تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۰/ شماره ۷۴/ بهار ۱۳۹۸/ص ۱۵۲-۱۳۹

ارزیابی آبیاری نواری و مقایسه با مدل WinSRFR
(مطالعه موردی در اراضی پایاب سد مخزنی دویرج دهلران)

حمیدرضا شکری[۱]، محسن نجارچی*[۲]، رضا جعفری‌نیا[۳]، شهرو مختاری[۴]، حمزه‌علی علیزاده[۵] و اصغر رحمانی[۶]

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب: دانشجوی دکتری تخصصی؛ و استادیاران گروه آبیاری و زهکشی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۵- استادیار گروه مهندسی آب و خاک، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۶- دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک، دانشگاه تهران، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۵

چکیده

وضعیت مدیریت آب آبیاری در هشت مزرعهٔ گندم آبی در اراضی کشاورزی واحدهای عمرانی مرزآباد، موسیان و پتک تحت پوشش شبکهٔ آبیاری پایاب سد مخزنی دویرج دهلران بررسی شده است. شرایط پایین‌دست جریان در تمامی نوارها به‌صورت انتهاباز بود و با نصب فلوم‌های WSC در ابتدا و انتهای نوارها، هیدروگراف حجم آب ورودی و رواناب خروجی اندازه‌گیری شد. پارامترهای راندمان کاربرد در مزارع مورد مطالعه با مقادیر شبیه‌سازی شده با نرم‌افزار WinSRFR مقایسه گردید. حداقل و حداکثر رواناب اندازه‌گیری در مزارع مورد آزمایش به‌ترتیب ۱۸/۹ و ۳۳/۱ درصد و در حالت شبیه‌سازی، ۱۲ و ۴۲ درصد به‌دست آمد. در ۷۵ درصد از مزارع مورد مطالعه، تلفات نفوذ عمقی وجود نداشت. حداقل و حداکثر میانگین راندمان کاربرد به‌ترتیب ۶۰/۳ و ۸۰/۵ درصد و در حالت شبیه‌سازی، ۵۶ و ۸۸ درصد به‌دست آمد. میانگین راندمان کاربرد اندازه‌گیری شده در هشت مزرعهٔ مورد آزمایش ۶۹/۷ درصد به‌دست آمد. زیاد بودن راندمان کاربرد آب آبیاری به‌دلیل مدیریت نامناسب در اعمال کم آبیاری‌های ناخواسته از طرف کشاورزان است.

واژه‌های کلیدی

راندمان نیاز آبی، رواناب، شبیه‌سازی، کفایت آبیاری، نفوذ عمقی

مقدمه

حدود ۹۳ درصد آب مصرفی در جهان به بخش کشاورزی اختصاص دارد (Valenzuela, 2009). این رقم در کشور ایران نیز بالای ۹۰ درصد است (Hassanli *et al.*, 2009). از این‌رو واضح است که آب، نقش حیاتی در توسعهٔ کشاورزی بسیاری از کشورها دارد (Lankford, 2006). صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی یکی از بهترین راه‌ها برای حفظ منابع آب است و در نتیجه، بهبود راندمان و مدیریت آب کاربردی در مزارع، رویکردی مناسب برای این منظور است (Bjornlund *et al.*, 2009; Playan & Mateos, 2006). خشکسالی و کم‌آبی در ایران واقعیتی اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، سال‌های آینده نیز حادتر خواهد شد. بر اساس گزارش موسسهٔ بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) ایران برای حفظ وضع فعلی باید تا سال ۲۰۲۵ بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال

*نگارنده مسئول: m-najarchi@iau-arak.ac.ir
http://doi: 10.22092/idser.2018.120805.1305

خود بیفزاید (Abbasi *et al.*, 2017). تعیین راندمان سامانه‌های آبیاری موجود و ارزیابی نحوهٔ کار آنها از مهم‌ترین و ضروری‌ترین اقدامات لازم برای تصمیم‌گیری مرتبط با مصرف بهینهٔ آب، الگوی کشت و کاهش تلفات آب آبیاری است (Abbasi *et al.*, 2017). سپاسخواه (Sepaskhah, 2005) راندمان آبیاری سامانه‌های آبیاری سطحی در کشور را ارزیابی و گزارش کرد که راندمان آبیاری سطحی در کشور از مقدار واقعی آن کمتر گزارش شده است. وی علت این امر را روش نه‌چندان درست اندازه‌گیری راندمان کاربرد آبیاری در مزرعه می‌داند و می‌گوید در شرایطی که آبیاری سطحی به‌درستی طراحی و مدیریت شود و با در نظر گرفتن مدیریت کم‌آبیاری حتی می‌توان راندمان بالاتر از ۷۰ درصد را انتظار داشت.

نرم‌افزار WinSRFR مدل ریاضی یک بعدی برای تحلیل و شبیه‌سازی آبیاری سطحی است و کاربرد زیادی در طراحی و مدیریت آبیاری سطحی دارد. این نرم‌افزار برای تحلیل هیدرولیک آبیاری سطحی به‌کار می‌رود و با دو مدل ریاضی اینرسی صفر و موج کینماتیکی محاسبات را پی می‌گیرد (Bautista *et al.*, 2009a).

مکری قهرودی و همکاران (Mokari- Gahroodi *et al.*, 2013) از مدل WinSRFR برای مطالعه، ارزیابی و شبیه‌سازی مراحل مختلف آبیاری جویچه‌ای و برای دامنهٔ گسترده‌ای از بافت‌های خاک استفاده کردند و نشان دادند که مدل با دقت خوبی مدت زمان‌های پیشروی و پسروی، فرصت و عمق نفوذ و بیلان حجم را در جویچه‌ها شبیه‌سازی می‌کند. گنزالس و همکاران (Gonzalez *et al.*, 2011) اثر شیب طولی مزرعه بر یکنواختی توزیع آبیاری کرتی را با استفاده از WinSRFR بررسی کردند. سهراب و عباسی (Sohrab & Abbasi, 2010) نشان دادند که روش آبیاری مزرعه تأثیر مهمی بر راندمان کاربرد آب آبیاری دارد. بررسی‌های این محققان نشان می‌دهد از میان روش‌های آبیاری سطحی، آبیاری کرتی بیشترین (۵۶/۳ درصد) و آبیاری نواری کمترین (۴۵/۱درصد) راندمان کاربرد را دارد. آنان گزارش کرده‌اند که راندمان کل آبیاری بین ۴۰ تا ۴۶ درصد متغیر است که در مقایسه با مقدار فرض شده در سال ۱۳۸۷ (با متوسط ۳۵ درصد) حدود ۱۱ واحد افزایش نشان می‌دهد. ریاحی‌فارسانی و همکاران (Riahi-Farsani *et al.*, 2013) با ارزیابی آبیاری جویچه‌ای در مزارع زیر کشت سیب‌زمینی در دشت بروجن و ذرت در دشت‌های خان‌میرزا و شهرکرد، متوسط راندمان کاربرد را در دشت‌های بروجن، خان‌میرزا و شهرکرد به‌ترتیب ۴۹/۳، ۵۵/۴ و ۶۱/۴ درصد و در حد قابل قبول گزارش کرده‌اند. این محققان میزان کفایت آبیاری دشت‌های مذکور را به‌ترتیب ۹۸/۲، ۶۰/۲ و ۸۴/۲ درصد اعلام کردند و پایین بودن راندمان انتقال را عامل اصلی کاهش راندمان کل در دشت‌های مذکور می‌دانند. معروف‌پور و همکاران (Maroufpoor *et al.*, 2016) با پژوهش روی سه مزرعهٔ آبیاری شده به روش نواری انتهابسته در واحد عمرانی شمارهٔ چهار در شبکهٔ آبیاری و زهکشی زرینه‌رود نشان دادند که راندمان کاربرد در مزارع A و B، به‌ترتیب ۸۸/۶ و ۹۵/۱ درصد و راندمان نیاز آبی ۹۰/۲ و ۹۲/۸ درصد با سطح کفایت آبیاری به‌ترتیب ۵۹/۶ و ۶۵/۹ درصد است و در مزرعه C راندمان کاربرد ۵۱/۵۹ درصد با راندمان نیاز آبی ۱۰۰ درصد در سطح کفایت ۱۰۰ درصد بوده است. راندمان‌های به‌دست آمده را قابل قبول و وضعیت آبیاری مزارع را در دورهٔ مورد ارزیابی، به‌رغم اعمال کم‌آبیاری در مزارع A و B، با توجه به مقادیر راندمان نیاز آبی در آنها، مطلوب ارزیابی کردند.

