

عامل ناپیوستگی در نفوذ از جویچه تحت جریان ناپیوسته

ابوالفضل ناصری^{۱*}، داود نیک‌نژاد^۲ و علیرضا حسن‌اقلی^۳

چکیده

یکی از روش‌های افزایش راندمان کاربرد آب در اراضی فاریاب، استفاده از جریان ناپیوسته است. شبیه‌سازی و طراحی صحیح این روش آبیاری، نیازمند برآورد دقیق ضرایب معادلات نفوذ است. تعدد اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و صرف زمان نسبتاً زیاد برای برآورد نفوذ در نقاط موردنظر از طول جویچه، از مطلوبیت روش مرسوم در برآورد ضرایب معادله نفوذ در جریان ناپیوسته می‌کاهد. بنابراین، به‌منظور ارزیابی عامل ناپیوستگی در نفوذ از جویچه تحت جریان ناپیوسته در نوبت‌های مختلف آبیاری و معرفی نحوه کاربرد روش جویچه مسدود برای اندازه‌گیری نفوذ از جویچه تحت جریان ناپیوسته آزمایشی با کاربرد جریان ناپیوسته با زمان وصل ۳۰ دقیقه و نسبت سیکل یک‌دوم با چهار بار جریان ناپیوسته، در دو نوبت آبیاری اول و دوم و در سه تکرار انجام شده است. برای انجام آزمایش‌های نفوذپذیری، از روش جویچه‌های مسدود سازگار یافته با جریان ناپیوسته استفاده شد. کاربرد جریان ناپیوسته دارای توانائی و پتانسیل کاهش در نفوذ تجمعی با اعمال موج‌های مختلف دارد. کاهش نفوذ در اثر کاربرد آبیاری ناپیوسته، در نهایت موجب کاهش نفوذ عمقی و بهبود وضعیت پیشروی جریان در جویچه شده و در نتیجه، موجب افزایش راندمان آبیاری و یکنواختی توزیع آب خواهد شد. با افزایش نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی کاهش می‌یابد. نفوذ تجمعی در انتهای زمان وصل ۳۰ دقیقه اول برای نوبت اول آبیاری (با مقدار ۹۳۶۳ میلی‌لیتر بر متر) بیشتر از نوبت بعدی (با مقدار ۵۸۵۸ میلی‌لیتر بر متر) بود. تفاوت سرعت نفوذ در موج‌های دوم تا چهارم معنی‌دار نبود. کاربرد جریان با بیشتر از سه موج، موجب تغییر در سرعت نفوذ و بهبود کارائی آبیاری نشد. پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف (k و a) در موج‌های مختلف از آبیاری اول و دوم با تحلیل رگرسیون به دست آمد. توان معادله برابر ۰/۴۳ بود. مقادیر پارامتر k در آبیاری اول، بیشتر از مقادیر آن در آبیاری دوم بود. عامل ناپیوستگی برای موج‌های مختلف از آبیاری‌های اول و دوم ارزیابی گردید. از عامل‌های ناپیوستگی می‌توان برای پیش‌بینی نفوذ تجمعی در موج‌های آبیاری اول و دوم بر مبنای نفوذ تجمعی موج اول استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری ناپیوسته، نفوذ تجمعی، جویچه مسدود، جویچه آبیاری.

مقدمه

در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد از اراضی فاریاب کشور به روش‌های سطحی آبیاری می‌گردند. یکی از این روش‌ها، استفاده از

روش جویچه‌ای برای آبیاری محصولات متعدد است. راندمان کاربرد این روش، اغلب پایین بوده و تلاش‌های متعدد انجام‌یافته برای افزایش راندمان، شامل استفاده مجدد از هرز آب، آبیاری با جریان کاهش‌یافته و استفاده از آبیاری ناپیوسته (موجی) بوده است. آبیاری ناپیوسته اولین بار توسط استرینگهام و کسلر در سال ۱۹۷۹ معرفی گردید (Stringham and Keller, 1979). این نوع جریان شامل کاربرد متناوب آب آبیاری در مسیر آبیاری و ایجاد مجموعه دوره‌های زمانی قطع و وصل جریان با مدت ثابت یا متغییری باشد (Booher, 1981). هدف اصلی از کاربرد این روش صرفه‌جویی در مقدار آب آبیاری و فراهم نمودن امکان خودکارسازی سامانه برای صرفه‌جویی در نیروی انسانی است. یکی از عمده‌ترین تفاوت بین روش‌های آبیاری پیوسته و ناپیوسته در نفوذپذیری خاک است. شبیه‌سازی و طراحی درست این دو روش، به برآورد دقیق معادلات نفوذ وابسته است (Mostafazadeh and Mousavi, 1997). از سوی دیگر، کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی برای طراحی و مدیریت آبیاری سطحی، نیازمند استفاده از ضرایب دقیق معادله نفوذ است. تعیین ضرایب

* مقاله مستخرج از گزارش فنی پروژه تحقیقاتی به شماره فروست ۴۴۰۳۲ مورخ ۱۳۹۲/۹/۱۲ از انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی است.

