نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، ص. ۱۱۸-۱۰۳

Water Management in Agriculture
Vol. 11, No. 1, Spring and Summer 2024, 103-118

مقاله علمی -پژوهشی

مقایسه هیدرولیک و راندمان سامانه آبیاری سطحی نواری در شیوه های مختلف مدیریتی برای کشت یونجه در استان خوزستان

محمد رفیع رفیعی[1*]، رضا پورمحمدوند[2]، علی مختاران[3]، مهدی مهبد[4]

چکیده

تعیین شـــاخص‌های مدیریت مصـــرف آب به منظور انتخاب روش‌های آبیاری با بالاترین راندمان مصـــرف، از مهم‌ترین راهکارها برای برنامه‌ریزی‌های کلان به منظورم صرف بهینه آب در هر ک شور ا ست. در این مطالعه تأثیر پنج روش مدیریتی مختلف سامانه آبیاری سطحی نواری بر بهبود کارایی آبیاری با هدف افزایش تولید یونجه مورد ارزیابی قرار گرفت. مزرعه آزمایشی شامل پنج قطعه آزمایشی A، B، C، D و E به‌ترتیب روش‌های آبیاری نواری ســـنتی انتها باز به‌عنوان شـــاهد، نواری کات بک (کاهش دبی) و انتها باز، نواری کات بک و انتها بســـته، نواری ســـرج (موجی) با ۵ پالس انتها باز و بالاخره نواری ســـرج با ۳ پالس انتها باز اعمال گردید. میانگین کاهش آب مصـــرفی در تیمارهای B,C,D,E ن سبت به شاهد (A)، به ترتیب ۹۹، ۷۳، ۱۵۱، ۱۱ متر مکعب آب در هر هکتار بود. همچنین ا ستفاده از شیوه‌های B,C,D,E به افزایش سرعت پیشروی آب به‌ترتیب به میزان ۲۰درصد، ۱۶درصد، ۲۴درصد و ۱۲,۵درصد نسبت به آبیاری سنتی منجر شد به‌طوری‌که بهبود یکنواختی پخش آب در طول نوار و کاهش تلفات رواناب ســـطحی را به‌همراه داشـــت. درصـــد رواناب ســـطحی در روش های مدیریتی E,D,C,B,A به ترتیب ۳۱، ۲۷، ۰، ۱۴ و ۱۸ و درصـد تلفات نفوذ عمقی در این روش‌ها ۲۷، ۳۲، ۳۵، ۱۴,۲۷، ۱۴/۶۸ تعیین گردید. همچنین راندمان آبیاری در روش‌های A،B،C،D،E به‌ترتیب ۴۵در صد، ۵۵در صد، ۶۷در صد، ۷۱در صد و ۷۳در صد محا سبه شد. ا ستفاده از روش‌های سرج ۳ پالسی، سرج ۵ پالسی، کات بک با بسته بودن انتهای نوار و کات بک با باز بودن انتهای نوار به ترتیب دارای برتری معناداری نسبت به روش مدیریت سنتی آبیاری می‌باشند. در این میان روش کات بک انتها بسته علیرغم صفر بودن رواناب سطحی، از بیشترین تلفات نفوذ عمقی برخوردار بود. از طرفی روش‌های سـرج از کمترین میزان تلفات آبی برخوردار بودن که در این میان تلفات رواناب سـطحی در شـیوه ۵ پالسـی کمتر م شاهده گردید. در ادامه، کارایی دو مدل Surface و Winsrfr در شبیه سازی هیدرولیکی هر روش و برآورد راندمان کاربرد آب، مورد مقایسه قرار گرفتند. خطای مقادیر متوسط راندمان کاربرد آب محاسبه شده توسط مدل‌های Surface و Winsrfr، نسبت به میانگین مقادیر مزرعه به ترتیب ۱/۶ و ۰/۲۱ به‌دست آمد که نشانگر دقت بالاتر مدل WinSrfr در شرایط مطالعاتی بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نواری، راندمان آبیاری، روش سرج (موجی) ۳ و ۵ پالس، روش کاهش دبی (کات بک)

مقدمه

در انواع شیوه‌های آبیاری سطحی، به علت عدم آگاهی لازم کشاورزان با اصول مدیریت آبیاری، مقدار زیادی آب که می‌تواند مورد استفاده مفید گیاه قرار گیرد و موجب افزایش تولید شود، در این روش به دلایل مختلف هدر می‌رود (حمدی و همکاران، ۱۳۹۶). تعیین شاخص‌های مدیریت مصرف آب و بهره‌وری آب محصولات کشاورزی، از مهم‌ترین راهکارها برای برنامه‌ریزی‌های کلان به‌منظور مصرف بهینه آب در هر کشور است (شاهرخ‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰). یکی از مهم‌ترین این شاخص‌های برنامه‌ریزی مصرف آب، راندمان آبیاری است. از راه‌های ارتقاء بازده و عملکرد

[1] ا ستادیار گروه علوم و مهند سی آب، دان شکده ک شاورزی، دان شگاه جهرم، جهرم، ایران (* نویسنده مسئول: mrrafiee73@gmail.com)
[2] دان شجوی ار شد گروه علوم و مهند سی آب، دان شکده ک شاورزی، دان شگاه جهرم
[3] اســـتادیار پژوهشـــی بخش تحقیقات فنی و مهندســـی کشـــاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشـــاورزی و منابع طبیعی اســـتان خوزســـتان، ســـازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
[4] ا ستادیار گروه علوم و مهند سی آب، دان شکده ک شاورزی، دان شگاه جهرم، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۸

در سامانه آبیاری سطحی استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵).

مدل‌های آبیاری سطحی ابزاری برای طراحی و ارزیابی روش‌های آبیاری سطحی هستند. با استفاده از این مدل‌ها می‌توان یک آبیاری کامل را شبیه‌سازی و طراحی نمود و با تغییر عوامل ورودی آن‌که در حقیقت عوامل طراحی نیز می‌باشند به بازده و یکنواختی بالایی در امر آبیاری دست یافت (Javadi et al., 2022). قابل اطمینان بودن شبیه‌سازی‌ها با ارزیابی مزرعه‌ای آن‌ها مشخص می‌شود (مرادزاده و همکاران،۱۳۹۲). وو و همکاران به بررسی دقت مدل Surface در شبیه‌سازی آبیاری جویچه‌ای پرداختند (Wu et al., 2017). به همین منظور در دو حالت جویچه‌های ثابت و متغیر، راندمان توزیع آب را شبیه‌سازی نمودند و با مقادیر واقعی مورد مقایسه قرار دادند و بیان کردند که شبیه‌سازی‌ها با دقت بسیار مناسبی در هر دو حالت انجام شده است. حیدری و عباسی (۱۳۹۵)، با بهینه‌سازی پارامترهای طراحی و مدیریت آبیاری با استفاده از WinSrfr به این نتیجه رسیدند که اگر ابعاد قطعات به همراه سایر پارامترهای طراحی و مدیریت آبیاری شامل دبی و مدت‌زمان آبیاری به‌طور مناسب انتخاب شود، با روش آبیاری سطحی نواری-راندمان‌های مناسب کاربرد آب در مزرعه حتی بالاتر از ۷۰ درصد قابل‌دستیابی است.

کیاسی و همکاران (۱۳۸۹)، با مقایسه روش آبیاری مرسوم (پیوسته) و آبیاری موجی با سه دبی ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ لیتر بر ثانیه و زمان‌های ۱۰، ۱۵، ۲۵ دقیقه به این نتیجه رسیدند که در روش آبیاری موجی معادله سرعت نفوذ از نظر کاهش نفوذ عمق آب در شیار وضعیت بهتری داشت و همچنین حجم آب آبیاری تقریباً به میزان کمتر از نصف روش مرسوم به‌دست آمد. معلوم شد تیمار زمان قطع و وصل ۱۵ دقیقه با دبی ۱/۲ لیتر بر ثانیه بهترین معادله سرعت نفوذ و همچنین نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری با تعداد ۴ سیکل بود.

بر اساس نتایج پژوهش میرزایی و همکاران (۱۳۹۰)، جریان موجی باعث کاهش نفوذ عمقی و رواناب پایاب، کاهش اختلاف زمان نفوذ ابتدا و انتهای جویچه و افزایش یکنواختی نفوذ می‌شود و مشخص شد که زمان پیشروی در طول شیار تیمارهای جریان موجی کوتاه‌تر از جریان پیوسته بوده است.

عزیزپور و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی باهدف ارزیابی کارایی سامانه آبیاری سطحی نواری در شرایط تغییر توأمان و دوگانه عامل‌های ورودی به مدل شبیه‌سازی SIRMOD در خاک لوم سیلتی با استفاده از روش هیدرودینامیک کامل نشان دادند که تأثیر دبی بر کارایی سامانه آبیاری نواری از سایر عامل‌ها بیشتر بود. همچنین برای یک خاک با بافت لوم سیلتی، دبی ۲ لیتر بر ثانیه و طول ۲۴۰ متر را به‌ترتیب برابر با دبی بحرانی و طول بحرانی در نظر گرفتند. آن‌ها بیان کردند که دو عامل دبی و زمان قطع جریان را به‌عنوان یک ترکیب بهینه برای دستیابی به کارایی بالا در سامانه آبیاری نواری می‌توان انتخاب کرد.

