17
18	3.5	0.2	25	-0.15
19	3.5	0.41	50	-0.14
20	3.5	0.29	25	-0.13
21	2.62	0.41	50	-0.11
22	3.5	0.41	25	-0.11
23	2.62	0.41	25	-0.04
24	0	0.41	100	-0.13
25	0	0.41	25	-0.14
26	2.62	0.41	100	0.46
27	0	0.41	50	0.50

جدول ۲- مقایسه بین عمق نفوذ در دو روش آبیاری.

Table 2. Comparison between the infiltration depths in two irrigation methods.

ردیف Row	فاصله از ابتدای لوله The distance from the beginning of the pipe (m)	عمق نفوذ در حالت استفاده از نیم‌لوله سوراخ‌دار depth of infiltration in using from perforated half-pipe (cm)	عمق نفوذ در جویچه معمولی depth of infiltration in Conventional furrow(cm)
1	0.5	12	18.5
2	1	11.5	17
3	1.5	11	14.5
4	2	11	16.5
5	2.5	10.5	15
6	3	10.5	10
7	3.5	12.5	5
8	4	11	4

همچنین، با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌ها، در جدول ۳ پارامترهای ارزیابی و در واقع شاخص‌های عملکرد بیان شده است. در این قسمت از خاک شنی با مقدار کل آب قابل دسترس ٦ درصد حجمی استفاده شد. عمق مورد نیاز آبیاری نیز ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. میزان رواناب در حالت لوله سوراخ‌دار ۲/۲ لیتر و در حالت معمولی ۰/۵ لیتر اندازه‌گیری شد. همان‌گونه که از مقایسه داده‌های جدول ۳ مشخص است، با اجرای این روش، راندمان کاربرد سیستم حدود ۱٦ درصد افزایش یافت. همچنین افزایش چشم‌گیر ۱٦۷ درصدی در میزان یکنواختی نفوذ به چشم می‌خورد. همچنین مقدار نسبت نفوذ عمقی ۸۰ درصد کاهش یافته است که نشانه کاهش چشمگیر تلفات در بخش نفوذ عمقی است. این مقدار کاهش، باعث افزایش رواناب و نیز افزایش راندمان سیستم می‌گردد. راندمان آب مورد نیاز نیز با افزایش حدود ۱۵ درصد، به ۱۰۰ رسیده است که نشانگر این موضوع می‌باشد که می‌توان با این روش بدون پرت آب در بخش نفوذ عمقی، آب مورد نیاز گیاه را به‌صورت صد درصد تامین کرد. تنها عیب استفاده از این روش افزایش ۳۰۰ درصدی قسمت رواناب است.

جدول ۳- مقایسه داده‌های به‌دست آمده از دو روش آبیاری.

Table 3. Comparison between data from two irrigation methods.

پارامترهای ارزیابی Evaluation parameters	جویچه با لوله سوراخ‌دار Furrow with perforated pipe	جویچه معمولی Conventional furrow	تفاوت ٪ Difference
Ea	0.4682	0.4039	+15.92
Er	1.00	0.8625	+15.94
DPR	0.125	0.630	- 80.16
Du	0.9592	0.3582	+167.78
TWR	0.2125	0.0482	+300.61

با توجه به نتایج آزمایش که تصاویر آن در (شکل ۵) مشخص می‌باشد، رواناب خروجی از انتهای جویچه از روی خاک عبور نمی‌کند، بنابراین این رواناب فاقد املاح و رسوبات می‌باشد و هیچ‌گونه آلودگی شوری و اسیدی را به همراه نداشته و در نتیجه می‌توان به راحتی آن را به کانال اصلی منتقل کرده و در آبیاری جویچه‌های پایین‌دست استفاده کرد.

شکل ۵- نمونه‌ای از رواناب خروجی از انتهای جویچه معمولی (الف) و نمونه‌ای از رواناب خروجی از انتهای نیم‌لوله سوراخدار (ب).

Figure 5. A sample of tail water from the end of the conventional furrow (A) and A sample of tail water from the end of the perforated half-pipe (B).