^۱ دانشیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران. (* نویسنده مسئول: nasseri_ab@yahoo.com)

^۲ مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

^۳ دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۲

مسدود و نفوذ سنجی گردشی یا با استفاده از مشخصه‌های پیشروی (1970) استفاده نموده (Killen and Slack, 1987) و نتایج پژوهش‌های سامانی (۱۹۸۳) را تأیید نموده‌اند (Samani, 1983). سهولت در محاسبه و نتایج مورد قبول روش دونقطه‌ای، آن را مناسب برای کاربرد در بسیاری از ارزیابی‌های راندمان و یکنواختی آبیاری، نموده است (Shaya et al., 1993). در جریان ناپیوسته، برآورد مقدار آب نفوذ یافته، خیلی پیچیده‌تر از جریان پیوسته بوده و برای خیس شدن‌های متناوب بایستی توابع نفوذ چندگانه به کار برده شود (Walker and Busma, 1990). والکر و بوسما (۱۹۹۰) با انجام تحقیقات متعدد، مدل‌هایی را برای نفوذ آب در آبیاری ناپیوسته ارائه نموده‌اند (Walker and Busma, 1990). ایزدی و همکاران (۱۹۸۷) مدل موج جنبشی را که توسط (Walker and Humphery, 1983) ارائه شده بود، اصلاح نموده‌اند که در چارچوب سه فاز مختلف نفوذ، قابل تشریح است. در الگوی تهیه شده (Walker and Humphery, 1983) برای بیان و توصیف نفوذ برای موج دوم، از یک معادله انتقالی یا بینابینی مبتنی بر پیشروی جریان در جویچه استفاده می‌شود.

عامل ناپیوستگی در نفوذ از جویچه تحت جریان ناپیوسته را، حلقه اتصال نفوذ تجمعی در موج‌های مختلف به اولین موج جریان ناپیوسته گزارش شده است (Mahmood and Latif, 2003). نحوه برآورد این عامل به این صورت است. به طور کلی معادله نفوذ در جریان ناپیوسته را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$Z_i = s_f k t_i^a \quad (1)$$

که در آن Z_i نفوذ تجمعی از جویچه، s_f عامل ناپیوستگی، t زمان نفوذ، k و a ضرایب معادله کوستیاکف هستند. برای اولین موج، عامل ناپیوستگی برابر یک بوده و برای موج‌های بعدی حاصل نسبت نفوذ تجمعی در انتهای زمان وصل آن موج به نفوذ تجمعی در انتهای زمان وصل اولین موج می‌باشد.

بنابر پژوهش‌های انجام شده می‌توان گفت جهت تعیین ضرایب معادله نفوذ در جریان ناپیوسته لازم است جویچه‌ای با جریان پیوسته نیز، برای یافتن ضرایب معادله موج اول در نظر گرفته شود، در صورتی که منظور استفاده از روش ورودی - خروجی برای تعیین نفوذ پایه و استفاده از روش دونقطه‌ای در تعیین ضرایب معادله کوستیاکف-لوئیس باشد، لازم است داده‌های پیشروی جریان نیز اندازه‌گیری گردند. این مورد بر تعدد اندازه‌گیری‌ها و مواد آزمایشی در

معادله نفوذ ممکن است با نتایج اندازه‌گیری مستقیم مانند جویچه آب در طول آبیاری مانند روش یک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای به دست آید. از زمان معرفی روش ناپیوسته تاکنون، مطالعات مختلفی در خصوص پدیده نفوذ صورت گرفته، که در ذیل به اهم بررسی‌ها، اشاره می‌شود.

سرعت نفوذ آب به خاک را با دو روش آبیاری ناپیوسته و پیوسته با نگرش سیستمی بررسی شده است (Mousavi and Mostafazadeh, 1992). برابر یافته‌های آن‌ها مدل عمومی نفوذ، توانسته داده‌های آزمایشی را به خوبی برازش دهد. نتایج آزمایش‌های ایزونو و همکاران (۱۹۸۵) نشان داده شدت نفوذپذیری خاک، پس از یک سیکل ناپیوسته کاهش یافته است (Izuno et al., 1985). شدت نفوذ پایه در آبیاری ناپیوسته، متفاوت و کمتر از آبیاری پیوسته می‌باشد. آزمایش‌ها ثابت نموده‌اند شدت نفوذ پایه در آبیاری ناپیوسته، برابر نصف مقدار آن در آبیاری پیوسته بوده است (Walker and Busma, 1990). علل کاهش شدت نفوذپذیری در آبیاری ناپیوسته، تحکیم لایه سطحی به علت نیروهای کششی پس از ناپدید شدن آب از سطح جویچه و حرکت ذرات خاک به علت پراکندگی خاکدانه‌ها و جدا و ردیف شدن ذرات خاک با آب جاری ذکر شده است (Sohrabi et al., 1996). وستسین و بیگلن (۱۹۸۶) فقط در طول اولین آبیاری ناپیوسته، کاهش شدت نفوذپذیری را مشاهده نموده‌اند (Westesen and Biglen, 1986). در آبیاری‌های بعدی، میزان کاهش نفوذپذیری موجب تقلیل تأثیر آبیاری ناپیوسته بر روی میزان پیشروی جریان بوده است (Sohrabi et al., 1996). سامانی (۱۹۸۳) برای شبیه‌سازی معادله نفوذ یک‌بعدی با جریان پیوسته و ناپیوسته از تبدیلات کیرشوف (Kirchoff) استفاده نمود (Samani, 1983). تحقیق ایشان نشان داده علی‌رغم نظر عمومی، در مقایسه با جریان پیوسته، در جریان ناپیوسته پدیده توزیع مجدد، شدت نفوذپذیری را افزایش می‌دهد (Coolidge et al., 1982). نفوذ آب در آبیاری جریان ناپیوسته با الگوی زمانی نسبت سیکل، بهتر قابل بیان است. ایزونو و همکاران (۱۹۸۵) برای الگوبندی نفوذ آب در آبیاری جریان ناپیوسته در اولین سیکل موج از تابع توانی (معادله کوستیاکف در آبیاری پیوسته) و در سایر سیکل‌ها، از یک تابع پله‌ای استفاده نموده و گزارش نموده‌اند که نفوذ در طول این سیکل‌ها با شدت نفوذ پایه آبیاری پیوسته مشخص می‌شود (Izuno et al., 1985). کیلن و اسلک (۱۹۸۷) برای شبیه‌سازی جریان پیوسته و ناپیوسته در حالت یک‌بعدی از مدل گرین - آمپت (Green-Ampt) و برای شبیه‌سازی پدیده توزیع مجدد از تلفیق مدل گرین - آمپت و گاردنر (Gardner,

