ارزیابی عملکرد دستگاه WFD در تعیین اجزای بیلان آب نفوذ یافته به ناحیه ریشه

مصطفی رئیسی اسدآبادی*، محمدرضا نوری امامزاده‌ئی و روح‌الله فتاحی نافچی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۶)

چکیده

به‌منظور بهینه‌سازی عملکرد سیستم آبیاری، اطلاع از اجزای معادله بیلان آب در مزرعه، امری ضروری است. اجزای زیرسطحی و ناپیدای معادله بیلان به کمک دستگاه تعیین‌گر جبهه رطوبتی (WFD)، قابل برداشت و تعیین است. این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد دستگاه WFD در تعیین سرنوشت آب نفوذ یافته به خاک در هر آبیاری انجام شده است. آزمون مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و تحت تیمارهای ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تأمین نیاز آبیاری گیاه سیب‌زمینی، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۳ انجام شد. به‌منظور داده‌برداری در طول فصل زراعی، قبل از عملیات کاشت، دستگاه‌های WFD متعددی در اعماق و موقعیت‌های مختلف در طول شیارها نصب شدند. علاوه‌بر داده‌های WFD، دبی ورودی (با استفاده از کنتور)، دبی خروجی (سنجش شده با فلوم تیپ یک) و مقادیر رطوبت خاک (با دستگاه تتا-پروب) در طول فصل رشد، اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بین تلفات سطحی محاسبه شده و اندازه‌گیری شده، نزدیکی خوبی وجود دارد. ضریب نش- ساتکلیف در این مقایسه ۰/۸۷ به‌دست آمد، همچنین میانگین این ضریب برای مقایسه مقادیر محاسبه‌ای و مشاهده‌ای رطوبت باقی‌مانده قبل از هر دفعه آبیاری، برابر ۰/۹۸ به‌دست آمد. کمیت این شاخص در مقایسه‌های صورت گرفته، نشانه قابل اعتماد بودن داده‌های دستگاه WFD برای ارزیابی مزرعه است. طی فرایند ارزیابی مزرعه فاریاب تحت آزمایش، متوسط سهم آب خارج شده از ناحیه ریشه (تلفات عمقی) در تیمارهای آزمایشی در هر اتفاق آبیاری، به‌ترتیب ۰/۰۲، ۰/۰۷، ۰/۲۷ و ۰/۴۷ مترمکعب برای هر شیار به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بیلان آب، تلفات سطحی، تلفات عمقی

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Siavash_1370614@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مسئله بحران آب در سال‌های اخیر و مصرف بیش از ۷۰ درصد منابع آب شیرین در بخش کشاورزی، لزوم اصلاح روش‌های آبیاری را به‌منظور افزایش بهره‌وری آب، آشکار می‌سازد. با آنکه در گزارش‌های پیشین بازده مصرف آب در کشاورزی ایران حدود ۳۵ درصد گزارش شده بود، لکن براساس نتایج تحقیق سهراب و عباسی، این رقم بین ۴۰ تا ۴۶ درصد براورد شده است (۴). در این میان، راندمان سامانه‌های آبیاری تحت فشار به‌دلیل جلوگیری از ایجاد رواناب و کاهش نفوذ عمقی تا ۷۰ درصد افزایش داشته است (۱)، اما به‌دلیل هزینه بالای اجرای سامانه‌های تحت فشار و نیاز به نیروی کار ماهر، بهینه‌سازی روش‌های آبیاری سطحی از جمله رژیم‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای مورد توجه قرار گرفته است (۸). آبیاری جویچه‌ای یکی از قدیمی‌ترین روش‌های آبیاری است که از سطح خاک برای انتقال و نفوذ آب استفاده می‌شود. طراحی، اجرا و کاربرد این سامانه نسبت به سایر روش‌ها آسان‌تر است (۵ و ۹).