بعد از مقایسه داده‌های به‌دست آمده، اگر میزان رواناب خروجی از سیستم در محاسبات لحاظ نشود، مقدار راندمان کاربرد افزایش خواهد یافت. به‌عبارت دیگر، افزایش تدریجی میـزان راندمان کاربرد در این روش، از میزان رواناب خروجی تأثیر می‌گیرد. در نتیجه می‌توان گفت که استفاده رواناب در آبیاری شیارهای پایین‌دست، سبب افزایش راندمان کاربرد کلی خواهد شد. از طرفی، در یک مقایسه کلی‌تر، می‌توان گفت که در آبیاری با روش نیم‌لوله سوراخ‌دار و مقایسه آن با روش معمول، تلفات نفوذ عمقی آب کاهش پیدا کرده است. این امر با مدیریت صحیح مزرعه و تسطیح و بهینه نمودن ابعاد آن و نیز ایجاد شیب مناسب در مزرعه، بهبود خواهد یافت. همچنین می‌توان گفت که پوشش‌دار بودن کف جویچه‌ها به هر نحو ممکن باعث افزایش راندمان کاربرد، کاهش نفوذ عمقی و افزایش رواناب پایاب می‌گردد. طول جویچه‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی گردد که در مدت زمان لازم و دبی مناسب، مقدار آب مورد نیاز گیاه را در دسترس آن قرار دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که نفوذ در روش استفاده از لوله سوراخدار پلی‌اتیلن بسیار یکنواخت‌تر از روش جویچه معمولی می‌باشد. رواناب ایجاد شده، در این روش به‌دلیل عدم فرسایش خاک و عدم تماس با خاک جویچه‌ها، هیچگونه آلودگی شوری و اسیدی را به همراه نداشته و می‌توان از آن (با ایجاد یک کانال انتقال آب) جهت آبیاری جویچه‌های پایین‌دست استفاده کرد. در طی انجام این آزمایش‌ها رابطه و فرمول مناسبی که بتوان به‌وسیله آن ارتباط دبی، زمان و شیب را با روند کاهش خروجی آب از سوراخ‌ها مشخص کرد، قابل ارائه نبوده است. بنابراین فقط

می‌توان ارتباط بین شیب، دبی ورودی به سیستم، زمان کارکرد سیستم و زمان پیشروی را به شرح گفته شده و با مقایسه نسبت‌های بی‌بعد بیان کرد. بهترین حالت به‌دست آمده از تحلیل داده‌ها، زمانی است که شیب ۲/٦۲ درصد، دبی ورودی ۳/۳۱ برابر دبی رواناب و مدت زمان کارکرد سیستم نیز ۳/٦۷ برابر زمان پیشروی باشد به‌عبارت دیگر در بین گزینه‌های مختلف این پژوهش، برای نسبت‌های فوق، مناسب‌ترین و یکنواخت‌ترین حالت آبیاری به‌دست آمد. بدیهی است نیل به یک رابطه مشخص تحلیلی- تجربی مستلزم پژوهش‌های بیش‌تر میدانی است. به‌طورکلی این روش به‌دلیل ارزان‌قیمت بودن به‌صورت همگانی در دسترس کشاورزان قرار دارد و این یکی از مهم‌ترین نکات قوت طرح می‌باشد. عدم پیچیدگی در هنگام کار کردن با این روش نیز بسیار دارای اهمیت است که برای کشاورزان به راحتی قابل استفاده است. در مزارع کوچک که قابلیت اجرای سیستم‌های تحت فشار وجود ندارد و یا اجرای آن در صورت امکان مستلزم هزینه بسیار است، کارایی فراوانی دارد. در دبی‌های کم که به‌علت حرکت کند آب تلفات نفوذ عمقی، مدت زمان آبیاری و هزینه کارگری افزایش می‌یابد بسیار مفید و قابل استفاده است. در مزارعی که تعداد قطعات زمین‌های کشاورزی زیاد است و به‌صورت خرده‌مالکی اداره می‌شوند نیز قابل استفاده می‌باشد. بنابراین از منظر اقتصادی و اجتماعی بسیار کاربردی و قابل لمس برای کشاورزان می‌باشد.

منابع

1.Abbasi, F. 2009. Methods of improving surface irrigation systems. Proceedings of the Second Conference on strategies for improving surface irrigation systems, Tehran University, Karaj, Iran. (In Persian)

2.Behdarvandi, H., Boroomand Nasab, S., and Ghasemi Nejad, M. 2016. Investigation of the effects of alternate variable furrow irrigation on application efficiency and volume of water use. Second National Conference on Mechanization and Modern Technologies in Agriculture, Ramin agriculture and natural resources of khozestan, Ahwaz, Iran. (In Persian)

3.Golestani, R., and Tabatabayee, S. 2011. Investigation modified Hall technique application in Volume balance - zero inertia hybrid models for furrow. Iran Water Res. J. 6: 11-18. (In Persian)