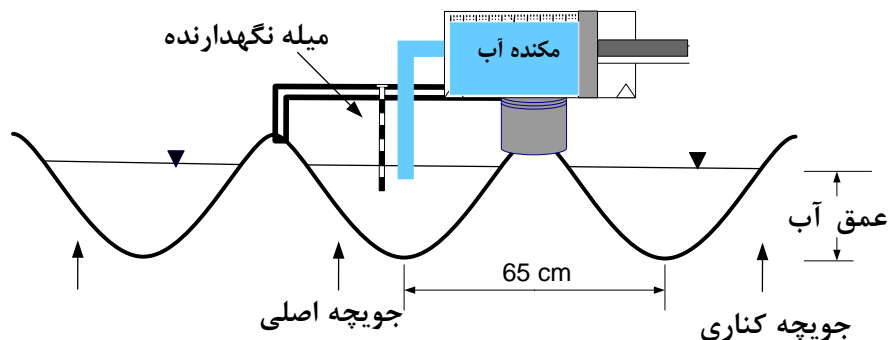
دوم یا موج انتقالی نیز، لازم است داده‌های پیشروی جریان موج به طول یک جویچه را بر روی نفوذ جریان حذف می‌کند، ولی تغییرات مکانی در عرض جویچه نیز گاهی بر روند پیشروی

بفاصله هفت روز و در سه تکرار انجام شد. برای انجام آزمایش‌های نفوذپذیری، سه جویچه از جویچه‌های مزرعه انتخاب شد. از جویچه میانی به‌عنوان جویچه آزمایش یا جویچه اصلی و از دو جویچه کناری به‌عنوان جویچه‌های محافظ (شکل ۱) استفاده شد. مقطعی از طول جویچه‌ها به‌اندازه ۸۵ سانتی‌متر انتخاب شد. در جویچه اصلی دو صفحه فلزی به ابعاد ۶۰×۹۰ سانتی‌متر و به ضخامت ۲ میلی‌متر در مقطع انتخاب‌شده ۸۵ سانتی‌متری کوبیده شد. مقطع سنجی نیم‌رخ عرضی جویچه، در سه تکرار برای استفاده در محاسبه حجم آب آبیاری در زمان شروع آزمایش، انجام شد. مقطع سنج از جنس چوب بود، که برحسب میلی‌متر درجه‌بندی شده بود و در آن، فاصله چوب‌های عمق سنج برابر دو سانتی‌متر بود. عمق آب آبیاری بر مبنای مقادیر رطوبت اولیه خاک، رطوبت در حد ظرفیت مزرعه، چگالی ظاهری خاک و عمق توسعه ریشه محاسبه و اعمال شد. عمق توسعه ریشه گیاه، برای سه نوبت آبیاری به ترتیب برابر ۴۰، ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر اعمال شد. یک صفحه پلاستیکی در داخل هر جویچه و یک میله اندازه‌گیری به همراه پایه نگاه‌دارنده در شانه جویچه اصلی قرار داده شد. حجم مشخصی از آب به درون مقطع مسدود جویچه ریخته شد. آزمایش، با کشیدن سریع پلاستیک از جویچه شروع، و به آب اجازه ورود به خاک داده شد. برای تثبیت سطح آب در هر سه جویچه، به‌صورت متوالی آب اضافه شد. از مکنده مدرج برای تخلیه آب از جویچه‌ها در انتهای زمان وصل و شروع زمان قطع استفاده شد. حجم آب نفوذ یافته به ازای زمان یادداشت گردید. و نتایج برای تحلیل آماده شد (Shaya et al., 1993).