مطالعه سامانه‌های آبیاری کشور در چند دهه اخیر نشان می‌دهد، بیشترین ارزیابی‌ها (حدود ۴۰ درصد) روی سامانه جویچه‌ای انجام شده است (۴). روش‌هایی که امروزه برای ارزیابی آبیاری جویچه‌ای استفاده می‌شود، نیازمند اندازه‌گیری زمان پیشروی و پسروی جریان در طول جویچه، محاسبه حجم ذخیره سطحی، زیرسطحی و رواناب خروجی و در نتیجه تعیین معادله نفوذ آب در خاک است (۷). عمق آب نفوذ یافته در آبیاری جویچه‌ای به دبی ورودی، فرصت نفوذ، خصوصیات و رطوبت خاک در هر نقطه از طول مزرعه بستگی دارد (۱۰).

آبیاری زمین معمولاً با اندازه‌گیری و پیش‌بینی کمبود آب خاک صورت می گیرد. توقف آبیاری هنگامی که آب به عمق خاصی می‌رسد راه دیگری برای تصمیم‌گیری است (۱۱ و ۱۵). تعیین‌گر جبهه رطوبتی ابزاری کارامد و در عین حال ساده است که برای کمک به آبیاری دقیق طراحی شده است. نحوه نصب این دستگاه (شکل ۱) به‌گونه‌ای است که در یک تراز معین در عمق خاک چنان نصب می‌شودکه قسمت ورودی قیف آن کاملاً افقی باشد، در این حالت حجم آب مازاد زهکش شده از ناحیه فوقانی قیف مذکور در مخزن تحتانی دستگاه ذخیره می‌شود با جمع‌آوری و اندازه‌گیری این حجم آب و مقادیر متناظر WFDهای نصب شده در دیگر موقعیت‌های واحد زراعی، می‌توان به وضعیت توزیع آب در افق‌های مختلف خاک و میزان تلفات عمقی و ... پی برد. گزارش‌های مختلفی نشان‌دهنده دقت قابل توجه و کارایی مناسب روش ذکر شده در برنامه‌ریزی دقیق آبیاری است (۱۲).

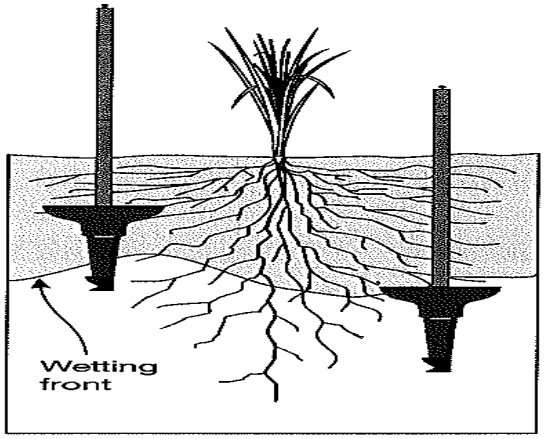
دستگاه مذکور این قابلیت را دارد که با سنجش اجزای ناپیدای معادله بیلان آب، نمک و کود، امکان ارزیابی و مدیریت دقیق‌تر نهاده‌ها را فراهم کند. اطمینان از کارایی دستگاه WFD در تعیین اجزا ناپیدای معادله بیلان به کمک آزمایش‌های مزرعه‌ای می‌تواند زمینه تجاری‌سازی و بهره‌گیری از آن در کاربری‌های مذکور در مقیاس وسیع را آسان‌تر کند (۱۲). تعیین راندمان مصرف کود در مقایسه با راندمان مصرف آب به‌مراتب مشکل‌تر است، چرا که ارزیابی نفوذ عمقی کود از تعیین سهم نفوذ عمقی آب سخت‌تر است (۶)، با استفاده از دستگاه WFD به‌راحتی می‌توان به اطلاعات مفیدی در خصوص کمیت و کیفیت زه‌آب افق‌های مختلف خاک دست یافت (۱۳).

استیرزاکر بیان کرد با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی نمونه آب و غلظت نیترات آن، می‌توان مدیریت نمک را تا حد زیادی بهبود بخشید، همچنین بیان کرد که آب این دستگاه برای نظارت بر حرکت نیترات در منطقه ریشه مورد استفاده قرار گرفت (۱۴). رحیمیان، زه‌آب را با استفاده از دستگاه WFD به‌دست آورد و این پارامتر را از نظر کیفی و کمی با دقت قابل قبولی محاسبه کرد (۳).