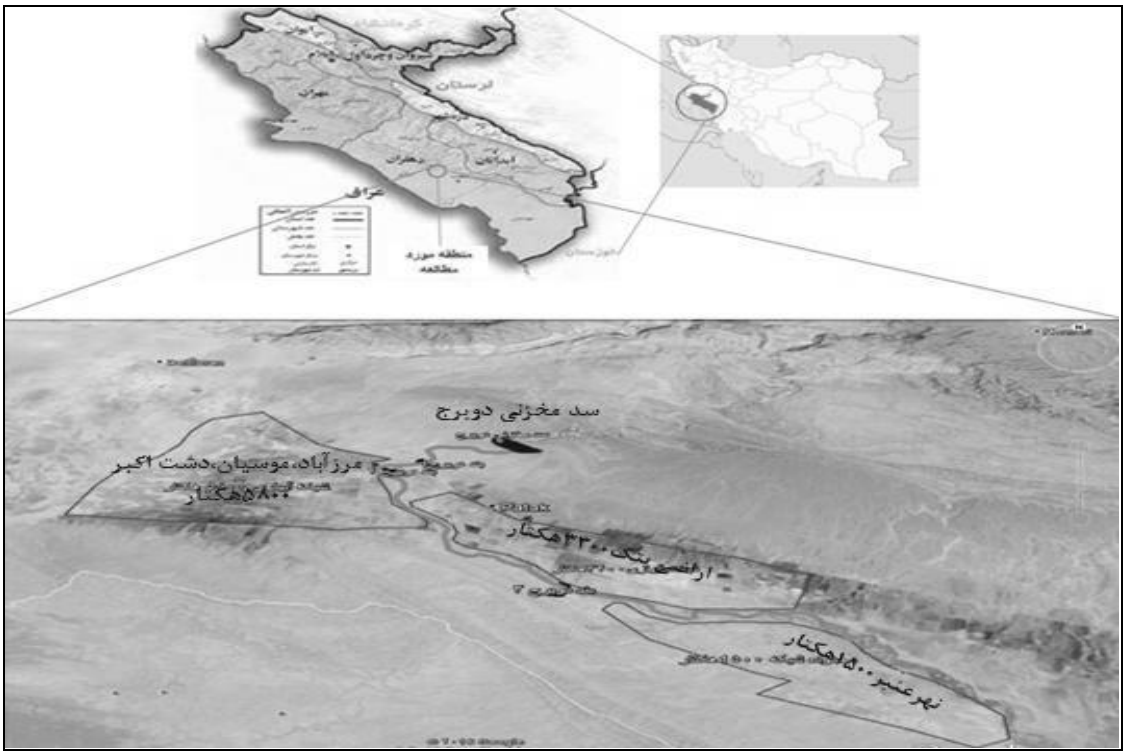
این پژوهش با هدف اولین ارزیابی راندمان سامانه‌های آبیاری سطحی و مقایسهٔ آن با مدل شبیه‌سازی شده WinSRFR در اراضی تجهیز و نوسازی شدهٔ تحت پوشش شبکه‌های آبیاری و زهکشی پایاب سد مخزنی دویرج دهلران اجرا شد که در اقلیم گرم و خشک کشور واقع شده است. بیش از ۲۰ هزار هکتار اراضی تجهیز و نوسازی شده،

توأم با شبکه‌های آبیاری سطحی احداث شده در شهرستان دهلران در حال بهره‌برداری است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

محدودهٔ مورد مطالعه در شهرستان دهلران در فاصلهٔ ۲۲۰ کیلومتری جنوب شرقی مرکز استان ایلام قرار دارد و از شمال به شهرستان دره‌شهر، از شرق به شهرستان آبدانان، از جنوب شرقی به شهرستان دزفول، از جنوب و غرب به کشور عراق و از شمال غربی به شهرستان مهران محدود می‌شود. مساحت شهرستان دهلران ۶۸۱۷ کیلومتر مربع است و در ۳۲ درجه و ۴۱ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقهٔ طول شرقی گرینویچ قرار دارد؛ ارتفاع مرکز شهرستان ۲۳۰ متر بالاتر از سطح دریاست (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت استان ایلام و پراکنش دشت‌های مورد مطالعه همراه با جانمایی سد و رودخانهٔ دویرج روی تصاویر ماهواره‌ای

روش اندازه‌گیری و نحوهٔ محاسبهٔ راندمان آبیاری

برای اندازه‌گیری راندمان کاربرد آبیاری سطحی در مزرعه به روش دبی ورودی- خروجی، از فلوم WSC تیپ ۵ استفاده شد؛ قبل از آغاز آزمایش، از نواحی عمرانی مرزآباد، پتک و موسیان که مزارع آن تحت پوشش تجهیز و نوسازی و شبکه‌های مدرن آبیاری بود، بازدید شد و به‌صورت تصادفی ۸ مزرعه در طول فصل رشد (توسعه، گلدهی و پایانی) برای آزمایش انتخاب شد. در تمامی ناحیه‌های عمرانی، آبیاری به‌صورت سطحی و به روش نواری انتهای باز است. قبل از آزمایش، ابتدا یک نوار در طول مزرعه انتخاب و به فواصل ۲۰ متری میخ‌کوبی شد. برای تعیین رطوبت خاک قبل از آبیاری به روش وزنی در ۳ نقطه از نوار مورد آزمایش نمونه‌برداری شد. فلوم‌ها در ورودی و خروجی نوار مورد آزمایش نصب و تراز شدند. هم‌زمان دبی ورودی به نوار با اندازه‌گیری مدت زمان ثبت گردید. در خلال آزمایش، جریان آب و جبهه رطوبتی در

طول نوار به سمت هر یک از میخ‌ها ثبت شد. شدت جریان آب ورودی به نوار، مدت زمان آبیاری و زمان قطع جریان آب را کشاورز تعیین کرد. پس از قطع جریان ورودی، مدت زمان پسروی نیز ثبت و آزمایش با اندازه‌گیری کامل رواناب به اتمام رسید. با استفاده از دوربین ترازیاب، شیب نوارها اندازه‌گیری شد. هیدروگراف جریان ورودی تا زمان قطع کامل جریان در هر نوار آزمایشی رسم شد و از مساحت زیر منحنی هیدروگراف دبی ورودی، کل حجم آب داده شده به نوار، از اختلاف بین حجم آب ورودی و خروجی در نوار، حجم آب نفوذ یافته و از تقسیم کل آب نفوذ یافته بر سطح نوار، متوسط عمق آب نفوذیافته به‌دست آمد.