مزرعه می‌افزاید. برای به دست آوردن ضرایب معادله نفوذ در موج دقت اندازه‌گیری و ثبت گردند. بنابراین به نظر می‌رسد ورودی نسبتاً زیادی برای تعیین ضرایب معادله نفوذ باید قابل‌دسترس باشند. گرچه برآورد ضرایب معادلات به این روش تا حدی اثر تغییرات مکانی در جریان تأثیر کرده و نتایج غیر یکسانی را برای پیشروی جریان در طول مزرعه به دست می‌دهد. برآورد ضرایب معادله نفوذ و محاسبه نفوذ برای هریک از موقعیت‌های اندازه‌گیری پیشروی جریان نیازمند صرف زمان، هزینه و دقت است. بر پایه یافته‌های سهرابی (۱۹۹۳) دلیل پائین بودن یکنواختی توزیع آب در آبیاری ناپیوسته، نبود اطمینان کافی از صحت و دقت معادلات نفوذ موجود بوده، و بر مبنای پیشنهاد ایشان، ضرورت پژوهش در مورد معادلات نفوذ در آبیاری ناپیوسته وجود دارد (Sohrabi, 1993). از سوی دیگر، بنا به گزارش عامل ناپیوستگی در نفوذ از جویچه تحت جریان ناپیوسته، حلقه اتصال نفوذ تجمعی در موج‌های مختلف به اولین موج جریان ناپیوسته می‌باشد (Mahmood and Latif, 2003). بنابراین، پژوهش حاضر با اهداف ارزیابی عامل ناپیوستگی در نفوذ از جویچه تحت جریان ناپیوسته و معرفی نحوه کاربرد روش جویچه مسدود برای اندازه‌گیری نفوذ از جویچه تحت جریان ناپیوسته تنظیم می‌گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در ایستگاه تحقیقات کشاورزی با موقعیت ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و با ارتفاع برابر با ۱۳۶۰ متر از سطح دریا، در استان آذربایجان شرقی انجام شد. خاک