در تحقیقی دیگر رضاوردی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۵)، روش‌های تخمین پارامترهای نفوذ در آبیاری جویچه‌ای معمولی، یک‌درمیان ثابت و یک‌درمیان متغیر در شرایط کاهش و بدون کاهش جریان ورودی، برای دو منطقه کرج و ارومیه ارزیابی و مقایسه کردند. برای شبیه‌سازی مراحل آبیاری و مقدار نفوذ در هر روش از مدل آبیاری سطحی WINSRFR استفاده شد. مطابق نتایج، روش بهینه‌سازی چندسطحی برای روش جویچه‌ای معمولی نسبت به روش‌های یک‌درمیان ثابت و یک‌درمیان متغیر، عملکرد دقیق‌تری در پیش‌بینی مراحل پیشروی و پسروی داشت. همچنین در آزمایش با کاهش دبی روش بهینه‌سازی چند سطحی نیز روش دقیقی در پیش‌بینی پیشروی و پسروی داشت. درنهایت این محققین نشان دادند که برای تخمین پارامترهای نفوذ در آبیاری جویچه‌ای، استفاده از داده‌های تمام مراحل آبیاری، عملکرد بهتری در پیش‌بینی مراحل آبیاری و اجزای بیلان آب دارد.

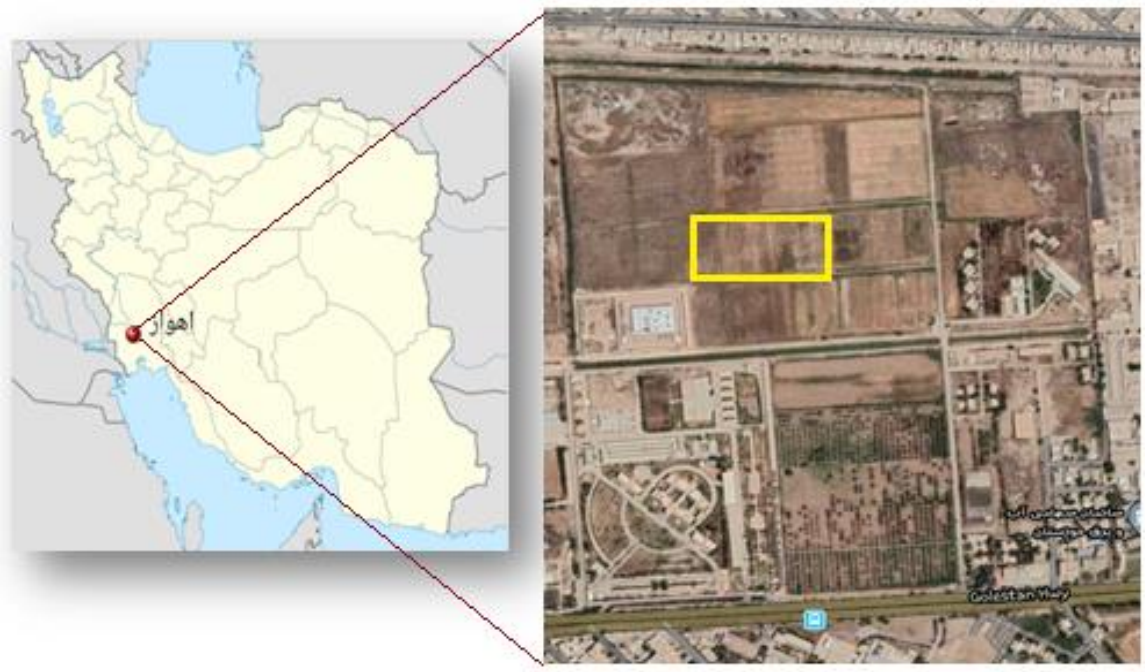
زاهدپور و همکاران (۱۳۹۶)، باهدف ارزیابی بازده کاربرد و بهره‌وری سامانه‌های آبیاری سطحی در مزارع منطقه نازلوچای دشت ارومیه، پنج مزرعه گندم در کشت پاییزه و مزارع ذرت و کدو (هرکدام دو مزرعه) و آفتابگردان (یک مزرعه) برای کشت بهاره در نظر گرفتند. روش آبیاری مزارع گندم به‌صورت نواری انتها بسته و محصولات کشت بهاره به‌صورت جویچه‌ای و با شرایط انتها بسته بود. نتایج نشان داد که در پنج مزرعه زیر کشت گندم متوسط بازده کاربرد و انحراف معیار به ترتیب ۳۰/۹ و ۱۹/۵ درصد بود.

این در حالی است که متوسط بازده کاربرد محصولات آفتابگردان، کدو و ذرت به ترتیب ۶۹/۳، ۵۱/۵ و ۵۲/۵ درصد برآورد شد. بر پایه نتایج، متوسط بهره‌وری گندم ۱/۱ و برای آفتابگردان، کدو و ذرت به‌ترتیب ۰/۲۷، ۰/۱۷ و ۷/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. زمین‌های جلگهٔ خوزستان (دشت‌های مرکزی، غربی و جنوبی استان)، زمین‌هایی با بافت خاک سنگین همراه با سطح ایستابی شور و کم‌عمق هستند که بعد از احداث سدها روی رودخانهٔ کارون و اجرای شبکهٔ آبیاری و زهکشی در اراضی این دشت‌ها مناسب برای کشاورزی شده‌اند (مختاران و همکاران،۱۳۹۲).

بر این اساس، مدیریت مناسب آبیاری مزارع باعث کاهش تلفات عمقی آب و درنتیجه کاهش زهاب شور خواهد شد. این مهم با انتخاب روش مدیریتی مناسب در سامانه آبیاری سطحی نواری که معمول منطقه است قابل‌اجرا خواهد بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه اهواز واقع در مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان برای سال زراعی (۱۳۹۹-۱۳۹۸) کشت یونجه طراحی و اجرا شد. این ایستگاه در مختصات "۱۹/۴ '۱۸ °۳۱ عرض شمالی و "۱۰/۷ '۳۸ °۴۸ طول شرقی و ارتفاع ۱۵ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). مزارع ایستگاه از نظر اقلیمی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کیفیت آب آبیاری نماینده اراضی مرکزی و جنوبی استان هستند (مختاران و همکاران، ۱۳۹۲). میانگین بارش سالانه در این مناطق از ۱۵۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌کند. میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل (مرجع) سالانه منطقه در بررسی یک دوره هفت‌ساله (۱۳۹۸-۱۳۹۲) و بر اساس روش پنمن- مانتیث- فائو، ۲۳۶۷ میلی‌متر بود. مزرعه آزمایشی دارای سامانه زهکشی زیرزمینی با کارگذاری لاترال‌های زهکشی در عمق دو متری بود که موقعیت مناسبی برای انجام این تحقیق فراهم آورده بود. جدول (۱) مشخصات خاک مزرعه آزمایشی را تا عمق یک متری از سطح زمین بیان می‌کند.



شکل ۱-موقعیت جغرافیایی طرح تحقیق و مزرعه آزمایشی

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق	بافت خاک	هدایت الکتریکی	جرم مخصوص ظاهری	رطوبت ظرفیت زراعی	رطوبت نقطه پژمردگی
سانتی‌متر		دسی زیمنس بر متر	گرم بر سانتی‌متر مکعب	درصد	
۰-۲۵	رس سیلتی	۴/۶	۱/۳۵	۲۴/۵	۱۱/۸
۲۵-۵۰	رس سیلتی	۳/۲	۱/۴۴	۲۴/۲	۱۱/۸
۵۰-۷۵	رس سیلتی	۳/۵	۱/۵۴	۲۴	۱۱/۸
۷۵-۱۰۰	رس سیلتی	۴/۵۱	۱/۷۸	۲۳/۸	۱۱/۸

منبع تأمین آب پروژه حاضر، ایستگاه پمپاژی در ساحل شرقی رودخانه کارون با مختصات "۶/۵ '۱۸ °۳۱ عرض شمالی و "۴۶/۶ '۳۹ °۴۸ طول شرقی بود که با استفاده از یک کانال سیمانی به طول ۲/۸ کیلومتر برای توزیع آب مزرعه انتقال می‌یافت. این پژوهش در پنج قطعه زمین تحت کشت یونجه با مدیریت‌های مختلف روش آبیاری سطحی نواری انجام شد. قطعه اول، روش آبیاری نواری سنتی انتها باز یا همان روش مرسوم کشاورز به‌عنوان شاهد (A)، قطعه دوم، آبیاری نواری کات بک (کاهش دبی) و انتها باز (B)، قطعه سوم، آبیاری نواری کات بک و انتها بسته (C)، قطعه چهارم، آبیاری نواری سرج (موجی) با ۵ پالس و انتها باز (D) و بالاخره قطعه پنجم آبیاری نواری سرج با ۳ پالس و انتها باز (E) بودند. به هر تیمار آبیاری ۷ تکرار اختصاص داده‌شده و زمین مزرعه برای هر تکرار دارای ابعاد ۳۰ متر طول و ۶ متر عرض بود. میزان نفوذپذیری نهایی خاک ۸ میلی‌متر بر ساعت و ضریب زبری ۰/۱۵ در نظر گرفته شد. محصول کشت شده، یونجه رقم بغدادی بود که پس از آماده‌سازی زمین و کاشت محصول، آزمایش‌های در مزرعه صورت گرفت (شکل ۲). در این پژوهش، طول نوارها به فواصل ۶ متری میخ‌کوبی شد.