تعیین عمق توسعهٔ ریشه

عمق توسعهٔ ریشه یکی از پارامترهای لازم در ارزیابی سیستم‌های آبیاری است اما اندازه‌گیری دقیق آن دشوار است. قبل از هر آبیاری در نوار مورد آزمایش، از نقاط مختلف نوار با خاک‌برداری دستی، عمق توسعهٔ ریشه به‌صورت میدانی و مشاهده‌ای اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های ارزیابی مورد استفاده در این تحقیق به‌شرح زیر است (Elliot & Walker,1982).

عمق خالص آب مورد نیاز آبیاری

رطوبت حجمی در رابطه ۱ با استفاده از حاصل‌ضرب مقادیر رطوبت وزنی اندازه‌گیری شده در جرم مخصوص ظاهری به‌دست آمد و میزان کمبود واقعی رطوبت از اختلاف بین رطوبت حجمی نقطه ظرفیت زراعی و مقدار رطوبت خاک قبل از شروع آبیاری در عمق توسعهٔ ریشهٔ گیاه محاسبه شد (رابطهٔ ۱).

$$I_n = (FC - \theta) \times D_r \qquad (۱)$$

که در آن،

I_n= عمق خالص آب مورد نیاز آبیاری (میلی‌متر)؛ FC= رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی (درصد)؛ θ= رطوبت حجمی قبل از آبیاری (درصد) و D_r= عمق توسعهٔ ریشه (میلی‌متر).

راندمان کاربرد

راندمان کاربرد از نسبت حجم آب خالص مورد نیاز گیاه به کل حجم آب وارد شده به نوار از رابطهٔ ۲ به‌دست آمد.

$$E_a = (1 - \frac{V_t}{V_{in}}) \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن،

E_a= راندمان کاربرد (درصد)؛ V_t= حجم کل تلفات (لیتر) و V_{in}= حجم آب ورودی (لیتر).

راندمان نیاز آبی

این پارامتر معیاری از مؤثر بودن آبیاری در تأمین نیاز آبی گیاه است و از رابطهٔ ۳ محاسبه گردید.

$$E_r = (\frac{W_{rz}}{W_r}) \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن،

E_r= راندمان نیاز آبی؛ W_{rz}= حجم آب ذخیره شده در ناحیهٔ ریشهٔ گیاه و W_r= حجم آب مورد نیاز در ناحیهٔ ریشهٔ گیاه است.

راندمان کفایت آبیاری

در طراحی سامانه‌های آبیاری، علاوه بر راندمان آبیاری کفایت آبیاری نیز مهم است. کفایت آبیاری عبارت است از درصدی از سطح نوار که به اندازهٔ آب مورد نیاز یا بیشتر آبیاری می‌شود و از رابطهٔ ۴ محاسبه شد.

$$E_e = (\frac{A_e}{A_t}) \times 100 \qquad (۴)$$

که در آن،

E_e= کفایت آبیاری بر حسب درصد؛ A_e= سطحی از نوار که به اندازهٔ آب مورد نیاز یا بیشتر آبیاری شده و A_t= سطح کل نوار مورد آزمایش.

جدول ۱- مشخصات مزارع و نمونه پارامترهای اندازه‌گیری شده برای محاسبهٔ راندمان کاربرد آب آبیاری

مشخصات مزرعه	ابعاد نوار (متر)	شیب (درصد)	نوع کشت	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	درصد رطوبت وزنی قبل آبیاری	درصد گچ	عمق ریشه (سانتی‌متر)	عمق خالص آب مورد نیاز (میلی‌متر)	کل حجم آب ورودی به نوار (لیتر)	کل حجم آب خروجی از نوار (لیتر)	تلفات نفوذ عمقی (درصد)	رواناب (درصد)	متوسط عمق آب نفوذ یافته به نوار (میلی‌متر)
مرزآباد ۱	۷/۵×۳۷۰	۰/۰۳۶	گندم	۷/۵	۴۰	۵۲/۵	۲۲	۳۱/۱	۴۵	۶۳	۹۴۱۸۱	۳۱۲۳۶	۰	۳۳/۱	۲۲/۷
مرزآباد ۲	۴×۱۷۰	۰/۰۴۵	گندم	۷/۵	۴۰	۵۲/۵	۱۰/۹	۳۱/۳	۲۵	۴۹/۱	۵۳۹۹۸	۱۳۳۵۵	۱۳	۲۵/۲	۵۹/۸
مرزآباد ۳	۸×۱۶۰	۰/۰۰۴	گندم	۶/۷	۴۳/۳	۵۰	۱۶/۲	۲۹/۹	۴۰	۴۸/۷	۶۷۳۸۲	۱۳۵۵۷	۰	۲۰/۱	۴۵
مرزآباد ۴	۶×۴۶۰	۰/۰۰۲۳	گندم	۶/۷	۳۶/۷	۵۶/۷	۱۶/۵	۳۱/۹	۴۵	۶۸/۵	۳۴۶۸۶۶	۶۷۳۸۳	۲۰/۸	۱۸/۹	۹۴
موسیان ۱	۶×۲۰۰	۰/۰۴۶	گندم	۶/۷	۴۰	۵۳/۳	۹/۱	۲۲/۶	۲۵	۵۷/۵	۹۴۱۲۳	۲۸۵۳۴	۰	۳۰/۳	۵۴/۷
موسیان ۲	۷×۳۳۵	۰/۰۰۴	گندم	۷/۵	۲۶/۷	۶۵/۸	۱۱	۳۱/۲	۴۰	۱۰۰	۸۴۷۴۵	۲۶۵۲۳	۰	۳۱/۳	۲۴/۸
پتک ۱	۶×۱۳۰	۰/۰۰۳۶	گندم	۸/۳	۳۳/۳	۵۸/۳	۲۰	۳۳/۹	۴۰	۶۴	۵۶۴۵۲	۱۷۲۷۰	۰	۳۰/۴	۵۰/۲
پتک ۲	۶×۲۳۰	۰/۰۰۴۴	گندم	۷/۵	۱۸/۳	۷۴/۲	۸	۲۵/۲	۴۰	۷۲	۶۸۰۰۸	۱۳۲۲۲	۰	۱۹/۵	۳۹/۷

با محاسبهٔ نیاز آبی مزارع و انتخاب روش آبیاری نواری، مقادیر دبی ورودی - خروجی، مدت زمان رسیدن جبهه پیشروی به نقطهٔ وسط و انتهای هر مزرعه و انتخاب روش دو نقطه‌ای الیوت واکر، پارامترهای نفوذ در معادله کوستیاکوف- لوئیس، که مقادیر آنها در جدول ۲ نشان داده شده است، واسنجی شد و با استفاده از نرم‌افزار *WinSRFR* نسخه ۳.۱.۴ و انتخاب مدل اینرسی صفر، مقادیر راندمان کاربرد، نفوذ عمقی، رواناب، جبهه پیشروی و پسروی شبیه‌سازی گردید. ضریب‌های زبری مانینگ با توجه به مشاهدات میدانی مراحل مختلف رشد گیاه در اندازه‌گیری‌های آبیاری و تطبیق آن با گزینه‌های پیش‌فرض ارائه شده در نرم‌افزار *WinSRFR* استخراج شد.