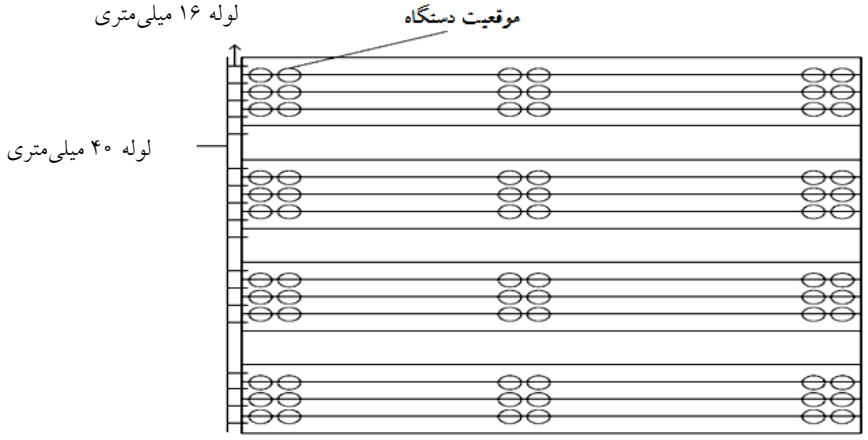
از آنجا که قابلیت دستگاه WFD تعیین سرنوشت آب نفوذ یافته به خاک (سنجش میزان آب ذخیره شده در ناحیه ریشه و تلفات عمقی به تفکیک) است، هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی عملکرد این دستگاه در تعیین دو مشخصه مذکور

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. آرایش و عمق نصب WFDها



شکل ۲. پلان جانمایی طرح اجراشده در مزرعه آزمایشی

به‌عنوان اجزای زیرسطحی و ناپیدای معادله بیلان و همچنین نحوه توزیع آب در طول شیار است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار در سه تکرار طی بهار تا پاییز ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با بافت خاک لوم رسی انجام شد. تیمارها شامل تأمین نیاز آبی گیاه به‌میزان ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی بودند. طول مفید کرت‌های آزمایشی ۵۰ متر، شیب آن ۱/۱ درصد، فاصله مرکز تا مرکز هر پشته ۷۵ سانتی‌متر و فاصله کشت گیاه سیب‌زمینی روی هر ردیف ۲۲/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری به روش جویچه‌ای اعمال شد. به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، کرت‌های مربوط به هر تیمار آبی در کنار یکدیگر و ۱/۵ متر فاصله بین تیمارهای آبیاری در نظر گرفته شد، سپس در هر یک از موقعیت‌های ابتدا، وسط و انتهای هر شیار یک زوج دستگاه WFD در دو عمق متفاوت و متناسب با هر تیمار روی هر پشته، نصب شدند. در شکل (۲) پلان جانمایی طرح اجرا شده در مزرعه آزمایشی قابل مشاهده است. از آنجایی که عمق مؤثر ریشه گیاه سیب‌زمینی در شرایط بدون تنش ۶۰ سانتی‌متر گزارش شده است (۲)، انتخاب عمق‌های نصب زوج دستگاه‌ها براساس پیش‌بینی توسعه عمقی ریشه متناسب با هر تیمار کم‌آبیاری انجام شده است. به‌عنوان مثال، عمق نصب دستگاه WFD تحتانی و فوقانی برای تیمار ۶۰ درصد، به‌ترتیب ۳۶ سانتی‌متر (معادل ۶۰ درصد عمق مؤثر

www.SID.ir

Archive of SID

ریشه در تیمار شاهد) و ۱۸ سانتی‌متر (مرکز پیش‌بینی شده فعالیت ریشه در تیمار مربوطه) اختیار شدند. عمق نصب زوج دستگاه‌ها در تیمار ۸۰ درصد ۲۴ و ۴۸ سانتی‌متر، تیمار ۱۰۰ درصد ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر و تیمار ۱۲۰ درصد ۳۶ و ۷۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. لازم به‌ذکر است که از داده‌های برداشت شده دستگاه‌های منصوب در اعماق متفاوت مذکور، صرفاً برای تعیین میزان آب نفوذ یافته در افق‌های خاک و تعقیب و رسیم پروفیل عمقی رطوبت در طول شیار استفاده شده است درحالی‌که در تمام تیمارها میزان آب راه یافته به زیر افق ۶۰ سانتی‌متر به‌عنوان سهم تلفات عمقی محسوب شده‌اند.