همچنین فلوم‌های (WSE) تیپ ۴ در ابتدا و انتهای هر نوار کارگذاری گردید. حجم آب ورودی، حجم آب خروجی، زمان‌های پیشروی و پسروی در هر ایستگاه برای هر تیمار و تکرار اندازه‌گیری شد. دور آبیاری یونجه براساس تبخیر و تعرق واقعی گیاه در طول فصل رشد برای چین‌های مختلف برآورد و اجرایی شد که از ۴۰ روز در زمستان تا ۷ روز در تابستان متغیر بود. در مدیریت آبیاری کات بک (Cutback)، آب آبیاری که به انتهای نوار رسید، دبی ورودی به نوار نصف شد. عملیات آبیاری تا زمانی برای هر نوار انجام شد که انتهای نوار، عمق آب مورد نیاز را دریافت کند. در مدیریت آبیاری سرج (موجی)، پنج پالس و سه پالس، با رسیدن آب به هر ایستگاه و ثبت زمان پیشروی، جریان ورودی قطع و زمان پسروی نسبت به آن ایستگاه یادداشت گردید. این عمل تا پایان زمان آبیاری (تأمین عمق آب موردنیاز) انجام شد و در نهایت رواناب خروجی (برای تیمار انتها باز) اندازه‌گیری گردید. در این روش آبیاری، سه و پنج چرخه‌ی قطع و وصل آب برای ایستگاه‌هایی که با فاصله‌ی ده متر از هم ایجاد شده انجام شد. برای توصیف نفوذ آب در خاک از معادلهٔ سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) استفاده شد (رابطه ۱).

$$I = a(t)^b + c \qquad (۱)$$

که در این معادله I و t به ترتیب نفوذ تجمعی و زمان می‌باشند که i برحسب سانتی‌متر و دقیقه توصیف می‌شوند. ضرایب a و b مربوط به نوع خاک می‌باشند و عدد ثابت c که مقدار آن ۰/۶۹۸۵ است. مدل‌های آبیاری WinSrfr و Surface سامانه‌های آبیاری سطحی شامل کرتی، نواری و جویچه‌ای را در برمی‌گیرند، همچنین این مدل‌ها رژیم‌های آبیاری موجی و جریان برگشتی (Cutback) را شبیه‌سازی می‌کنند.

هدف اصلی این مدل‌ها ارزیابی شکل طراحی‌شده مزرعه (شیب و طول مزرعه) و شیوه‌های مدیریت (شدت جریان کاربردی و زمان قطع جریان) است. این مدل‌ها قابلیت طراحی، شبیه‌سازی و ارزیابی رژیم‌های مختلف آبیاری در آبیاری اول و آبیاری‌های بعد

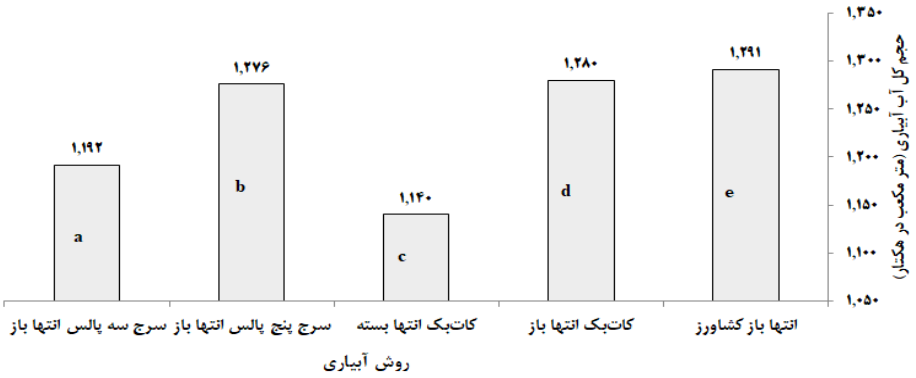
را دارند. پس از بررسی و شناخت کامل پارامترهای مورد نیاز مزرعه و به‌دست آوردن نتایج حاصل از آزمایش‌های میدانی، مدل‌های Surface و WinSrfr برای شرایط فعلی واسنجی شد و عملکرد آن‌ها ارزیابی گردید.

شکل ۲- میخ‌کوبی مزرعه و فلوم‌های اندازه‌گیری دبی ابتدایی و انتهایی هر نوار

نتایج و بحث

بررسی و مقایسه حجم آب آبیاری در روش‌های مختلف مدیریتی

میانگین حجم کل آب آبیاری برای روش‌های مختلف مدیریتی در شکل (۳) نشان داده شده است. بر طبق این شکل، کمترین میزان مصرف آب به ترتیب مربوط به روش‌های آبیاری کات بک با انتها بسته، آبیاری سرج (موجی) ۳ پالس با انتها باز نوار، آبیاری سرج (موجی) ۵ پالس با انتها باز، آبیاری کات بک با انتها باز و آبیاری سنتی کشاورز بود. به‌طوری‌که در روش مدیریتی کات بک با بسته بودن انتهای نوارها، حجم آب آبیاری به میزان ۱۲ درصد نسبت به روش سنتی کشاورز کاهش پیدا کرد. این نتایج با مطالعات صورت گرفته توسط کیاسی و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت.



شکل ۳- مقایسه‌های میانگین روش‌های مختلف مدیریتی آبیاری نواری از نظر حجم کل آب آبیاری در واحد سطح

همان‌طور که در جدول (۲) حجم‌های آب مصرف شده در هر روش آبیاری در ۷ تکرار ارائه گردیده است، مشاهده می‌شود که درصد میانگین احجام آب وارد شده به هر نوار با روش‌های آبیاری کات بک انتها بسته، آبیاری سرج ۳ پالس، آبیاری سرج ۵ پالس و آبیاری کات بک انتها باز به ترتیب ۲۰/۴، ۱۷/۷ ، ۱۶ و ۱۴/۹ درصد نسبت به آبیاری سنتی کاهش پیدا کرده و می‌توان

نتیجه گرفت که در روش آبیاری کات بک انتها بسته به دلیل مسدود بودن انتهای نوار، میزان کاهش حجم آب مصرفی مورد نیاز در این روش از سایر روش‌های آبیاری ذکر شده بیشتر است.

نسبت میانگین حجم‌های آب آبیاری در هر روش آبیاری در ۷ تکرار و درصد کاهش حجم هر روش نسبت به روش آبیاری سنتی در جدول (۲) ارائه گردیده است.

جدول ۲- مقادیر حجم ورودی آب مصرفی در روش‌های مختلف آبیاری درصد کاهش آن‌ها نسبت به روش آبیاری سنتی

تکرار	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) در هر شیوه مدیریت آب						درصد کاهش		
	سنتی	کات‌بک انتها باز	کات بک انتها بسته	سرج۳ پالس	سرج۵ پالس	کات‌بک باز	کات‌بک بسته	سرج۳ پالس	سرج۵ پالس
۱	۵/۱	۴/۸	۴/۹	۴/۰	۴/۱	۵/۷	۳/۷	۲۱/۴	۱۹/۴
۲	۴/۲	۳/۲	۳/۴	۳/۸	۳/۹	۲۳/۹	۱۹/۹	۹/۱	۶/۷
۳	۵/۵	۵/۳	۴/۹	۴/۱	۴/۰	۳/۵	۱۰/۹	۲۵/۵	۲۷/۳
۴	۴/۷	۳/۵	۳/۶	۴/۵	۴/۲	۲۵/۵	۲۳/۴	۴/۳	۱۰/۶
۵	۴/۶	۴/۱	۳/۴	۴/۱	۴/۴	۱۰/۴	۲۶/۷	۱۰/۶	۴/۳
۶	۵/۷	۵/۰	۳/۶	۴/۲	۴/۶	۱۲/۵	۳۷/۳	۲۶/۸	۱۹/۹
۷	۵/۰	۳/۹	۴/۰	۳/۷	۳/۸	۲۳/۰	۲۰/۸	۲۶/۰	۲۴/۰
میانگین						۱۴/۹	۲۰/۴	۱۷/۷	۱۶/۰

بررسی زمان پیشروی در روش‌های مختلف مدیریتی

در آبیاری سرج، جریان آب برخلاف آبیاری پیوسته، به‌صورت منقطع است و در آبیاری کات بک جریان آب پس از رسیدن به انتهای نوار به میزان نصف دبی ورودی کاهش داده می‌شود. کاهش حجم آب مورد نیاز جهت تکمیل فاز پیشروی سبب افزایش راندمان می‌گردد. هرچه سرعت پیشروی آب بر روی خاک بیشتر باشد اختلاف زمان خیس شدن ابتدا و انتهای نوار کمتر شده و به‌واسطه آن زمان تماس آب با خاک در طول نوار یکنواخت‌تر می‌گردد و درنهایت عمق آب نفوذ یافته از یکنواختی بیشتری برخوردار خواهد بود شاهرخ‌نیا و همکاران (۱۴۰۱). طول نوارها در فاصله‌های ۱۲/۶، ۱۸، ۲۴ و ۳۰ متری برای اندازه‌گیری سرعت پیشروی آب ایستگاه بندی شده و اطلاعات سرعت حرکت آب در نوارها بر حسب متر در دقیقه ثبت شد، برای محاسبهٔ پارامترهای p و r در معادلهٔ $x = pt^r$ زمان رسیدن جبههٔ پیشروی آب در نوار به هر ایستگاه اندازه‌گیری نسبت به فاصلهٔ ایستگاه از ابتدای نوار ثبت گردید و با استفاده از روش دونقطه معادلهٔ نمایی پیشروی جبههٔ آب در نوار تعیین شد. این کار در ۷ تکرار آبیاری با فاصله زمانی ۷ الی ۱۰ روز برای هر پنج روش آبیاری در نظر گرفته شد، در ادامه منحنی پیشروی و پسروی مربوط به هر روش آبیاری مورد مطالعه در هر تکرار آبیاری ارائه داده شده است شکل‌های (۴ الی ۱۰) و نتایج حاصله در جدول (۳) ارائه گردیده است.