جدول ۲- مقادیر ضریب مانینگ و ضریب‌های *a*، *b* و *k* معادلهٔ کوستیاکوف- لوئیس

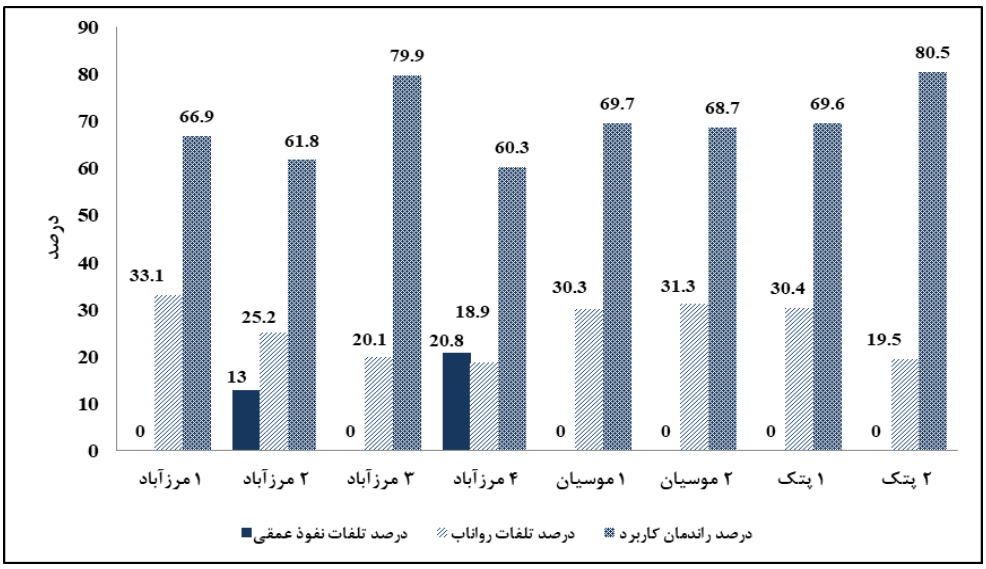
مشخصات مزرعه	ابعاد نوار (m m^X)	*a*	*b* (mm/hr)	*k* (mm/hr^a)	ضریب مانینگ
مرزآباد ۱	۳۷۰×۷/۵	۰/۶۵۸۱	۱۸/۵۶	۲۵/۴۶	۰/۱۵
مرزآباد ۲	۱۷۰×۴	۰/۵۰۵	۲۷/۰۱	۴۹/۶۸۳	۰/۱
مرزآباد ۳	۱۶۰×۸	۰/۶۷۴۱	۲۴/۶۳	۱۹/۱۵۹	۰/۱
مرزآباد ۴	۴۶۰×۶	۰/۶۶۱۱	۱۳/۷۱	۳۰/۹۸۱	۰/۱
موسیان ۱	۲۰۰×۶	۰/۶۲۷۷	۳۵/۸۷	۲۲/۷۵۹	۰/۱۵
موسیان ۲	۳۳۵×۷	۰/۳۱۵۳	۳۸/۲۹	۱۳/۵۱۶	۰/۱۵
پتک ۱	۱۳۰×۶	۰/۳۱۵	۳۸/۲۹	۱۳/۵۱۶	۰/۱۵
پتک ۲	۲۳۰×۶	۰/۶۳۱۸.	۲۰/۲۷	۲۱/۸۴۵	۰/۱۵

نتایج و بحث

راندمان کاربرد اندازه‌گیری شده

نتایج راندمان کاربرد اندازه‌گیری شده در شکل ۲ حداقل، حداکثر و میانگین راندمان کاربرد را به‌ترتیب ۶۰/۳، ۸۰/۵ و ۶۹/۷ درصد نشان می‌دهد که از متوسط راندمان کاربرد بیان شده به‌میزان ۵۳/۶ درصد در کشور، در گزارش عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2017)، بیشتر است. از عمده دلایل زیاد بودن راندمان کاربرد آب آبیاری و کاهش تلفات نفوذ عمقی، می‌توان به کم‌آبیاری‌های اعمال شده ناشی از مدیریت نامناسب کشاورزان در آبیاری مزارع خود اشاره کرد.

تلفات نفوذ عمقی در ۷۵ درصد آزمایش‌ها وجود ندارد و در ۲۵ درصد دیگر آزمایش‌ها با میزان متوسط ۱۶/۹ درصد اندازه‌گیری شده است که این تلفات ناشی از افزایش طول غیرمجاز قطعات آبیاری، بیشتر از ۳۰۰ متر، است. حداقل و حداکثر تلفات رواناب به‌ترتیب ۱۸/۹ و ۳۳/۱ درصد اندازه‌گیری شد. وجود گچ به‌میزان بیشتر از ۲۵ درصد در لایهٔ سطحی خاک در نوارها، شیب نسبتاً زیاد برخی مزارع آزمایشی (بیشتر از ۰/۰۰۱)، مدیریت نامناسب مدت زمان آبیاری، و استفاده از دبی زیاد (۲۰ لیتر در ثانیه به نوارها) را می‌توان از عوامل بالا بودن رواناب اندازه‌گیری شده برشمرد. گزینهٔ عرض نوار ۷ متر و طول نوار ۲۰۰ متر با شیب ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۰۵ برای همه دبی‌های ورودی (۱۰ تا ۲۰) لیتر در ثانیه و عمق‌های خالص آبیاری (۵۰ تا ۹۰) میلی‌متر با توجه به بررسی صورت گرفته توسط حیدری و عباسی (Heydari & Abbasi, 2017) از نظر راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب مقادیر مناسبی هستند که با نتایج اندازه‌گیری شده در ۷۵ درصد آزمایش‌های این تحقیق همخوانی دارد.