مزرعه لوم شنی و فاصله جویچه‌ها از هم برابر ۶۵ سانتی‌متر بود. نفوذپذیری با روش جویچه مسدود سازگار یافته با جریان ناپیوسته آزمایش شد. آزمایش برای جریان ناپیوسته با زمان وصل ۳۰ دقیقه و نسبت سیکل برابر یک‌دوم، با مدت‌زمان ۲۴۰ دقیقه شامل چهار بار جریان ناپیوسته، در دو نوبت آبیاری اول و دوم،



شکل ۱ - جویچه‌های اصلی و کناری برای اندازه‌گیری نفوذ

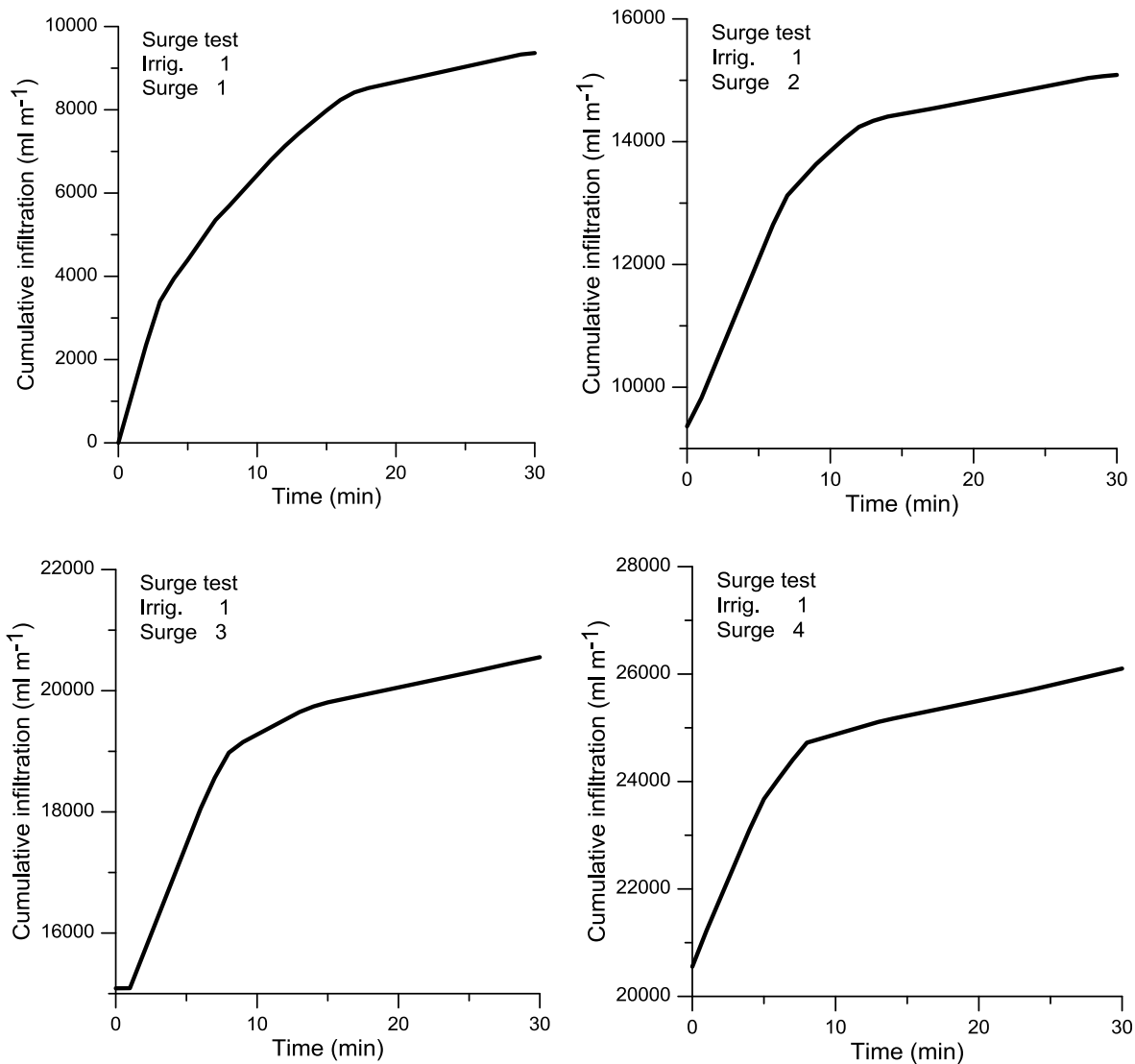
اول، موج دوم موجب کاهش نفوذ، به میزان ۳۹ درصد و موج‌های سوم و چهارم، موجب کاهش نفوذ، به میزان ۴۲ درصد نسبت به نفوذ ناشی از اولین موج شده‌اند. در آبیاری دوم، موج دوم به میزان ۴۸ درصد، و موج‌های سوم و چهارم به میزان ۸۰ درصد نسبت به نفوذ تجمعی موج اول، کاهش را سبب شده‌اند. باینکه اعمال موج چهارم در هر دو آبیاری نسبت به موج سوم کاهش متفاوتی را در نفوذ تجمعی موجب نشده است. باین همه، می‌توان گفت به‌طور کلی کاربرد جریان ناپیوسته دارای توانائی و پتانسیل کاهش در نفوذ تجمعی با اعمال موج‌های مختلف دارد. کاهش نفوذ، ناشی از کاهش گرادیان پتانسیل ماتریک که نیروی محرک فرآیند نفوذ است، می‌باشد. این یافته با نتایج آزمایش‌های ایزونو و همکاران (۱۹۸۵) مبنی بر کاهش شدت نفوذپذیری خاک، پس از یک سیکل ناپیوسته سازگاری دارد (Izuno et al., 1985). کاهش نفوذ در اثر کاربرد آبیاری ناپیوسته، در نهایت موجب کاهش نفوذ عمقی و بهبود وضعیت پیشروی جریان در جویچه شده و در نتیجه، موجب افزایش راندمان آبیاری و یکنواختی توزیع آب خواهد شد.