جدول ۳ - میانگین پارامترهای پیشروی و پسروی و حجم‌های محاسبه‌شده در روش‌های مختلف مدیریت آبیاری

روش آبیاری	دبی ورودی	دبی خروجی	زمان پیشروی	زمان پسروی	حجم ورودی	حجم خروجی	متوسط معادلهٔ	
	لیتر بر ثانیه		دقیقه		مترمکعب بر ثانیه		پیشروی	پسروی
آبیاری سنتی	۲/۰۷	۰/۴۵	۳۱	۵۲	۵/۲۷	۱/۶۲	$X = 0.0007t^{0.994}$	$X = 0.0006t^{0.987}$
کات بک انتها باز	۱/۴	۰/۳۵	۳۲	۵۵	۴/۲۵	۰/۹۷	$X = 0.0008t^{0.98۴}$	$X = 0.0006t^{0.98۶}$
کات بک انتهابسته	۱/۱۳	۰	۲۹	۷۲	۳/۸۸	۰	$X = 0.0005t^{0.99۵}$	$X = 0.0007t^{0.984}$
سرج ۳ پالس	۱	۰/۳۰	۳۰	۵۱	۴/۰۵	۰/۷۲	$X = 0.0007t^{0.99۶}$	$X = 0.0003t^{0.99۹}$
سرج ۵ پالس	۱	۰/۲۸	۳۱	۵۰	۴/۱۴	۰/۶۱	$X = 0.0007t^{0.992}$	$X = 0.0004t^{0.99۸}$

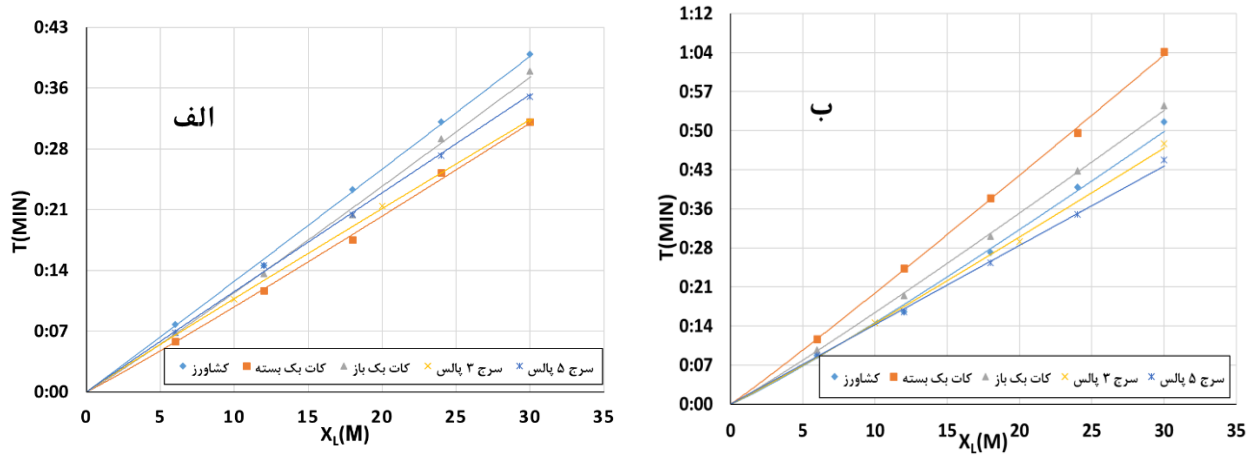
نتایج به‌د ست آمده بیانگر آن ا ست که میانگین مدت زمان رسیدن جبههٔ پیشروی آب به انتهای نوار در روش‌های آبیاری کات بک انتها بسته، آبیاری سرج ۳ پالس، آبیاری سرج ۵ پالس، آبیاری کات بک انتها باز، آبیاری سنتی به‌ترتیب ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۶ دقیقه است؛ بنابراین کمترین میزان مدت زمان جبههٔ پیشروی آب در روش آبیاری کات بک انتها بسته و بیشترین زمان پیشروی جبههٔ آب در نوار مربوط به روش آبیاری سنتی است. درحالی‌که میانگین مدت زمان جبههٔ پسروی آب در نوار در هر تکرار در روش‌های آبیاری سرج ۵ پالس، آبیاری سرج ۳ پالس، آبیاری سنتی، آبیاری کات بک انتها باز، آبیاری کات بک انتها بسته به ترتیب ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۵، ۷۲ دقیقه است.

بنابراین بی شترین و کم‌ترین مدت زمان جبههٔ عقب‌ن شینی آب به ترتیب مربوط به روش آبیاری کات بک انتها بسته و آبیاری سرج ۵ پالس ا ست که در این صورت در روش آبیاری سرج انتها باز ۵ پالس، کمترین میزان رواناب خروجی را نسبت به سایر روش‌های انتها باز دیگر م شاهده می‌کنیم. در جدول (۴) میانگین مدت زمان جبههٔ پیشروی در هر روش آبیاری نسبت به روش آبیاری انتها باز کشاورز ارائه گردیده ا ست. معادلات پی‌شروی آب به‌دست آمده در پنج روش مدیریت آبیاری از منحنی‌های پیشروی برازش داده شده به نقاط اندازه‌گیری شده در جدول (۳) ارائه شده است که در آن مقدار ضریب R_2 در محدودهٔ ۰,۹۹۴۷ و ۱ بود که دقت بالای معادلات را نشان می‌دهد. تمامی منحنی‌های پیشروی و پ سروی در حالت‌های مختلف آبیاری ب سیار به یکدیگر نزدیک شدند که نشان‌دهندهٔ تعریف مناسب در عوامل و روش‌های آبیاری انجام‌شده در فرایند پیشروی آب در نوار می‌باشد که این نتایج قابل‌مقایسه و تطبیق با نتایج تحقیقات (چاری، ۱۳۹۹) می‌باشد. نتایج مطالعات سیال و احمد (۲۰۰۶) نیز نشانگر سرعت بالای جبهه پی شروی جریان موجی تا سه و چهار برابر بی شتر از جریان پیوسته بود (Sial et al., 2006).

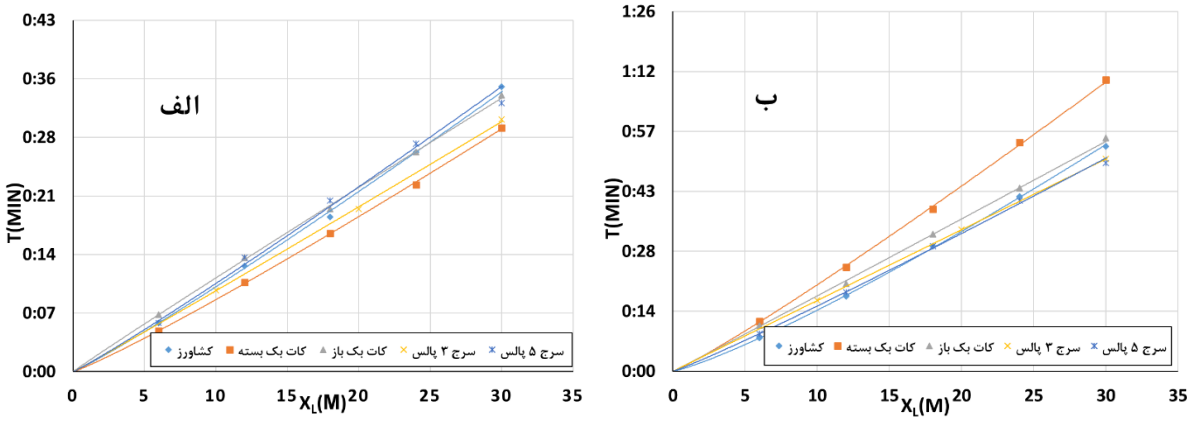
خلیفه و همکاران همچنین نشان دادند که ز مان فاز پیشروی در آبیاری سرج با افزایش دبی ورودی و کاهش طول شیارها، افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج آن‌ها در دبی ورودی و طول‌های یکسان، آبیاری موجی زمان پیشروی را تا ۱۱ درصد نسبت به آبیاری کاهش می‌دهد که این امر تحت تأثیر لا یه آب‌بند در اثر جریان سرج و درنتیجه حرکت سریع‌تر جریان رخ می‌دهد (Khalifa et al., 2019).