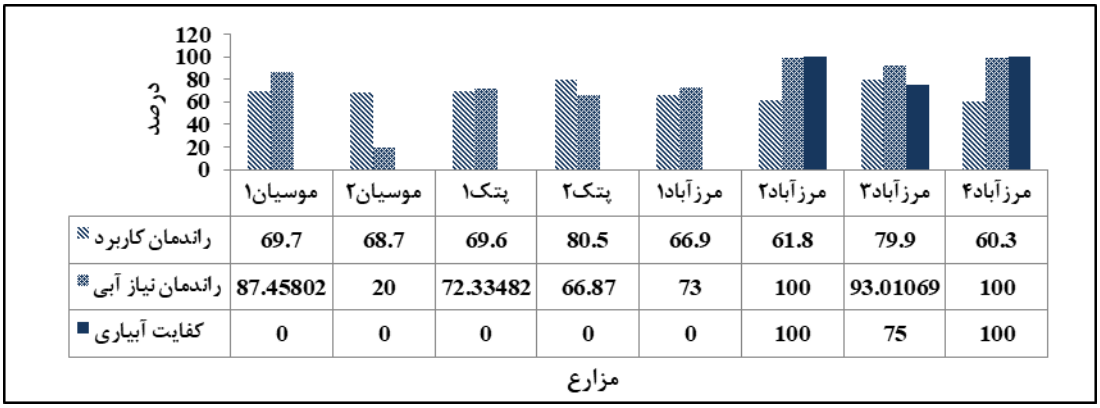


شکل ۲- تلفات نفوذ عمقی، رواناب و راندمان کاربرد آبیاری

عباسی (Abbasi, 2012) می‌گوید با استفاده از روش‌های نوین در آبیاری سطحی می‌توان راندمان کاربرد را به بیش از ۷۰ درصد افزایش داد.

راندمان نیاز آبی و کفایت آبیاری

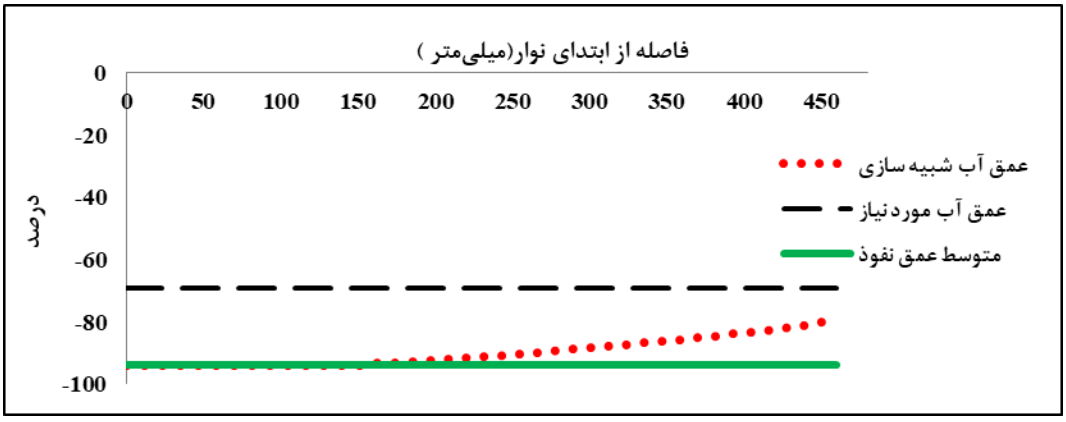
شکل ۳ بیشترین درصد کفایت آبیاری را به‌میزان ۱۰۰ درصد در مزارع مرزآباد ۲ و مرزآباد ۴ نشان می‌دهد. در این مزارع، راندمان کاربرد به‌ترتیب ۶۰/۳ و ۶۱/۸ درصد اندازه‌گیری شده است که نسبت به سایر مزارع مورد آزمایش پایین‌تر است. از دلایل کم بودن راندمان کاربرد آب آبیاری در این مزارع می‌توان به مدیریت نامناسب آبیاری، اعم از رعایت نشدن زمان مناسب قطع جریان در طول نوارهای آبیاری و طول بیش از حد نوار (۴۶۰ متر)، اشاره کرد. اگرچه میزان کفایت آبیاری در مزارع مرزآباد ۲ و ۴ به‌میزان ۱۰۰ درصد به‌دست آمد ولی دیده شده است که کفایت‌آبیاری نمی‌تواند شاخص خوبی برای ارزیابی راندمان بهینهٔ مصرف آب باشد (Walker & Skogerbeo, 1987). در مزرعهٔ مرزآباد ۳ کفایت آبیاری به‌میزان ۷۵ درصد به‌دست آمد و در سایر مزارع مورد مطالعه، کفایت آبیاری حاصل نگردید. حداقل کفایت آبیاری برای گیاهان زراعی ۷۵ درصد است (Alizadeh, 2007). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد راندمان نیاز آبی ۱۰۰ درصد در مزارع مرزآباد ۲ و مرزآباد ۴ و کمترین آن ۲۰ درصد در مزرعه موسیان ۲ حاصل گردیده است. مزرعه مورد آزمایش مرزآباد ۳ با راندمان نیاز آبی ۹۳ درصد، کفایت آبیاری ۷۵ درصد و راندمان کاربرد بالاتر (۷۹/۹ درصد)، نسبت به سایر مزارع مورد آزمایش، به‌عنوان مزرعه قابل قبول در مدیریت آبیاری تعیین گردید، از دلایل زیاد بودن پارامترهای راندمان کاربرد این مزرعه می‌توان به ابعاد مناسب نوار (۱۶۰ متر) و میزان دبی ورودی متناسب و مدیریت به‌موقع زمان قطع جریان توسط کشاورز اشاره کرد که با نتایج تحقیقات معروف‌پور و همکاران (Maroufpoor *et al.*, 2016) همخوانی دارد.



شکل ۳- راندمان کاربرد، راندمان نیاز آبی و کفایت آبیاری اندازه‌گیری شده

در این پژوهش، نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری پارامترهای نفوذ عمقی، رواناب و راندمان کاربرد در نوارهای آزمایشی مرزآباد ۳ و مرزآباد ۴ تشریح می‌شود.

نتایج ارائه شده در شکل ۴ و جدول ۳ نشان می‌دهد در مزرعهٔ آزمایشی مرزآباد ۴ به طول ۴۶۰ متر، آبیاری در سرتاسر نوار بیش از نیاز آبی گیاه (۶۸/۵ میلی‌متر) بوده است به‌طوری‌که تا فاصله ۲۰۰ متر از ابتدای نوار، بیش از ۹۰ میلی‌متر آب نفوذ کرده و در فاصلهٔ ۳۰۰ متر عمق نفوذ به ۸۵ میلی‌متر و در انتهای نوار میزان نفوذ به ۸۰ میلی‌متر رسیده است. تلفات نفوذ عمقی شبیه‌سازی شده با مدل به میزان ۱۷ درصد به‌دست آمده است که در مقایسه با میزان واقعی اندازه‌گیری شده ۳/۸ درصد کمتر نشان داده می‌شود. میزان رواناب شبیه‌سازی شده در مدل ۲۶ درصد است که در مقایسه با رواناب اندازه‌گیری شده واقعی به میزان ۷/۱ درصد بیش برآورد داشته است. راندمان کاربرد مدل، ۵۶ درصد شبیه‌سازی گردید در حالی‌که میزان اندازه‌گیری واقعی آن ۶۰/۳ درصد به‌دست آمده است. از دلایل بالا بودن میزان نفوذ عمقی اندازه‌گیری شده، طول بیش از میزان استاندارد نوارهای آبیاری (۲۰۰ متر) و مدیریت نامطلوب در تنظیم میزان دبی ورودی به نوار (متوسط ۱۳ لیتر بر ثانیه) را می‌توان برشمرد (Abbasi *et al.*, 2017). از دلایل زیاد بودن رواناب می‌توان به میزان زیاد گچ (۳۱ درصد) در خاک نوار مورد آزمایش و اثر آن در سفت شدن سطح مزرعه اشاره کرد. افزایش کارایی آبیاری، اگر با تغییر در هندسهٔ نوارها (شیب طولی و طول نوار) امکان‌پذیر نباشد، بر اساس متغیرهای دبی ورودی و زمان قطع جریان میسر خواهد بود (Rezaverdinejad *et al.*, 2016).