به‌جز عملیات آبیاری که مطابق مقادیر ذکر شده برای تیمارها بعد از مرحله دو برگی اعمال شد کلیه عملیات زراعی در دوره کشت در تیمارها یکسان به‌کار گرفته شد. آبیاری‌ها با متوسط دبی ورودی ۰/۲۵ لیتر بر ثانیه انجام شده و شیب جویچه ۱/۱ درصد و حجم آب ورودی به‌وسیله کنتور و دبی رواناب خروجی از انتهای شیار به‌وسیله فلوم WSC-I سنجش شد. طی آبیاری سوم و پس از تثبیت شرایط خاک، سنجش‌های لازم برای تعیین معادله نفوذ آب در خاک (معادله ۱) به روش دونقطه‌ای الیوت به‌دست آمد.

$$z = ۰/۰۰۳۳ \times t^{۰/۲۵} + ۰/۰۰۰۱۴۸ \times t \qquad [۱]$$

در این رابطه Z عمق نفوذ کرده برحسب سانتی‌متر (cm) و t مدت زمان نفوذ برحسب دقیقه (min) است.

حدود رطوبتی ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری تعیین و مقادیر آنها به‌ترتیب برابر ۳۵ و ۲۰ درصد حجمی به‌دست آمد. با استفاده از دستگاه تتا- پروب، مستقیماً داده‌های رطوبت خاک قبل از هر اتفاق آبیاری در ناحیه فعالیت ریشه (در بازه‌های صفر تا ۲۰، ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. با قرار دادن رطوبت باقی‌مانده خاک در هر تیمار قبل از هر نوبت آبیاری و درصد تأمین نیاز آبی متناظر با آن تیمار، به کمک معادله ۲، مقدار عمق آب آبیاری برای تیمارهای مختلف تعیین شد. سپس با استفاده از معادله ۱ و داشتن زمان پیشروی، مدت زمان هر آبیاری محاسبه شد:

$$D_n = \frac{(FC - \theta_s)}{۱۰۰} \times P \times D_r \qquad [۲]$$

در این رابطه D_n مقدار آب آبیاری برحسب سانتی‌متر (cm)، FC ظرفیت زراعی برحسب درصد حجمی(٪)، θ_s میانگین رطوبت باقی‌مانده خاک برحسب درصد حجمی (٪)، D_r عمق مؤثر ریشه برحسب سانتی‌متر (cm) و P درصد تأمین نیاز آبی متناظر با هر تیمار برحسب درصد (٪) است.

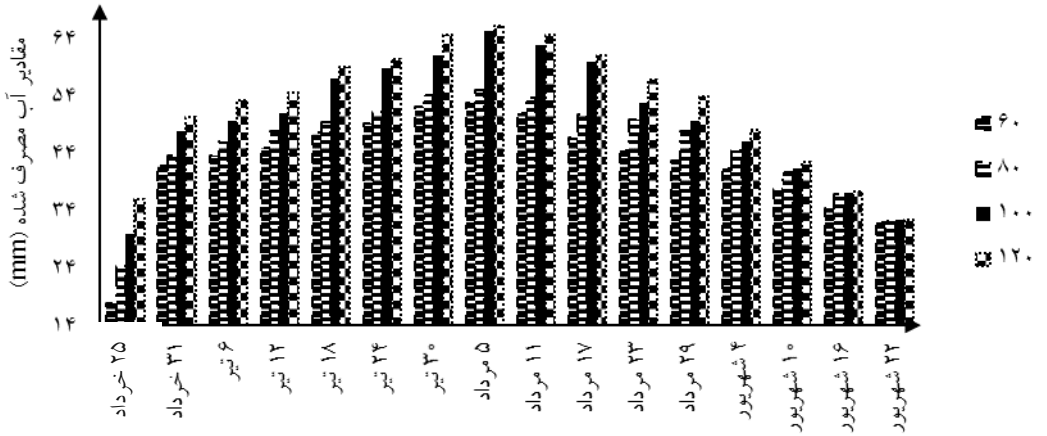
با اعمال مدیریت آبیاری تشریح شده، فاصله بین دو آبیاری متوالی حدوداً شش روز بود که با شرایط رایج در منطقه انطباق خوبی داشت. تعقیب رطوبتی و نحوه توزیع آب در خاک با استفاده از حجم آب به تله افتاده در مخزن هر دستگاه و به کمک داده های دبی ورودی (سنجش شده با کنتور) انجام شد و برای محاسبه تلفات عمقی و سطحی به‌کار گرفته شدند.