4.Majedi Asl, M., and Hasanpoor, M. 2006. Design a simple device on spate irrigation. National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. (In Persian)

5.Moravejolahkami, B., Mostafazadeh Fardm, B., Heidarpour, M., Islamian, C., and Roohi, J. 2013. Design and Evaluation of an Automatic Valve to Produce Different Furrow Inflow Hydrograph Shapes. J. Water Soil Sci. 17: 64. 197-207. (In Persian)

6.Mousavi, S., and Akhavan, S. 2008. Principles of Irrigation. Kankash press, 230p. (In Persian)

7.Spitz, P., Filip, J., and Sťastná, P. 2011. Point Irrigation Design for Experimental Field in Northern Part of Gobi Desert in Mongolia. Soi Water Resour. J. 6: 1-9.

8.Walker, W.R. 2003. SIRMOD III- Surface irrigation simulation, evaluation and design. Department of Biological and Irrigation Engineering Utah State University, 138p.

9.Zerihun, D., Sanchez, A.C., and Farrell-Poe, K.L. 2001. Analysis and design of furrow irrigation systems. J. Irrig. Drain. Engin. 127: 3. 161-169.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(5), 2018
http://jwsc.gau.ac.ir

Evaluation of performance indicators for furrow irrigation with perforated polyethylene half-pipe compared to conventional furrow irrigation

A. Salehi[1], *S.A. Mohseni Movahed[2] and J. Mozaffari[2]
[1]M.Sc. Student, Dept. of Water Sciences and Engineering, Arak University,
[2]Assistant Prof., Dept. of Water Sciences and Engineering, Arak University
Received: 08/22/2016; Accepted: 12/30/2017

Abstract

Background and Objectives: One of the ways to carry out surface irrigation is furrow irrigation, which is special for row crops. In this way the water by coming in parallel furrow, placed at the disposal of the plant and the intended plant are grown in ridges. In this method the irrigation efficiency is low and in some areas reach under thirty percent. Many methods have been proposed to increase the efficiency of this type of irrigation that has not been implemented yet due to various reasons. No experimental and practical work has been performed yet on the method of furrow irrigation with perforated half-pipe which is proposed in this research.

Materials and Methods: This research has been done in two steps. The first step was performed on a perforated half-pipe in the laboratory. The second step was performed in a greenhouse experiment in which performance indicators of water requirement efficiency, application efficiency, deep percolation ratio, distribution uniformity and tail water ratio in the proposed method were compared with those of ordinary furrow irrigationin a created furrow of soil on a flume. In this study the choice of a half-pipe polyethylene 4 m long, which has a diameter of 250 mm holes in the laboratory with whole distance of 20 cm and a diameter of 5 mm on bed has been created. After discharge from the tube at three different times, 3 different discharges and 3 different slopes, water outlet holes were measured. In this study, the relationship between the discharge pipe, tube and floor slope time system performance was evaluated in comparison with the value of water delivered .Since the percentage of the floor slope is a dimensionless parameter, therefore, in the analyses and comparison of the experiment results, the ratio of discharge (runoff discharge divided by inflow rate) instead of discharge and the ratio of time (advance time divided by the time of system operation) instead of time is used.

Results: The results of the first step of the research on the perforated half-tube in the laboratory showed that there is the best uniformity of distribution compared to other modes when the discharge ratio, time ratio and gradient are respectively (0.3020), (0.272) and (2.6%). In this case, the depth of infiltration was almost uniform from beginning to end. In the second stage, the perforated half-pipe was tested in the sandy soil furrow in a flume in the greenhouse, as well as the sandy furrow was tested alone and the results were compared. In these tests the slope of 2.6%, flow ratio of 0.302 and times ratio of 0.272 were adjusted. The five key performance indicators were calculated for both rigorous testing revealed that even experiments with perforated pipe that has higher runoff than in the usual method, but others including distribution uniformity is much better than a usual irrigation.

Conclusion: The best results obtained from the data analysis are when the slope is 2.62%, the discharge rate is 3.31 times the tail water runoff and the operating time of the system is 3.67 times the advance time. This method is used in small farms where pressure irrigation systems cannot be applied, also in low flows that water movement is slow and deep percolation losses are high and the duration of irrigation and labor costs increases, in farms where the number of agricultural land is high and they are managed in a small way, the method is very usable. Therefore, from an economic and social perspective and simple to implement, it is very practical and suitable for farmers.

Keywords: Furrow irrigation, Furrow irrigation with perforated half-pipe, Surface irrigation

* Corresponding Author; Email: movahed244@yahoo.com