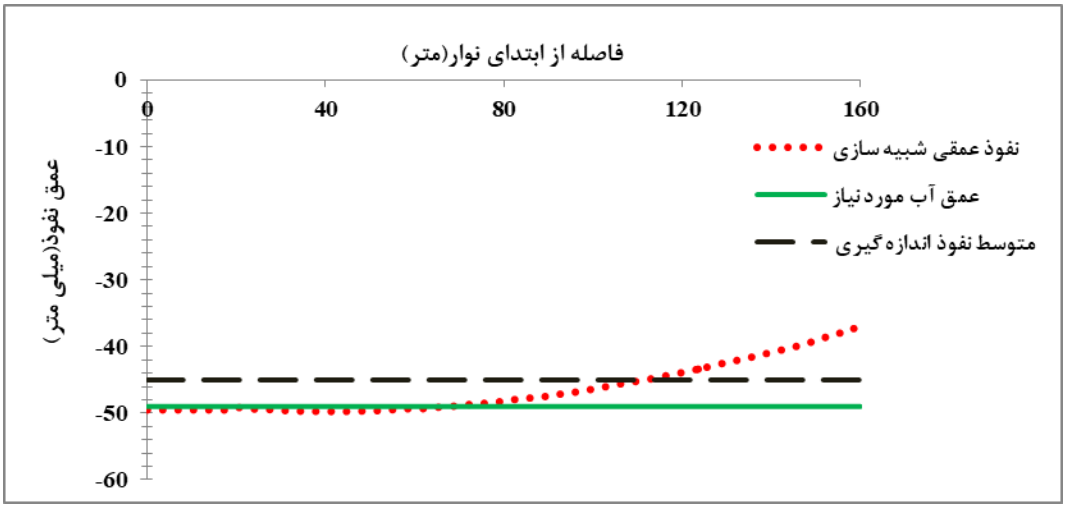


شکل ٤- نفوذ عمقی شبیه‌سازی شده در مزرعهٔ (٤٦٠ متری) مرزآباد ٤

در مزرعهٔ آزمایشی مرزآباد ۳ به طول ۱۶۰ متر (شکل ۵)، متوسط عمق آب اندازه‌گیری شده در سرتاسر طول نوار کمتر از نیاز آبی گیاه بود در حالی‌که مدل تا فاصلهٔ ۸۰ متر از ابتدای نوار به‌طور متوسط ۵۰ میلی‌متر نفوذ عمقی، شبیه‌سازی کرده و در انتهای نوار به ۳۷ میلی‌متر کاهش یافته است. نفوذ عمقی شبیه‌سازی شده با مدل، نسبت *به‌میزان* اندازه‌گیری شده، ۱ درصد بیش برآورد دارد. رواناب شبیه‌سازی به‌میزان ۱۲ درصد است که در مقایسه با رواناب اندازه‌گیری شده ۸/۱ درصد کم برآورد داشته است. راندمان کاربرد با مدل ۸۷ درصد شبیه‌سازی شد در حالی که با اندازه‌گیری ۷۹/۹ درصد به‌دست آمد که ۷/۱ درصد بیش برآورد در مدل مشاهده گردید. از دلایل زیاد بودن رواناب با توجه به مناسب بودن طول نوار (۲۰۰ متر)، می‌توان به وجود گچ به مقداری بیش از ۲۵ درصد در خاک و زیاد بودن دبی ورودی به نوار (بالاتر از ۲۰ لیتر بر ثانیه) اشاره کرد (Abbasi *et al.*, 2017).

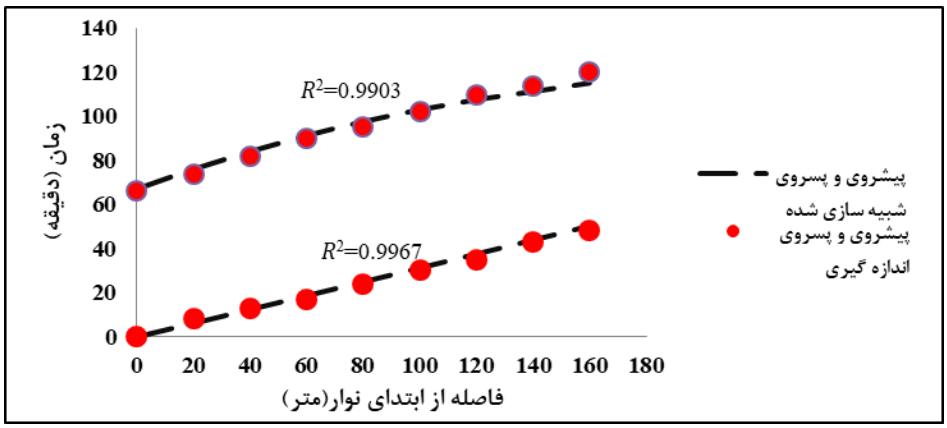
جدول ۳ - درصد تلفات نفوذ عمقی، رواناب و راندمان کاربرد اندازه‌گیری و شبیه‌سازی

مزارع	ابعاد نوار (متر×متر)	شیب نوار	تلفات نفوذ عمقی (درصد)		درصد اختلاف	رواناب (درصد)		اختلاف (درصد)	راندمان کاربرد (درصد)		اختلاف (درصد)
			اندازه‌گیری	شبیه‌سازی		اندازه‌گیری	شبیه‌سازی		اندازه‌گیری	شبیه‌سازی	
مرزآباد ۱	۳۷۰×۷/۵	۰/۰۳۶	۰	۰	۰	۳۳/۱	۳۸	۴/۹	۶۶/۹	۶۲	-۴/۹
مرزآباد ۲	۱۷۰×۴	۰/۰۴۵	۱۳	۲۱	۸	۲۵/۲	۱۸	-۷/۲	۶۱/۸	۶۱	-۰/۸
مرزآباد ۳	۱۶۰×۸	۰/۰۰۴	۰	۱	۱	۲۰/۱	۱۲	-۸/۱	۷۹/۹	۸۷	۷/۱
مرزآباد ۴	۴۶۰×۶	۰/۰۰۲۳	۲۰/۸	۱۷	-۳/۸	۱۸/۹	۲۶	۷/۱	۶۰/۳	۵۶	-۴/۳
موسیان۱	۲۰۰×۶	۰/۰۴۶	۰	۱	۱	۳۰/۳	۳۵	۴/۷	۶۹/۷	۶۴	-۵/۷
موسیان۲	۳۳۵×۷	۰/۰۰۴	۰	۰	۰	۳۱/۳	۴۲	۱۰/۷	۶۸/۷	۵۸	-۱۰/۷
پتک ۱	۱۳۰×۶	۰/۰۰۳۶	۰	۰	۰	۳۰/۴	۳۴	۳/۶	۶۹/۶	۶۶	-۳/۶
پتک ۲	۲۳۰×۶	۰/۰۰۴۴	۰	۰	۰	۱۹/۵	۱۲	-۷/۵	۸۰/۵	۸۸	۷/۵