نتایج و بحث

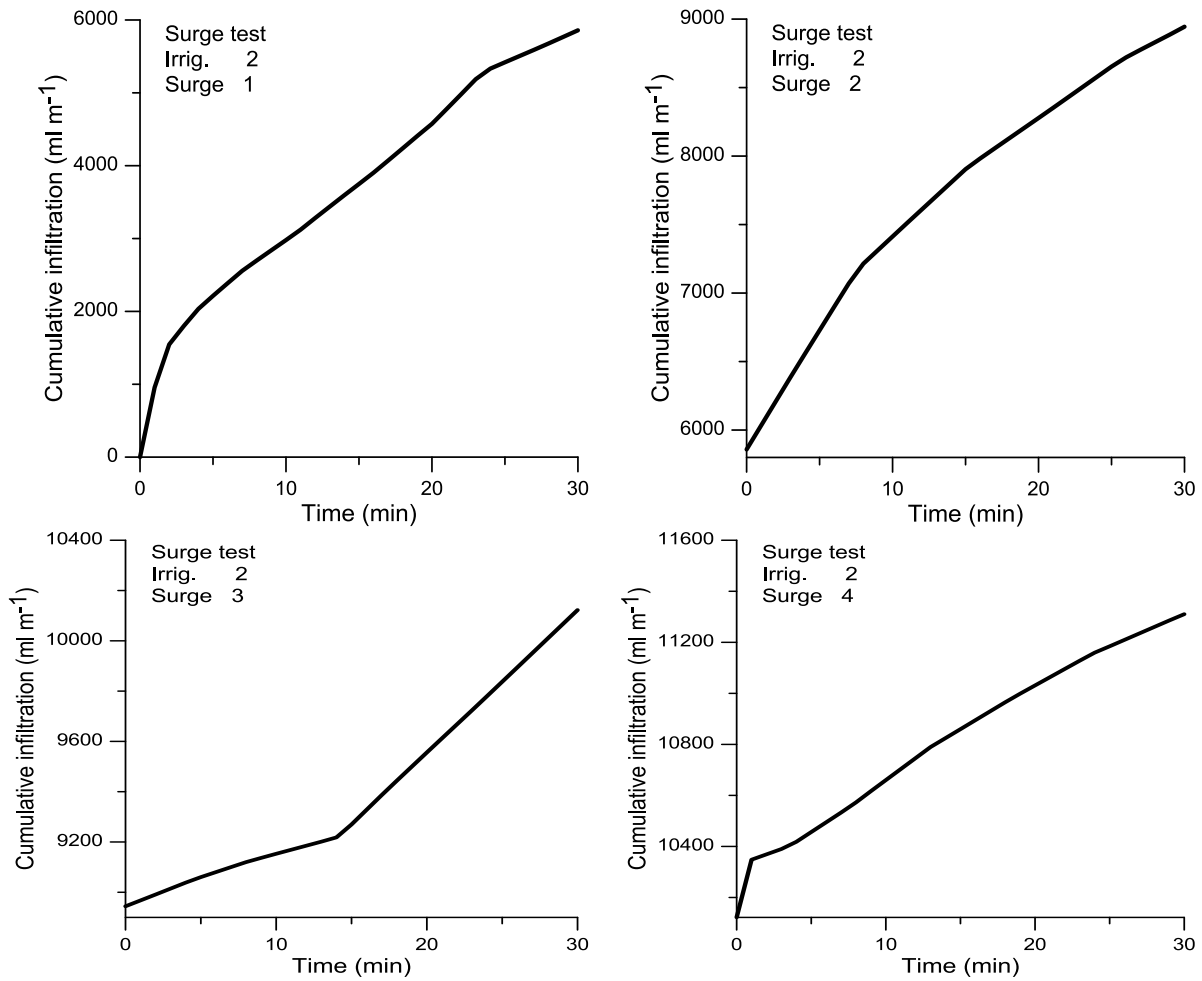
نفوذ تجمعی به ازای زمان در هر چهار موج برای نوبت‌های اول و دوم در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد نفوذ تجمعی در انتهای زمان وصل ۳۰ دقیقه اول برای نوبت اول آبیاری (با مقدار ۹۳۶۳ میلی‌لیتر بر متر) بیشتر از نوبت بعدی (با مقدار ۵۸۵۸ میلی‌لیتر بر متر) بود. بنابراین با افزایش نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی کاهش می‌یابد. مقدار نفوذ تجمعی در آبیاری دوم ۶۳ درصد نفوذ تجمعی نوبت اول بود. در نوبت اول آبیاری سرعت نفوذ برای موج‌های اول تا چهارم به ترتیب برابر $۹/۴$ و $۵/۷$ و $۵/۵$ و $۵/۵$ لیتر بر متر بر سی دقیقه بود. این سرعت در آبیاری دوم به ترتیب برابر $۵/۹$ و $۳/۱$ و $۱/۲$ و $۱/۲$ لیتر بر متر بر سی دقیقه بود (شکل ۳). به‌عبارت‌دیگر، تفاوت سرعت نفوذ در موج‌های دوم تا چهارم معنی‌دار نبود. کاربرد جریان با بیشتر از سه موج، موجب تغییر در سرعت نفوذ و بهبود کارائی آبیاری نشد. در جدول ۱ میزان کاهش در نفوذ تجمعی ناشی از اعمال موج‌های دوم تا چهارم، نسبت به موج اول برای نوبت‌های آبیاری اول و دوم، نشان داده شده است. در آبیاری

جدول ۱ - کاهش در نفوذ تجمعی در موج‌های مختلف نسبت به نفوذ تجمعی اولین موج

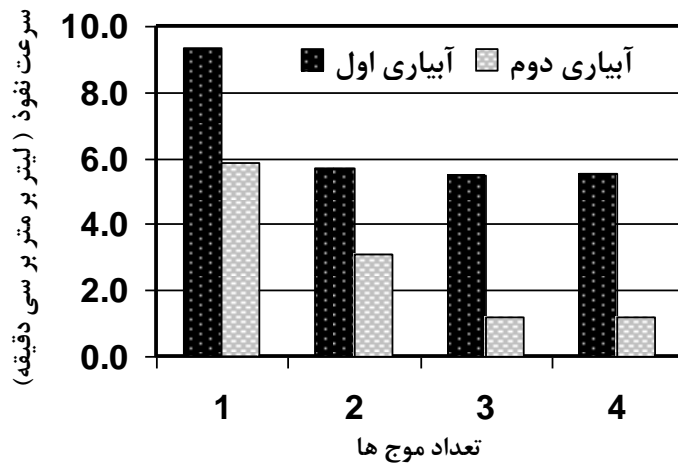
کاهش در نفوذ تجمعی نسبت به اولین موج			
موج دوم	موج سوم	موج چهارم	
۳۹	۴۲	۴۲	آبیاری اول
۴۸	۸۰	۸۰	آبیاری دوم



شکل ۲- نفوذ تجمعی از جویچه های تحت جریان ناپیوسته در آبیاری اول



ادامه شکل ۲- نفوذ تجمعی از جویچه های تحت جریان ناپیوسته در آبیاری دوم



شکل ۳- سرعت نفوذ در موج های مختلف از آبیاری های اول و دوم

به گونه‌ای که با افزایش نوبت آبیاری و تجربه تر شدگی مسیر جریان، مقدار نفوذ تجمعی کاهش یابد. همچنین آهنگ کاهش نفوذ تجمعی با افزایش تعداد موج‌ها در یک نوبت آبیاری، کم می‌شود. به عبارت دیگر آهنگ افزایش مقادیر پارامتر k برای نفوذ تجمعی با زیاد شدن تعداد موج‌ها کاهش می‌یابد.

پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف (k و a) در موج‌های مختلف از آبیاری اول و دوم با استفاده از تحلیل رگرسیون به دست آمد (جدول ۲). توان معادله برای سهولت مقایسه‌ها، پس از ارزیابی تمام داده‌های اندازه‌گیری شده در حد $0/43$ یکسان‌سازی شد. مقادیر پارامتر k در آبیاری اول، بیشتر از مقادیر آن در آبیاری دوم بود. این نتیجه با آنچه نتایج تحقیقات گذشته نشان داده، قابل‌انتظار بود.

جدول ۲- پارامترهای معادله نفوذ در موج‌های مختلف از آبیاری اول و دوم

پارامترهای معادله کوستیاکف		R^2	
a	k		
۰/۴۳	۲/۳۲	۹۹/۷	موج اول
۰/۴۳	۴/۲۵	۹۵/۰	موج دوم
۰/۴۳	۵/۸۶	۹۳/۵	موج سوم
۰/۴۳	۷/۵۲	۹۲/۲	موج چهارم
۰/۴۳	۱/۲۶	۹۹/۴	موج اول
۰/۴۳	۲/۴۰	۹۵/۰	موج دوم
۰/۴۳	۲/۸۴	۹۱/۰	موج سوم
۰/۴۳	۳/۲۷	۹۰/۱	موج چهارم

ناپیوستگی می‌توان برای پیش‌بینی نفوذ تجمعی در موج‌های آبیاری اول و دوم بر مبنای نفوذ تجمعی موج اول استفاده نمود. با توجه به این که اندازه‌گیری نفوذ و تعیین ضرایب معادلات آن در جویچه‌های تحت جریان ناپیوسته، به دلیل نیازمندی آن به داده‌های نفوذ موضعی و حتی پیشروی جریان در موج‌های مختلف، نیازمند صرف زمان، هزینه و دقت کافی است. بنابراین از رویکرد کاربردی، مقادیر

از تقسیم مقدار نفوذ تجمعی در انتهای زمان وصل موج‌های دوم، سوم و چهارم به نفوذ تجمعی در انتهای زمان وصل موج اول، مقدار ضریب ناپیوستگی نسبت به موج اول محاسبه شد. نتایج مقادیر ضریب ناپیوستگی (S_f) در جدول ۳ ارائه شده است. همچنین مقادیر این ضریب برای نفوذ تجمعی موج‌های آبیاری دوم نسبت به موج اول آبیاری اول محاسبه و در این جدول ارائه شده است. از ضرایب

بر متر است. بنابراین مقدار نفوذ تجمعی در انتهای زمان وصل موج‌های دوم تا چهارم برابر لیتر بر متر $9/36 \times 1/6 = 14/98$ خواهد بود.

ضرایب ناپیوستگی دارای ارزش زیادی می‌باشد. روش استفاده از داده‌های این جدول به این صورت است که به‌طور مثال مقدار نفوذ تجمعی در انتهای زمان وصل اولین موج آبیاری اول برابر $9/36$ لیتر

جدول ۳- مقادیر ضریب ناپیوستگی (S_f) در نفوذ تجمعی از جویچه تحت جریان

ناپیوسته			
موج اول	موج دوم	موج سوم	موج چهارم
۱/۰	۱/۶	۲/۲	۲/۸
۱/۰	۱/۵	۱/۷	۱/۹
۰/۶	۱/۰	۱/۰	۱/۲

آبیاری اول

آبیاری دوم

آبیاری دوم نسبت به موج اول آبیاری اول

نتیجه گیری

پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف (k و a) در موج‌های مختلف از آبیاری اول و دوم با تحلیل رگرسیون به دست آمد. توان معادله برابر $0/43$ بود. مقادیر پارامتر k در آبیاری اول، بیشتر از مقادیر آن در آبیاری دوم بود. از ضرایب ناپیوستگی می‌توان برای پیش‌بینی نفوذ تجمعی در موج‌های آبیاری اول و دوم بر مبنای نفوذ تجمعی موج اول استفاده نمود. ادامه پژوهش برای سایر نوبت‌های آبیاری و در خاک‌های مختلف قابل پیشنهاد است.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی به خاطر تهیه امکانات لازم برای اجرای آزمایش‌های این پژوهش، سپاسگزاری می‌نمایند.

به‌منظور ارزیابی عامل ناپیوستگی در نفوذ از جویچه تحت جریان ناپیوسته در دو نوبت آبیاری و معرفی نحوه کاربرد روش جویچه مسدود سازگار یافته با جریان ناپیوسته برای اندازه‌گیری نفوذ از جویچه تحت جریان ناپیوسته، آزمایشی با کاربرد جریان ناپیوسته با زمان وصل ۳۰ دقیقه و نسبت سیکل یک‌دوم، با چهار بار جریان ناپیوسته انجام شده است. نتایج حاصل از اجرای پژوهش به‌صورت زیر است: کاربرد جریان ناپیوسته دارای توانائی و پتانسیل کاهش در نفوذ تجمعی با اعمال موج‌های مختلف دارد. کاهش نفوذ در اثر کاربرد آبیاری ناپیوسته، در نهایت موجب کاهش نفوذ عمقی و بهبود وضعیت پیشروی جریان در جویچه شده و در نتیجه، موجب افزایش راندمان آبیاری و یکنواختی توزیع آب خواهد شد. با افزایش نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی کاهش می‌یابد. تفاوت سرعت نفوذ در موج‌های دوم تا چهارم معنی‌دار نبود. کاربرد جریان با بیشتر از سه موج، موجب تغییر در سرعت نفوذ و بهبود کارائی آبیاری نشد.