جدول ٤- نسبت مدت‌زمان فاز پیشروی در نوار در روش سنتی با سایر روش‌های مختلف مدیریت آبیاری مورد نظر (دقیقه)

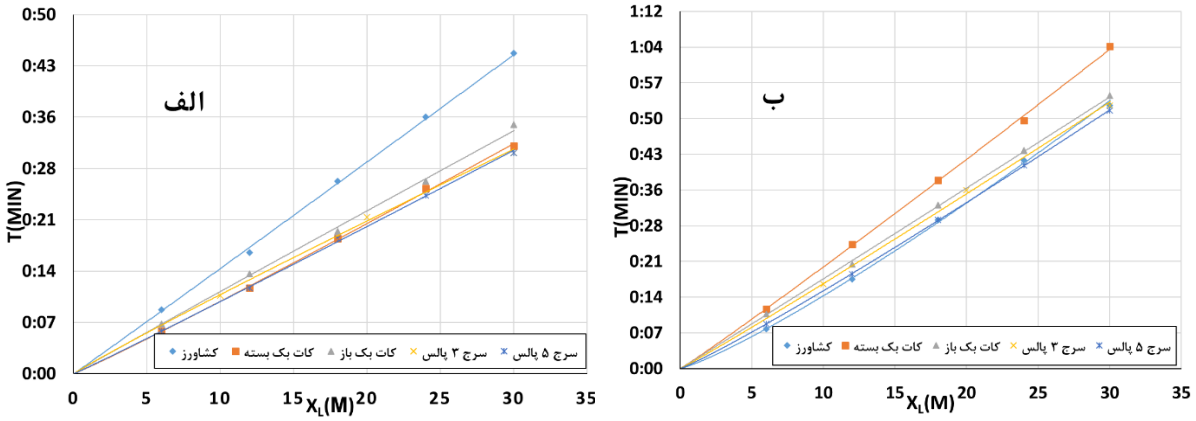
تکرار	شیوه مدیریت آبیاری					درصد کاهش			
	سنتی	کات‌بک انتها باز	کات بک انتها بسته	سرج۳ پالس	سرج۵ پالس	کات‌بک باز	کات‌بک بسته	سرج۳ پالس	سرج۵ پالس
۱	۴۰/۰	۳۵/۰	۳۲/۰	۳۱/۰	۳۵/۰	۱۲/۵	۲۰/۰	۲۲/۵	۱۲/۵
۲	۳۵/۰	۳۳/۰	۳۳/۰	۳۰/۰	۳۲/۰	۵/۷	۵/۷	۱۴/۳	۸/۶
۳	۴۵/۰	۳۶/۰	۳۰/۰	۳۱/۰	۳۱/۰	۲۰/۰	۳۳/۳	۳۱/۱	۳۱/۱
۴	۳۲/۰	۳۰/۰	۲۸/۰	۳۰/۰	۳۰/۰	۶/۳	۱۲/۵	۶/۳	۶/۳
۵	۳۶/۰	۲۹/۰	۲۶/۰	۲۹/۰	۳۰/۰	۱۹/۴	۲۷/۸	۱۹/۴	۱۶/۷
۶	۳۵/۰	۳۳/۰	۲۸/۰	۳۰/۰	۳۲/۰	۵/۷	۲۰/۰	۱۴/۳	۸/۶
۷	۲۸/۰	۳۲/۰	۲۶/۰	۲۹/۰	۳۱/۰	-۱۴/۳	۷/۱	-۳/۶	-۱۰/۷
میانگین						۷/۹	۱۸/۱	۱۴/۹	۱۰/۴



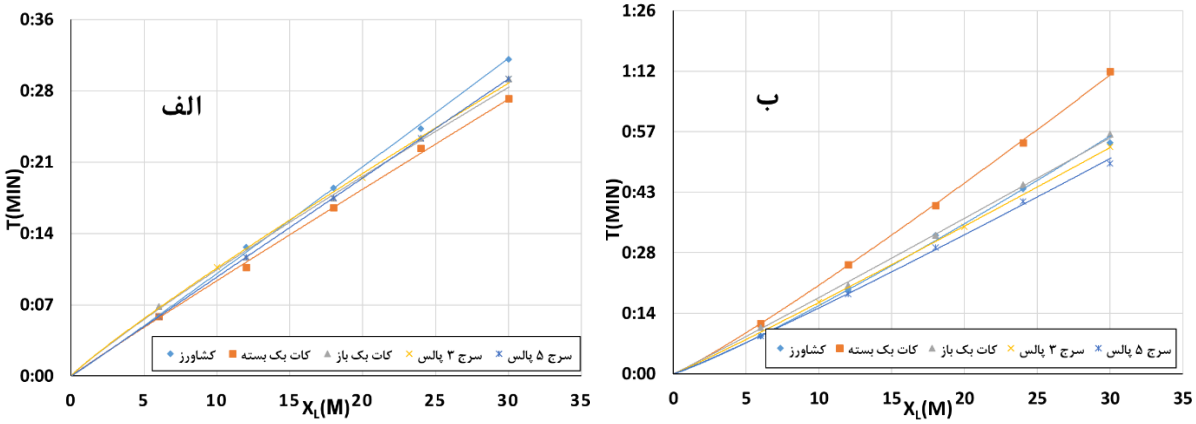
شکل ٤- منحنی‌های پیشروی (الف) و پسروی (ب) روش‌های مختلف آبیاری در تکرار اول



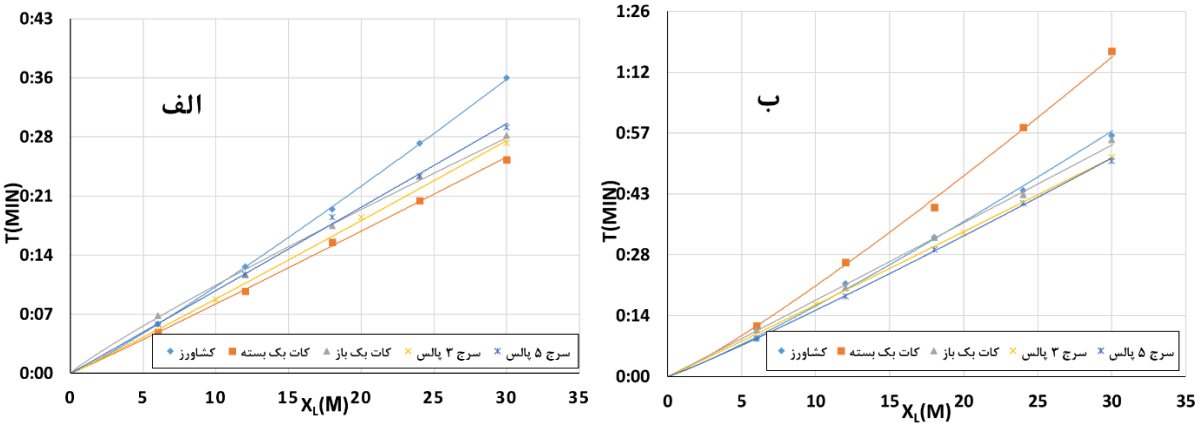
شکل ٥- منحنی‌های پیشروی (الف) و پسروی (ب) روش‌های مختلف آبیاری در تکرار دوم



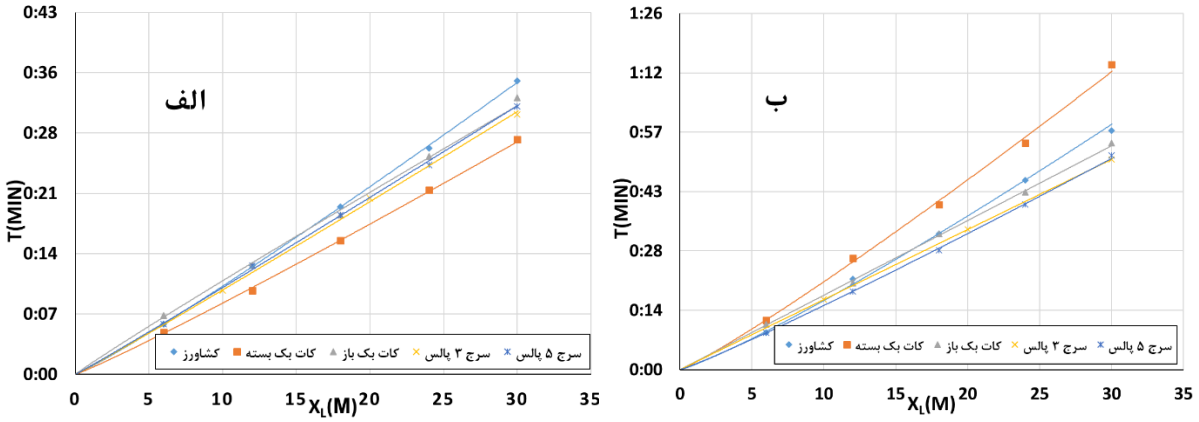
شکل ٦- منحنی‌های پیشروی (الف) و پسروی (ب) روش‌های مختلف آبیاری در تکرار سوم