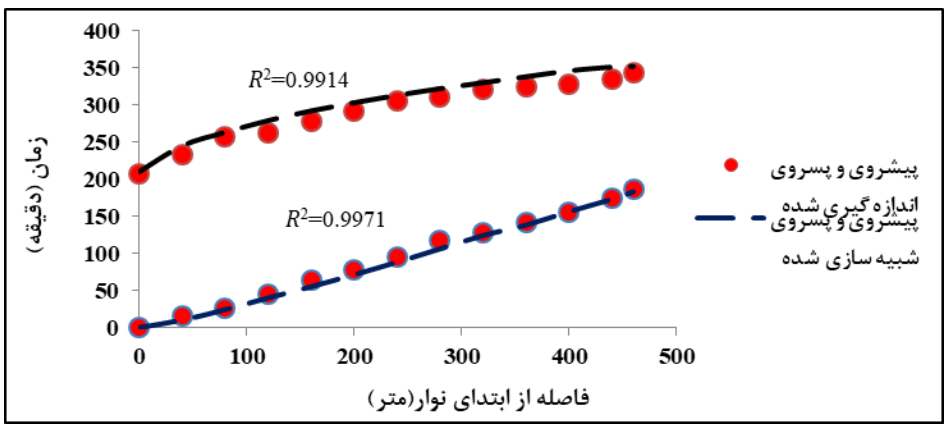


شکل ۵- نفوذ عمقی شبیه‌سازی شده در مزرعه (۱۶۰ متری) مرزآباد ۳

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدت زمان پیشروی شبیه‌سازی در مزرعه ۱۶۰ متری (مرزآباد ۳)، در مقایسه با مدت زمان پیشروی اندازه‌گیری شده، دارای ضریب همبستگی ۰/۹۹۶۷ و ریشهٔ میانگین مربعات خطای ۱/۵۶ است (شکل ۶). میزان این پارامترهای آماری برای مدت زمان پسروی دارای ضریب همبستگی ۰/۹۹۰۳ و ریشهٔ میانگین مربعات خطا ۲/۵۰ است که در مقایسه با مدت زمان پیشروی دارای میزان خطای بالاتری است. در مزرعهٔ دارای طول نوار ۴۶۰ متر در مرزآباد ۴، مقادیر به‌دست آمده برای مدت زمان پیشروی شبیه‌سازی شده با مدل دارای میزان ضریب همبستگی ۰/۹۹۷۱ در مقابل مدت زمان پیشروی اندازه‌گیری شده با میزان ریشه میانگین مربعات خطای ۵/۴۶ حاصل گردید و برای مدت زمان پسروی شبیه‌سازی شده در مقابل مدت زمان اندازه‌گیری شده دارای میزان ضریب همبستگی ۰/۹۹۱۴ با میزان ریشهٔ میانگین مربعات خطای ۱۰/۱۷ مشاهده گردید (شکل ۷). این میزان خطا در ابتدای نوار کم و با افزایش طول نوار میزان اختلاف افزایش می‌یابد. میزان خطای به‌دست آمده در مدت زمان پیشروی و پسروی در مزرعه مرزآباد ۴ با طول نوار ۴۶۰ متر، در مقایسه با مزرعه مرزآباد ۳ با طول نوار ۱۶۰ متر، به‌طور میانگین به‌ترتیب چهار و سه برابر افزایش نشان می‌دهد. از دلایل افزایش خطا می‌توان به بزرگ بودن ابعاد نوار و عرض ۸ متر آن اشاره کرد که سبب می‌شود مدت زمان ثبت پسروی در هر ایستگاه با خطا همراه باشد. هر اندازه عرض نوارها کمتر باشد خطاهایی از قبیل تأثیر شیب عرضی بر پیشروی جریان کمتر خواهد بود (Rezaverdinejad *et al.*, 2016).



شکل ٦- مدت زمان پیشروی و پسروی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده در مزرعه مرزآباد ۳ (نوار ۱٦۰ متر)



شکل ۷- مدت زمان پیشروی و پسروی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده در مرزآباد ٤ (نوار ٤٦۰ متر)

مقایسهٔ پارامترهای راندمان کاربرد اندازه‌گیری و شبیه‌سازی

مقایسهٔ نتایج پارامترهای راندمان کاربرد اندازه‌گیری و شبیه‌سازی در جدول ۳ نشان می‌دهد که در مزارع مرزآباد ۱، موسیان ۲، پتک ۱ و پتک ۲ اختلاف درصدی بین نفوذ عمقی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده وجود ندارد. در مزرعهٔ مرزآباد ۴، مدل ۳/۸ درصد نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده کاهش برآورد نشان می‌دهد و در مزارع موسیان ۱، مرزآباد ۲ و مرزآباد ۳ به‌ترتیب با مقادیر ۱، ۸ و ۱ درصد، نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده، مدل بیش برآورد نشان می‌دهد.

در حالت کلی، ضریب همبستگی برای نفوذ عمقی به‌میزان ۰/۷۷۶۱ با ریشهٔ میانگین مربعات خطای ۴/۳ حاصل شده است. رواناب شبیه‌سازی شده با مدل در مزارع مرزآباد ۱، مرزآباد ۴، موسیان ۱، موسیان ۲ و پتک ۱، نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده، بیش برآورد دارد و حداکثر اختلاف بیش برآورد در مزرعهٔ موسیان ۲ به‌میزان ۱۰/۷ درصد به‌دست آمد و در مزارع مرزآباد ۲، مرزآباد ۳ و پتک ۲ مدل کم برآورد نشان داده است و مزرعهٔ مرزآباد ۳ با میزان ۸/۱- درصد، حداکثر اختلاف را نشان داده است. در حالت کلی، ضریب همبستگی برای رواناب به‌میزان ۰/۷۳۶۲ با ریشهٔ میانگین مربعات خطای ۷/۲ به‌دست آمده است. راندمان کاربرد شبیه‌سازی در مزارع مرزآباد ۳ و پتک ۲، در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری با حداکثر میزان ۷/۵ درصد، بیش برآورد دارد و سایر مزارع دارای کم برآورد هستند که مزرعهٔ موسیان ۲ با ۱۰/۷ درصد بیشترین میزان اختلاف را نشان داده است. در حالت کلی، ضریب همبستگی برای پارامتر راندمان کاربرد اندازه‌گیری شده نسبت به شبیه‌سازی به‌میزان ۰/۷۷۷۵ با ریشه میانگین مربعات خطا به‌میزان ۶/۲ حاصل گردیده است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در ۵۷ درصد مزارع مورد مطالعه در دو حالت اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده، کشاورزان کمتر از نیاز آبی گیاه و یا به عبارتی کم‌آبیاری اعمال کرده‌اند هرچند به‌دلیل مدیریت نامناسب در دبی ورودی به مزرعه، تغییر شیب مزارع توسط کشاورزان، افزایش طول نوار بیش از حد توصیه شده (۲۰۰ متر)، و مدیریت نامناسب زمان قطع جریان منجر به رواناب گردیده است اما نفوذ عمقی مشاهده نگردید، به‌رغم اینکه بافت خاک‌های مزارع سبک هستند ولی بالا بودن میزان گچ در مزارع مورد مطالعه (۲۵ درصد به بالا) منجر به سفت شدن خاک سطحی و افزایش رواناب گردیده است. در ۴۳ درصد دیگر این مزارع آبیاری بیشتر از اندازه نیاز آبی گیاه است که نتیجهٔ آن تلفات هم‌زمان نفوذ عمقی و رواناب است.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- با توجه به اینکه اراضی از لحاظ فنی تسطیح شده و متوسط طول نوارهای آبیاری مزارع ۲۰۰ متر (از ۱۸۰ تا ۲۲۰ متر) است برای جلوگیری از افزایش رواناب و فراهم شدن فرصت نفوذ آب و جلوگیری از تنش آبی، دبی ورودی به نوارهای آبیاری کاهش یابد.
- تغییرات ایجاد شده در افزایش ابعاد برخی از قطعات مزارع باعث شده تا طول نوارهای آبیاری به بیش از ۴۰۰ متر افزایش یابد. برای جلوگیری از تلفات نفوذ عمقی، طول نوارها باید کاهش یابد و اصلاح شود. برنامهٔ تأمین و تحویل آب مزارع بر عهدهٔ شرکت آب منطقه‌ای است و آب تحویلی در عمل متناسب با دور آبیاری پیش‌بینی شده برای محصول نیست و با وجود آبیاری، آب هدر می‌رود و در موارد دیگر تأخیر در تحویل آب باعث تنش شدید و کاهش محصول می‌گردد. از این‌رو برای افزایش راندمان