محاسبه عمق آب نفوذ یافته به خاک و سهم تلفات عمقی

به کمک داده‌های دستگاه‌های WFD عمق آب نفوذ یافته به‌دست آمد. ساختار دستگاه به‌گونه‌ای است که در هر نوبت آبیاری مقدار آبی که می‌تواند در خاک ناحیه زیر سطح قیف ذخیره شود، توسط این قیف تله‌اندازی شده و در مخزن دستگاه ذخیره می‌شود. چون در هر موقعیت الزاماً دو دستگاه WFD در مجاورت یکدیگر و در دو عمق مختلف نصب شده بود، با داشتن اختلاف آب ذخیره شده در دو مخزن بالایی و پایینی مربوط به هر جفت دستگاه، میزان آب ذخیره شده در خاک، واقع در حد فاصل نصب این دو دستگاه به‌راحتی محاسبه شد. آب تله افتاده در مخزن هر دستگاه به‌وسیله یک میکروپمپ به‌طور کامل تخلیه می‌گردید. عمق آب ذخیره شده در خاک واقع در حد فاصل نصب دو دستگاه مجاور از تقسیم حجم آب به تله افتاده در مخزن بر مساحت مفید قیف تله‌اندازی محاسبه می‌شد. به‌همین ترتیب میزان تلفات عمقی در هر موقعیت از روی مقدار آب تله‌اندازی شده در مخزن دستگاه تحتانی محاسبه و تعیین شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. مقادیر آب مصرف شده هر تیمار در طول فصل رشد

اندازه‌گیری و محاسبه رطوبت ذخیره شده در خاک

رطوبت خاک قبل از هر آبیاری به کمک دستگاه تتا- پروب مدل SM 300 به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شد. علاوه‌بر این، با داشتن رطوبت ذخیره شده در خاک، واقع در حد فاصل نصب دو دستگاه مجاور و با حل معکوس معادله ۲، رطوبت خاک قبل از عملیات آبیاری محاسبه شد.

اندازه‌گیری و محاسبه تلفات سطحی

تلفات سطحی هر شیار به‌طور مستقیم به کمک فلوم تیپ یک نصب شده در انتهای هر شیار، برای تمامی دفعات آبیاری، سنجش شد، همچنین پس از محاسبه مقدار آب نفوذ یافته به کمک داده‌های WFD، ضمن تشکیل معادله بیلان، سهم تلفات سطحی جهت کنترل براورد شد.

ارزیابی عملکرد دستگاه WFD

به‌منظور تعیین میزان دقت و صحت عملکرد دستگاه WFD، نتایج محاسباتی مقادیر رطوبت و تلفات سطحی حاصل از کاربرد داده‌های WFD با مقادیر مشاهداتی متناظر با آنها مقایسه شد. برای تشخیص میزان تقارب نتایج محاسبه‌ای و مشاهده‌ای از معیار نش- ساتکلیف (معادله ۳) استفاده شد. این شاخص در بازه منفی بی‌نهایت و یک، تغییر می‌کند و هرچه مقدار آن به عدد یک نزدیک‌تر باشد، بیانگر تقارب بیشتر بوده و مقادیر کمتر از ۰/۵ برای این شاخص نشانه عدم تطابق و تقارب دو دسته داده خواهد بود.

$$NS = ۱ - \sum \left(\frac{(x_i - x_o)^۲}{(x_i - \bar{x})^۲} \right) \qquad [۳]$$

در این رابطه NS ضریب نش، x_i مقدار مشاهده‌ای، x_o مقدار محاسبه‌ای و $\bar{x}$ میانگین مقدار مشاهده‌ای است.