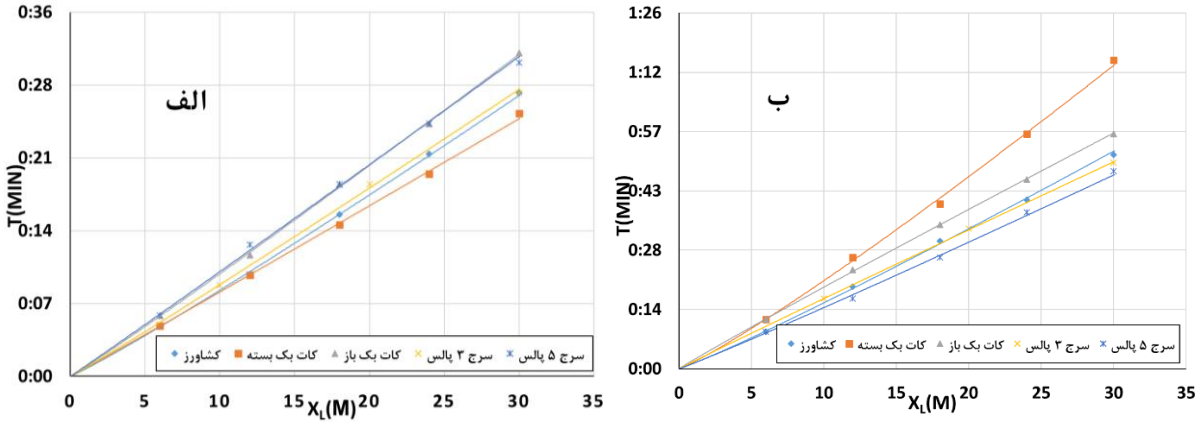
شکل ۷- منحنی‌های پیشروی (الف) و پسروی (ب) روش‌های مختلف آبیاری در تکرار چهارم



شکل ۸- منحنی‌های پیشروی (الف) و پسروی (ب) روش‌های مختلف آبیاری در تکرار پنجم



شکل ۹- منحنی‌های پیشروی (الف) و پسروی (ب) روش‌های مختلف آبیاری در تکرار ششم



شکل ۱۰-منحنی‌های پیشروی (الف) و پسروی (ب) روش‌های مختلف آبیاری در تکرار هفتم

بررسی میزان نفوذ در مدیریت‌های مختلف آبیاری سطحی نواری

همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، میزان نفوذ تجمعی در روش های آبیاری کات بک انتها باز و انتها بسته ۹/۵ درصد از روش آبیاری سنتی بیشتر است. علت آن را می‌توان افزایش زمان قطع در روش آبیاری کات بک دانست، زیرا با نصف کردن جریان ورودی پس از تکمیل مرحله پیشروی و ایجاد آبیاری پیوسته، نفوذ به مقدار زیادی افزایش پیدا می‌کند، علت این پدیده را می‌توان در افزایش فرصت نفوذ آب در خاک دانست، زیرا بر اثر اعمال آبیاری به روش کات بک (کاهش دبی)، زمان آبیاری بیشتر می‌شود و به همین نسبت فرصت نفوذ آب در خاک افزایش می‌یابد؛ اما در روش آبیاری سرج (موجی) ۳ پالس و ۵ پالس مانند سایر مطالعات انجام‌شده (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۰)، با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از جدول (۵) مشاهده می‌شود که میزان نفوذ در این دو روش ۳۰ درصد از روش آبیاری سنتی کمتر است. همان‌گونه که اوکودا و همکاران تشریح نمودند، علت این امر را می‌توان، تحکیم خاک بستر نوار هنگامی که مکش آب و خاک در طی قطع جریان موج، گسترش می‌یابد، پر شدن شکاف‌های کف نوار که در زمان قطع جریان موج ایجاد گردیده، به‌و سیله‌ی بار بستر (هنگامی‌که آب دوباره وارد نوار می شود)، مسدود شدن کف نوار هنگام هر قطع جریان با ترسیب ذرات خاک و انباشتن رسوبات دانه‌ریز آن در خلل و فرج درشت و یا ایجاد یک لایه کم نفوذ در سطوح جذب‌کننده دانست (Okuda et al., 2015).

جدول ۵- میانگین پارامترهای نفوذ و زمان قطع جریان ورودی محاسبه‌شده در روش‌های مختلف مدیریت آبیاری

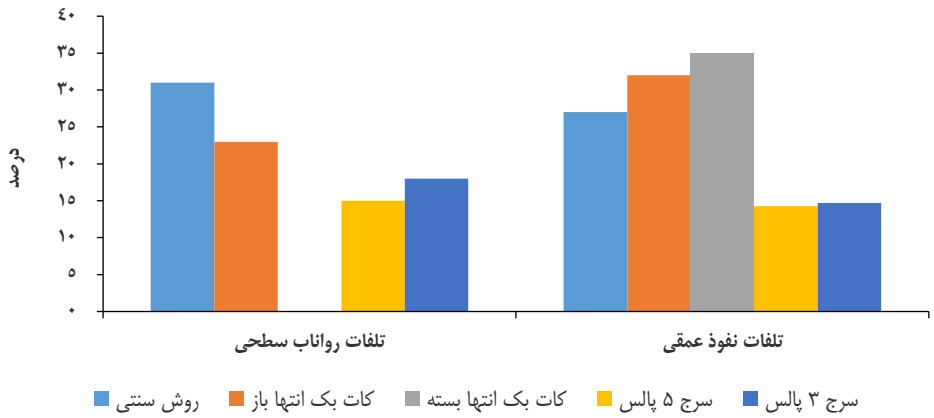
روش آبیاری	حجم آب نفوذ یافته در Vz	عمق خالص آبیاری dn	سرعت نهایی نفوذ آب (I_f)	زمان قطع Tco	مقدار عمق نیاز آبیاری گیاه Zreq	نفوذ تجمعی I
	مترمکعب بر ثانیه	سانتی‌متر	لیتر بر دقیقه بر مترمربع	دقیقه	میلی‌متر بر روز	سانتی‌متر
آبیاری سنتی	۳/۷۱	۱۶/۷۴	۳/۲۴	۳۶	۶۶	۱/۹۱
کات بک انتها باز	۳/۲۸	۱۶/۷۴	۲/۰۹۱	۴۳	۶۶	۲/۱۰
کات بک انتها بسته	۳/۸۸	۱۶/۷۴	۲/۲۷۴	۴۱	۶۶	۲/۰۹
سرج ۳ پالس	۳/۳۲	۱۶/۷۴	۱/۳۹۷	۴۲	۶۶	۱/۴۶
سرج ۵ پالس	۳/۶	۱۶/۷۴	۱/۴۳۷	۴۴	۶۶	۱/۴۸

بررسی میزان تلفات در روش‌های مختلف مدیریت آبیاری سطحی نواری

مقدار تلفات رواناب سطحی در روش آبیاری کات بک انتها بسته، آبیاری سرج ۵ پالس، آبیاری سرج ۳ پالس، آبیاری کات بک انتها باز و آبیاری سنتی به ترتیب ۰، ۱۴,۲۷، ۱۸، ۲۳,۱۸، ۳۱,۲۷ درصد اندازه‌گیری شد (شکل ۱۱).

کمترین و بیشترین میزان تلفات حاصل از رواناب سطحی به ترتیب مربوط به روش‌های آبیاری کات بک انتها بسته (به دلیل مسدود بودن انتهای نوار) و آبیاری سنتی به دلیل دبی کاربرد بیشتر نسبت به سایر روش‌های آبیاری موردنظر (در محدودهٔ ۲ لیتر بر ثانیه) و اختلاف‌زمانی زیاد بین زمان قطع و زمان پیشروی است. برخلاف روش آبیاری کات بک انتها بسته، در روش‌های آبیاری سنتی، کات بک انتها باز، سرج ۳ پالس و سرج ۵ پالس با اتمام جریان پیشروی، به دلیل باز بودن انتهای نوار، جریان ادامه داشته و به‌صورت تلفات رواناب از انتهای نوار خارج و وارد نهر زهکشی شده است. به‌طورکلی در مزارع، کاهش دبی و یا قطع جریان با رسیدن آب به انتهای نوار مقدار تلفات نفوذ عمقی را کاهش می‌دهد، اما در روش‌های آبیاری کات بک انتها بسته و کات بک انتها باز به دلیل کاهش دبی ورودی پس از رسیدن آب به انتهای نوار، زمان قطع جریان ۲۰ درصد نسبت به روش آبیاری سنتی افزایش‌یافته است و این امر باعث شد مقدار تلفات نفوذ عمقی در این دو روش به میزان ۲۲/۲۲ درصد نسبت به روش آبیاری سنتی افزایش پیدا کند. شکل (۱۱). مطالعات انجام‌شده توسط معروف‌پور و همکاران (۱۳۹۵) با نتایج فوق‌الذکر مطابقت دارد.

چنانچه جریان آب در طی فاز پیشروی به‌صورت سری‌هایی از دوره‌های زمانی هر دوره زمانی دارای زمان وصل (مدت‌زمانی که جریان آب در یک دوره زمانی در نوار در جریان است) و زمان قطع (مدت‌زمان بین پایان یک وصل و شروع دورهٔ زمانی بعدی) باشد، حجم آب کمتری جهت تکمیل فاز پیشروی مورد نیاز خواهد بود. کاهش حجم آب مورد نیاز جهت تکمیل مرحلهٔ پیشروی، منجر به نفوذ یکنواخت آب در تمامی طول نوار می‌گردد و در نتیجه راندمان آبیاری بهبود می‌یابد.