آبیاری و مدیریت مناسب مصرف آب در مزرعـه و افـزایش بهره‌وری آب، شرکت بهره‌برداری با کارشناسان مجرب باید در منطقه با حمایت سازمان جهاد کشاورزی و شرکت آب منطقه‌ای تأسیس شود.

مراجع

Abbasi, F. 2012. Principles of Flow in Surface Irrigation. IRNCID Pub. No. 152. Field Working Group.Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID). (in Persian)

Abbasi, F. Sohrab, F and Abbasi, N. 2017. Assessing the efficiency of irrigation water in Iran. Irrig. Drain. Struct. Eng. Res. 17(67): 113-128. (in Persian)

Alizadeh, A. 2007. Design of Irrigation Systems. Vol. II. Design of Pressure Irrigation Systems. Imam Reza University Press.(in Persian)

Bautista, E., Clemmens, A. J., Strelkoff, T. S. and Schlegel, J. 2009a. Modern analysis of surface irrigation systems with WinSRFR. Agric. Water Manage. 96, 1146-1154.

Bjornlund, H., Nicol, L. and Klein, K. K. 2009. The adoption of improved irrigation technology and management practices: a study of two irrigation districts in Alberta. Can. Agric. Water Manage. 96, 121-131.

Elliot, R. L. and Walker, W. R. 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 25(2): 396-400.

Gonzalez, C., Cervera, L. and Fernandez, D. M. 2011. Basin irrigation design with longitudinal slope. Agric. Water Manage. 98, 1516-1522.

Hassanli, A. M., Ebrahimizadeh, M. A. and Beecham, S. 2009. The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. Agric. Water Manage. 96, 93-99.

Heydari, N. and Abbasi, F. 2017. Optimize the design parameters of border irrigation management (case study of irrigation and drainage network Ramshir). Irrig. Drain. Struct. Eng. Res. 17(66): 55-75. (in Persion)

Lankford, B. 2006. Localising irrigation efficiency. Irrig. Drain. 55, 345-362.

Maroufpoor1, E., Vatankha, H. and Behzadinasab, M. 2016. Evaluation of efficiency of border irrigation system in some farms of Miyandoab Zarineh Rood plain. Water Irrig. Res. Sci. J. 7(25): 83-96. (in persion)

Mokari-Gahroodi, E., Liaghat, A. M. and Nahvinia, M. J. 2013. Application of WinSRFR3.1 model in furrow irrigation simulation. Iranian J. lrrig. Drain. 1(7): 59-67. (in Persian)

Playan, E. and Mateos, L. 2006. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. Agri. Water Manage. 80: 100-116.

Riahi-Farsani, H., Nouri-Emamzadehi, M. R., Fatahi-Nafchi, R.and Tabataba'i , Q. H. 2013. Evaluation of the furrow irrigation system in the plains of Kurdistan, Borujen and Khanmirza. J. Irrig. Sci. Eng. 37(2): 94-105. (in Persian)

Rezaverdinejad, V., South, R., Besharat, S. and Abbasi, F. 2016. Investigation and analysis of flow and geometric variables on optimum performance of tape irrigation using WinSRFR model. Iran Water Soil Res. 46(4): 695-706. (in Persian)

Sepaskhah, A. 2005. An attitude against irrigation efficiency research in the Islamic Republic of Iran. Proceedings of National Waste Conservation Methods. June 9-11. Tehran, Iran. (in Persian)

Sohrab, F. and Abbasi, F. 2010. Evaluation of irrigation efficiency in the country and presentation of irrigation efficiency maps, Proceedings of the 12th Iranian National Irrigation and Drainage Conference. March 1-9. Tehran, Iran. (in Persian)

Valenzuela, J. C. 2009. Agro-environmental evalution of irrigation land: I. water use in Bardenas irrigation district (Spain). Agric. Water Manage. 96, 179-186.

Walker, W. R. and Skogerboe, G. V. 1987. Surface Irrigation, Theory and Practice. Utah State University. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall Inc.

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.20/No.74/Spring 2019/P:139-152

Evaluation of Border Irrigation and Comparison with the WinSRFR Model

(Case Study on the Downstream Lands of the Reservoir Dam of Doyraj)

H. R. Shakari, M. Najarchi*, R, Jaafarinia, Sh. Mokhtari, H. A. Alizadeh and A. Rahmani

*Corresponding Author: Assosiate Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. Email: m-najarchi@iau-arak.ac.ir
Received: 23 February 2018, Accepted: 27 October 2018

Abstract

The situation of water management was investigated in eight wheat fields in agricultural lands of Marzabad, Mousian and Patak district, within irrigation networks of Dehloran Doyraj Reservoir dam. The downstream conditions in all borders were open ended and the volume of inflow water and outflow runoff hydrograph were measured. The application efficiency parameters in those fields compared with that in simulated values using WinSRFR software. The minimum and maximum runoff in the fields were 18.9% and 33.1%, respectively, compared with that in simulation mode that were 12% and 42%. In 75% of the fields, no deep percolation losses has been noticed. The average of minimum and maximum of application efficiency recorded as 60.3% and 80.5%, respectively, and in simulation mode 56% and 88%, respectively. The average of application efficiency measured in eight fields was 69.7%. Increase in efficiency of irrigation water can be attributed to mismanagement of unwanted low irrigation practices by farmers.

Keywords: Deep Percolation, Irrigation Adequacy, Runoff, Simulation, Water Requirement Efficiency