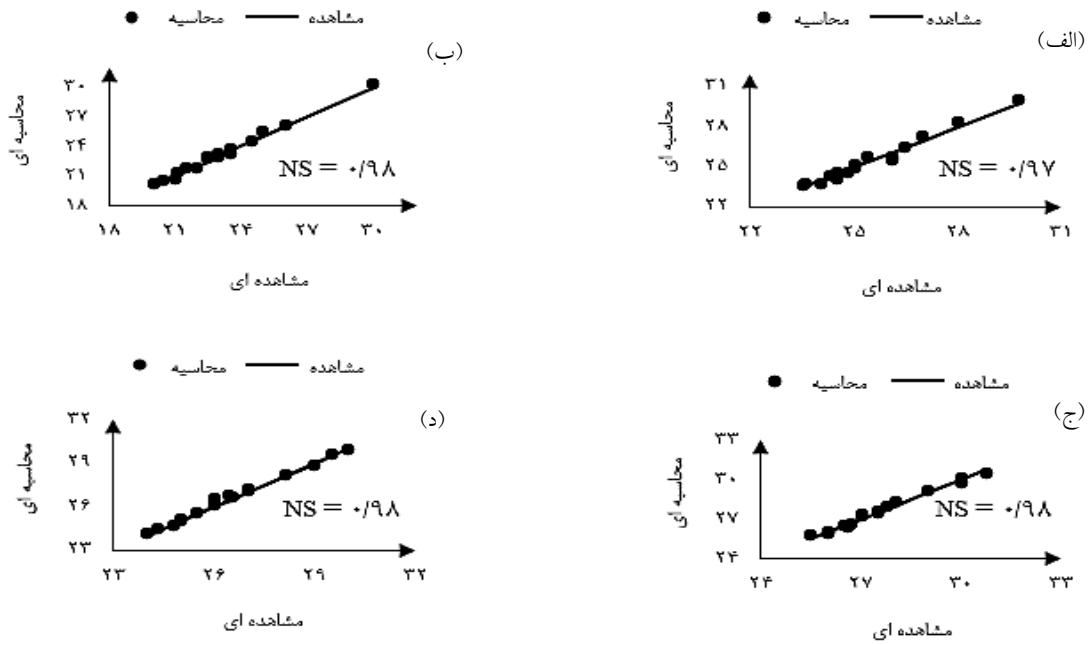
نتایج و بحث

مقادیر آب به‌کار رفته در عملیات آبیاری

اعمال درصدهای آبیاری و محاسبه طول مدت آبیاری مستلزم اطلاع از مقدار آب مورد نیاز برای هر تیمار است. مقدار آب آبیاری برای هر تیمار متناسب با کمبود رطوبت آن تیمار با اعمال درصد متناظر با آن تیمار محاسبه و در شکل (۳) آورده شده است. روند تغییرات میزان آب مورد نیاز برای هر تیمار در طول فصل کشت با روند تغییرات رطوبت باقی‌مانده رابطه معکوس دارد که دور از انتظار نیست. نزدیک شدن مقادیر آب مورد نیاز همه تیمارها در انتهای فصل کشت، بدان معناست که شیب تغییرات رطوبت در طول فصل کشت به‌خصوص در بخش‌های انتهایی آن یکسان نیست و شیب این

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. مقایسه رطوبت اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در طول فصل برای تیمارهای الف) ۸۰ درصد، ب) ۶۰ درصد، ج) ۱۲۰ درصد و د) ۱۰۰ درصد

تغییرات رابطه معکوس با درصد تأمین رطوبت اعمال شده در هر تیمار دارد.

کاربرد داده‌های دستگاه WFD برای محاسبه رطوبت باقی‌مانده قبل از آبیاری

در شکل (۴) مقادیر متوسط رطوبت اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در کلیه تیمارها، مربوط به کلیه دفعات آبیاری، نشان داده شده است. کمیت ضریب نش- ساتکلیف مربوط به مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و محاسبه شده رطوبت که در متن شکل (۴) آورده شده است بیانگر ناچیز بودن اختلاف مقدار محاسباتی (که به کمک داده‌های دستگاه WFD به‌دست آمده) و مقدار اندازه‌گیری شده (با استفاده از دستگاه تتاپروپ اندازه‌گیری شده) و نشان‌دهنده کارا بودن دستگاه است.