مراجع

- Mahmood, S., and Latif, M. 2003. Surge-ring infiltrometer and its application to simulate infiltration. *Irrigation and Drainage Systems*, 17(4):367-379
- Mostafazadeh, B., and Mousavi, F. 1997. Surface irrigation: Theory and application. *Frahang Jaame*, Tehran, Iran.
- Mousavi, F., and Mostafazadeh, B. 1992. Investigate furrow infiltration under surge and continuous irrigations. *Journal of Science and Industrials of Agriculture*, 6(2):94-108.
- Samani, Z.A. 1983. Infiltration under surge flow irrigation. Ph.D. diss., Agricultural and Irrigation Engineering Dept., Utah State Univ., Logan.
- Shaya, W.H., Bralts, V.F., and Segerlind, L.J. 1993. Kinematics-wave furrow irrigation analysis: A finite element approach. *Transactions of the ASAE*, 36(6):1733-1742.
- Sohrabi, R. 1993. Increasing Water application efficiency with surge irrigation. Report 11. Iranian Agricultural engineering institute. AREO, Iran.
- Sohrabi, T., Heydari, N., Tavakkoli, A.R., and Neyrizi, S. 1996. Surge irrigation. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage.
- Booher, L.J. 1981. Surface Irrigation, Agricultural Development Paper No. 95, 1974 FAO, Rome. 70. FAO, Map of Fuelwood Situation in Developing Countries, FAO, Rome, 71.
- Coolidge, P.S., Walker, W.R., and Bishop, A.A. 1982. Advance and runoff under surge flow furrow irrigation. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 108(1):35-41.
- Gardner, W.H. 1976. Water content. In *Methods of Soil Analysis. Part: Physical and Mineralogical Properties*. 4th Ed., ed C.A., Black, D.D., Evans, L.E., Ensminger, J.L., White, F.E., Clark, and R.C., Dinauer. 82-127. Madison, WI. Agronomy Society.
- Izadi, B., and Heermann, D.F. 1987. Real time estimation of infiltration parameters for controlling an irrigation. *American Society of Agricultural Engineers (USA)*.
- Izuno, F.T., Podmore T.H., and Duke, H.R. 1985. Infiltration under surge irrigation. *Trans. ASAE*, 28(2):517-521.
- Killen, M.A., and Slack, D.C. 1987. Green-ampt-model to predict surge irrigation phenomena. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 113(4):575-584.

Stringham, G.E., and Keller, J. 1979. Surge flow for automatic irrigation. In *Irrigation and Drainage*: (pp. 132-142). ASCE.

Walker, W.R., and Busman, J.D. 1990. Real-time estimation of furrow infiltration. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 116(3):299-318.

Walker, W.R., and Humphery, A.S. 1983. Kinematic wave furrow irrigation model. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 109(4):1-25.

Westesen, G.L., and Biglen, D.K. 1986. Surge flow border irrigation trials. American Society of Agricultural Engineers. Microfiche collection (USA).

Surge Factor in Furrow Infiltration under Non- Continuous Flow

A. Nasseri^{1*}, D. Niknezhad² and Alireza Hassanoghli³

Abstract

One of the methods to increase water application efficiency in agricultural lands is surge irrigation. Simulation and design of this method rely on accurate estimation of infiltration equation coefficients. Commonly used methods to estimate infiltration equations coefficients need to numerous field measurements and to time consume. Therefore, to evaluate surge factor in furrow infiltration under non- continuous flow, a field study was conducted for surge flow with on-time of 30 min, cycle ratio of 1/2, with four surges, at two irrigation events. Surge infiltration was measured by blocked furrow infiltrometers which adapted for non- continuous condition. The results indicated that non- continuous flow has a potential to decrease cumulative infiltration with the application of different surges. Decreasing infiltration due to non-continuous flow caused decreasing deep percolation and improving flow advance along furrows, consequently, it will be caused increase in irrigation efficiency and improve water distribution in the farm. With increase in irrigation events, cumulative infiltration decreased. Cumulative infiltration at the first 30 min in the first irrigation (with 9363 ml m⁻¹) is more than the second event (with 5858 ml m⁻¹). The differences between infiltration rates from two to four surges were not significant. Application flow with more than three surges did not cause changes in infiltration rate and water efficiency. Infiltration equation parameters (k and a) were obtained by regression analysis for different surges of tow irrigation events. The exponent of the equation was 0.43. The parameter of K in The first irrigation was more than that was from the second irrigation. In the present study, surge factor was evaluated for two irrigation events with several flow surges. The surges factors can be used to estimate cumulative infiltration in the different surges of the first and the second irrigation events based on the first surge.

Keywords: Surge irrigation; Cumulative infiltration; Blocked furrow; Furrow irrigation.

¹ Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. (*Corresponding author: Email: nasseri_ab@yahoo.com)

² Watershed Mangement Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

³ Associate Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

Received: Sep 6, 2016

Accepted: Nov 23, 2016