شکل ۱۱- مقایسه‌های میانگین روش‌های مختلف آبیاری از نظر درصد تلفات نفوذ عمقی و رواناب سطحی

بررســی میزان راندمان در روش‌های مختلف مدیریت آبیاری سطحی نواری

سامانه‌های آبیاری مزرعه با این هدف طراحی می‌شوند که آب مورد نیاز زراعت را با حداقل تلفات تأمین نمایند. در این تحقیق راندمان آبیاری در پنج روش آبیاری سنتی، آبیاری کات بک انتها باز، آبیاری کات بک انتها بسته، آبیاری سرج ۳ پالس و آبیاری سرج ۵ پالس محاسبه گردید که نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که روش آبیاری سرج راندمان آبیاری و عملکرد محصول بیشتری نسبت به سایر روش‌های آبیاری سطحی ذکر شده دارد و کمترین راندمان آبیاری مربوط به آبیاری با روش سنتی است که با نتایج حاصل از تحقیقات الجمیلی و همکاران مطابقت دارد. (Aljumily and Alhadeethi., 2021). خلاصهٔ نتایج محاسبهٔ راندمان آبیاری و عملکرد محصول در جدول (۶) ارائه داده شده است. در مطالعات انجام‌شده توسط جوادی (۲۰۲۲) نیز روش آبیاری بر کارایی مصرف آب در سطح آماری یک درصد و برای راندمان کاربرد توزیع آب در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار تشخیص داده شده بود. بر اساس مطالعه مذکور، در تیمار آبیاری موجی با ۴ سیکل، بالاترین کارایی مصرف آب و راندمان کاربرد توزیع آب به‌دست آمد. همچنین بر اساس مطالعات ولی‌پور نیز که انواع مختلف رژیم جریان ورودی شامل جریان پیوسته، کات بک، موجی ثابت و موجی متغیر را در بر می‌گرفت، روش‌های کات بک و موجی به ترتیب تا ۱۱/۷ و ۲۸/۴ درصد قادر به افزایش راندمان آبیاری تشخیص داده شدند (Valipour, 2013).

جدول ٦- مقایسه راندمان آبیاری و عملکرد محصول در روش‌های مختلف مدیریت آبیاری

روش آبیاری	راندمان کاربرد آبیاری (درصد)	عملکرد محصول (تن بر هکتار)
سنتی	۴۵	۷/۹۴۴
کات بک انتها باز	۵۵	۹/۶۵۲
کات بک انتها بسته	۶۷	۱۰/۰۳۲
سرج ۵ پالس	۷۱	۱۱/۳۳۲
سرج ۳ پالس	۷۳	۱۰/۳۴۴

مقایسه مدل WinSrfr و Sirmod

مقادیر راندمان، نفوذ و درصد تلفات رواناب پایین‌دست (TWR) به‌دست‌آمده توسط دو مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه مقایسه گردید. نتایج حاصله نشان داد که مدل Sirmod عملکرد مناسب‌تری در برآورد راندمان کاربرد در روش آبیاری سنتی و کاهش دبی نسبت به روش سرج داشته است و همین‌طور

مدل WinSrfr عملکرد مناسب‌تری در برآورد راندمان کاربرد در روش آبیاری سرج نسبت به روش کاهش دبی داشته است (جدول ۷). همچنین مدل WinSrfr فرایند شبیه‌سازی را با درصد خطای کم‌تری نسبت به مدل Sirmod انجام داد که نشان می‌دهد مدل WinSrfr مدلی کاربردی و با دقت بالاتر نسبت به مدل Sirmod است که با نتایج گزارش شده توسط تافته و امداد (۱۳۹۹) و فراستی و همکاران (۱۳۹۷) منطبق است. همچنین بر اساس نتایج رحمانی علی‌آبادی و همکاران (۱۳۹۶) که عملکرد دو مدل WinSrfr و Sirmod، شش سناریو مدیریتی آب در روش شیاری را مورد ارزیابی قرار دادند، با مقایسه مقدار λ توسط دو مدل دریافتند که مقدار λ توسط نرم‌افزار winsrfr به یک نزدیک‌تر است بنابراین نرم‌افزار winsrfr زمان پیشروی و پسروی را بهتر برآورد می‌کند.

جدول ۷- مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های با نتایج به‌دست‌آمده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی (Surface و WinSrfr)

روش آبیاری	روش محاسبه	Ea		نفوذ (سانتی‌متر)		TWR (سانتی‌متر)	
		مقدار	خطای مطلق درصد	مقدار	خطای مطلق درصد	مقدار	خطای مطلق درصد
سنتی	مزرعه	۴۵	-	۱۹	-	۳۱/۲۷	-
	Surface	۴۳/۹۷	۲/۳	۲۳	۲۱/۱	۳۷/۶۳	۲۰/۳
	WinSrfr	۴۱	۸/۹	۲۹	۵۲/۶	۳۹	۲۴/۷
کات بک انتها باز	مزرعه	۵۵	-	۲۰/۹	-	۲۳/۱۸	-
	Surface	۵۳/۳۹	۲/۹	۲۵	۱۹/۶	۲۵/۴۹	۱۰/۰
	WinSrfr	۵۳	۳/۶	۲۲	۵/۳	۲۶/۵	۱۴/۳
کات بک انتها بسته	مزرعه	۶۷	-	۲۰/۸	-	۰	-
	Surface	۶۷/۶۹	۱/۰	۲۸	۳۴/۶	۰	-
	WinSrfr	۶۳	۶/۰	۲۹	۳۹/۴	۰	-
سرج ۵ پالس	مزرعه	۷۱	-	۱۴/۷	-	۱۴/۸۷	-
	Surface	۸۸	۲۳/۹	۱۶	۸/۸	۱۱/۳۰	۲۴/۰
	WinSrfr	۷۰	۱/۴	۱۶	۸/۸	۱۵	۰/۹
سرج ۳ پالس	مزرعه	۷۳	-	۱۴/۶	-	۱۸	-
	Surface	۸۳	۱۳/۷	۱۴	۴/۱	۱۶/۳۰	۹/۴
	WinSrfr	۷۵	۲/۷	۱۴	۴/۱	۱۷/۵	۲/۸

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصله، استفاده از روش‌های آبیاری سطحی سرج (موجی) ۳ پالس، آبیاری سرج ۵ پالس، آبیاری کات بک انتها بسته، آبیاری کات بک انتها باز به ترتیب باعث یکنواختی پخش آب در تمام قسمت‌های مزرعه شده و سرعت پیشروی آب را نسبت به آبیاری سنتی افزایش می‌دهند. تمامی منحنی‌های پیشروی و پسروی در حالت‌های مختلف آبیاری بسیار به یکدیگر نزدیک شدند که نشان‌دهندهٔ تعریف مناسب در عوامل و روش‌های آبیاری انجام‌شده در فرایند پیشروی آب در نوار است همچنین استفاده از روش‌های آبیاری سطحی سرج ۳ پالس، سرج ۵ پالس و کات بک انتها بسته و کات بک انتها باز باعث می‌شود به‌طور میانگین به ترتیب ۹۹، ۷۳، ۱۵۱، ۱۱ مترمکعب آب در هر هکتار، نسبت به روش آبیاری سطحی سنتی صرفه‌جویی شود و همین‌طور مقدار تلفات رواناب سطحی در روش‌های آبیاری سنتی، کات بک انتها باز، کات بک انتها بسته، سرج ۵ پالس و سرج ۳ پالس به‌ترتیب ۳۱، ۲۷، ۰، ۱۴ و ۱۸ درصد، میزان تلفات نفوذ عمقی در این روش‌ها ۲۷، ۳۲، ۳۵، ۱۴/۲۷، ۱۴/۶۸ درصد و راندمان آبیاری در روش‌های ذکرشده به‌ترتیب ۴۵، ۵۵، ۶۷ و ۷۳ درصد گردد،

یکنواختی مناسب توزیع آب در مزرعه امکان بهبود راندمان کاربرد آبیاری را با کاهش مدت زمان آبیاری امکان‌پذیر می‌سازد. در کل می‌توان چنین گفت که به‌ترتیب استفاده از روش‌های سرج ۳ پالس، سرج ۵ پالس، کات بک انتها بسته، کات بک انتها باز در آبیاری سطحی نسبت به روش آبیاری سنتی، به دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب و سهولت در مدیریت آبیاری برتری دارد. لذا در این پژوهش با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده آبیاری نواری دو مدل Surface و Winsrfr برای شرایط کشت یونجه، جهت برآورد راندمان مناسب کاربرد آب در مزرعه مورد مقایسه و واسنجی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مدل Surface به‌طور متوسط مقادیر راندمان کاربرد آب در مزرعه را با خطای ۱٫۶ درصد نسبت به میانگین داده‌های به‌دست‌آمده تخمین می‌زند این در حالی است که مدل WinSrfr توانست در شبیه‌سازی خود با ۰/۲۱ درصد خطا مقدار راندمان کاربرد را برآورد نماید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که این مدل‌ها در شبیه‌سازی آبیاری نواری بسیار قدرتمند بوده و نتایج مناسبی را ارائه می‌نمایند. در مقایسه دو مدل نیز مدل WinSrfr با خطای کم‌تر و با دقت مناسب‌تری می‌تواند در مدیریت آبیاری استفاده شود.

منابع

تافته، آ. و امداد، م.ر. ۱۳۹۹. مقایسه دو مدل SIRMOD و SRFR در برآورد راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری در مزارع گندم. نشریه علمی پژوهشی آبیاری و آب ایران. ۱۲(۲): ۱۷۱-۱۸۵.

چاری، م. م. ۱۳۹۹. مقیاس سازی معادله بیلان حجمی در آبیاری نواری. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۱(۲): ۳۵۳-۳۶۲.

حمدی احمدآباد، ی.، لیاقت، ع. م.، سهرابی، ت.، رسول‌زاده، ع. و نظری، ب. ۱۳۹۶. بهبود عملکرد آبیاری سطحی با مدیریت زمان قطع جریان در مدل SIRMOD. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۸(۴): ۸۱۱-۸۲۲.

حیدری، ن. و عباسی، ف. ۱۳۹۵. بهینه کردن پارامترهای طراحی و مدیریت آبیاری نواری: مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی رامشیر. مجله تحقیقات کاربردی مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷ (۶۶):۵۵-۷۰.

رحمانی علی‌آبادی، س.، طاووسی، م. و گلکار حمزیی یزد، ح.ر. ۱۳۹۶. ارزیابی بازده آبیاری جویچه‌ای با نرم‌افزار WINSRFR و SIRMOD. همایش جامع کشاورزی منابع طبیعی و محیط‌زیست پایدار، تهران.

رضاوردی‌نژاد، و.، احمدی، ح.، همتی، م. و ابراهیمیان، ح. ۱۳۹۵. ارزیابی و مقایسه روش‌های مختلف تخمین پارامترهای نفوذ در سیستم‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای و رژیم‌های مختلف جریان ورودی. نشریه علوم آب و خاک. ۲۰ (۷۶): ۱۶۱-۱۷۶.

زاهدپور. ح.، رضاوردی‌نژاد، و. و دهقانی سانیج، ح. ۱۳۹۶. ارزیابی بازده کاربرد و بهره‌وری سامانه‌های آبیاری سطحی در مزارع منطقه نازلوچای، دشت ارومیه. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ب. ۳۱ (۴):۶۹۸-۶۸۵.

شاهرخ‌نیا، م. ع.، عباسی، ف.، ناصری، ا.، دهقانیان، ا.، اسلامی، ا.، سلامتی، ن.، مقبلی دامنه، ا.، زارع مهرانی، ا. ۱۴۰۱. تعیین میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب باغات لیموترش در کشور. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۲۳(۸۷): ۱-۲۰.

شاهرخ‌نیا، م. ع.، عباسی، ن. و عباسی، ف. ۱۴۰۰. بررسی میزان حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغات گردو در استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران.۶ (۱۵): ۱۳۶۹-۱۳۶۱.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷ (۶۷): ۱۱۳-۱۲۸.

عزیزپور، س و غلامی سفیدکوهی. م. ع. ۱۳۹۴. بررسی روابط بین متغیرهای ورودی و شاخص‌های کارایی در سیستم آبیاری نواری. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲ (۲): ۲۵۳-۲۴۳.

فراستی، م.، فرزی، س. و پورمحمد، پ. ۱۳۹۷. ارزیابی مزرعه‌ای و تحلیل سیستم آبیاری جویچه‌ای با مدل‌های SIRMOD و WinSRFR. نشریه محیط‌زیست و مهندسی آب. ۴ (۳): ۲۰۷-۲۱۵.

کیاسی، غ.، نظری، س.، موسوی، ع. ا. و جباری، م.م. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر جریان موجی (تناوب) بر ضرایب معادله نفوذ در آبیاری شیاری. دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار (فرصت‌ها و چالشهای پیش رو)، شیراز.

مختاران، ع.، ناصری، ع.ع. و کشکولی، ح.ع. ۱۳۹۲. تعیین ضخامت فصل مشترک آب‌شور- شیرین در اراضی تحت

آبیاری و آب زیرزمینی شور و کم‌عمق. دوازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران: دانشگاه تهران. ۸-۷ آبان.

مرادزاده، م. برومندنسب، س. لاله‌زاری ر. و بهرامی م. ۱۳۹۲. ارزیابی عملکرد و آنالیز حساسیت مدل‌های مختلف نرم‌افزار SIRMOD در طراحی آبیاری جویچه‌ای. مهندسی منابع آب. ۶ (۱۸): ۶۳-۷۳.

معروف‌پور، ع.، وطن‌خواه، ح. و بهزادی نسب، م. ۱۳۹۵. ارزیابی راندمان سیستم آبیاری نواری در برخی مزارع دشت زرینه‌رود میاندوآب. نشریه علمی پژوهشی آبیاری و آب ایران.۷ (۱): ۹۶-۸۳

میرزایی ع. ا.، صدرالدینی ع.ا. و ناظمی ا. ح. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی آبیاری موجی و مقایسه‌ی آن با جریان پیوسته. نشریه مهندسی منابع آب تابستان ۱۳۹۰. ۴ (۹): ۷۵-۸۶.

Aljumily. A.M.H. and Al-Hadeethi. I.K. 2021. The Use of Dual and Surge Irrigation to Improve The Efficiency of Surface Irrigation. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Science (Vol. 761, No. 1, p. 012005)

Javadi. A. Shayannejad. M. Ebrahimian. H. and Ghorbani-Dashtaki. S. 2022. Simulation modeling of border irrigation performance under different soil texture classes and land uses. Modeling Earth Systems and Environment. 8(1):1135-1144.

Khalifa, E.S., Okasha, A. and Shawat, S., 2019. Development of surface irrigation using surge irrigation technique. Journal of Fresenius Environmental Bulletin. 28(4): 3121-3130.

Okuda. Y. Onishi. J. Omori. K. Oya. T. Fukuo. A. Kurvantaev. R. Shirokova. Y. and Nasonov. V. 2015. Current status and problems of the drainage system in Uzbekistan. Journal of arid land studies. 25(3):81-4.

Sial, J.K., Khan, M.A. and Ahmad, N., 2006. Performance of surge irrigation under borders. Pak. J. Agri. Sci. 43(3-4):186-192.

Valipour, M., 2013. Increasing irrigation efficiency by management strategies: cutback and surge irrigation. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 8(1): 35-43.

Wu, D., Xue, J., Bo, X., Meng, W., Wu, Y. and Du, T., 2017. Simulation of irrigation uniformity and optimization of irrigation technical parameters based on the SIRMOD model under alternate furrow irrigation. Irrigation and Drainage, 66(4): 478-491.

Water Management in Agriculture
Vol. 11, No. 1, Spring and Summer 2024, 103-118

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، ص. ۱۱۸-۱۰۳

Comparison of Hydraulics and Efficiency of Border Irrigation System under Different Managements for Alfalfa Cultivation in Khuzestan Province

M. Rafie Rafiee[1]*, R. Pourmohammadvand[2], A. Mokhtaran[3] and M. Mahbod[4]

Abstract

Determining water consumption management indicators in order to select irrigation methods with the highest efficiency is one of the most important strategies for large-scale planning for optimal water use in any country. In this study, the effect of five different management methods of border irrigation was evaluated on improving irrigation efficiency with the goal of increasing alfalfa production. The experimental field included five test plots: A, B, C, D and E, where the respective irrigation methods applied were traditional open-end border irrigation as the control, cut-back (flow reduction) border irrigation with open-end, cut-back border irrigation with closed-end, surge (wave) border irrigation with 5 pulses open-end, and surge border irrigation with 3 pulses open-end. The average reduction of applied water in treatments B, C, D, and E compared to the control (A) were 99, 73, 151, and 11 cubic meters of water per hectare, respectively. Applying methods B, C, D, and E also led to an increase in water advance speed by 20%, 16%, 24%, and 12.5%, respectively, compared to traditional irrigation, resulting in improved uniformity water distribution along the borders and reduced surface runoff losses. The percentage of surface runoff in management methods E, D, C, B, and A was determined to be 31, 27, 0, 14, and 18, respectively, and the percentage of deep percolation losses in these methods was 27, 32, 35, 14.27, and 14.68, respectively. Furthermore, the irrigation efficiency in methods E, D, C, B, and A was calculated to be 45%, 55%, 67%, 71%, and 73%, respectively. The use of 3-pulse surge, 5-pulse surge, cut-back with closed-end, and cut-back with open-end were more effective in water saving and increasing the irrigation efficiency compared to the traditional irrigation method. Meanwhile, the cut-back method with closed-end despite having zero surface runoff, exhibited the highest deep percolation losses. On the other hand, Surge methods had the lowest water losses, with the 5-pulse method showing the least surface runoff. Furthermore, the efficiency of the two models, Surface and WinSrfr, was compared in simulating the hydraulics of each method and estimating water application efficiency. The error of the average water application efficiency calculated by the Surface and WinSrfr models, compared to the average field values, was found to be 1.6 and 0.21, respectively, indicating the higher accuracy of the WinSrfr model under this studied conditions.

Keywords: Border Irrigation, Iriigation efficiency, Surge Method with 3 and 5 pulses, Cut-Back Method.

[1] Assistant Professor of Deparment of water sciences & engineering, college of agriculture; Jahrom University, Jahrom, I.R. Iran (*Corresponding Author: mrrafiee73@gmail.com)
[2] MS student of Deparment of water sciences & engineering, college of agriculture; Jahrom University, Jahrom, I.R. Iran
[3] Research Assistant Professor, Agricultural Engineering and Technical Research Department, Khuzestan Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahvaz, Iran
[4] Assistant Professor of Deparment of water sciences & engineering, college of agriculture; Jahrom University, Jahrom, I.R. Iran
Received: 11 Jun 2023
Accepted: 20 Oct 2023