کاربرد داده‌های دستگاه WFD برای محاسبه رواناب انتهایی

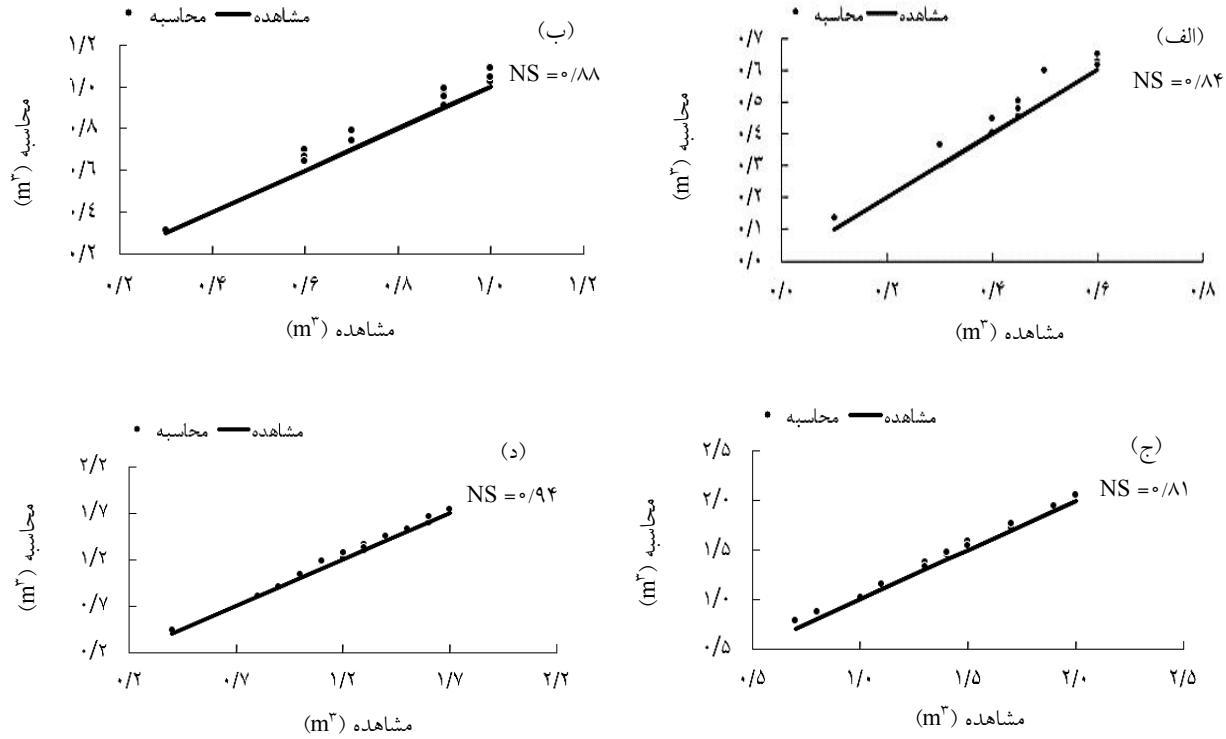
در شکل (۵) مقدار رواناب اندازه‌گیری شده و محاسبه شده به کمک داده‌های WFD، در کلیه تیمارها مربوط به تمام دفعات آبیاری، مقایسه شده‌اند. نزدیک بودن مقدار رواناب محاسباتی و اندازه‌گیری شده متناظر با هر تیمار، نشان‌دهنده دقت محاسبه رواناب و صحت عملکرد دستگاه است. همچنین ضرایب نش- ساتکلیف مربوط به مقایسه این دو دسته اطلاعات (اندازه‌گیری شده و محاسبه شده) در شکل (۵) به‌طور کمی عملکرد قابل قبول دستگاه WFD را تأیید می‌کند.

مقادیر تلفات عمقی

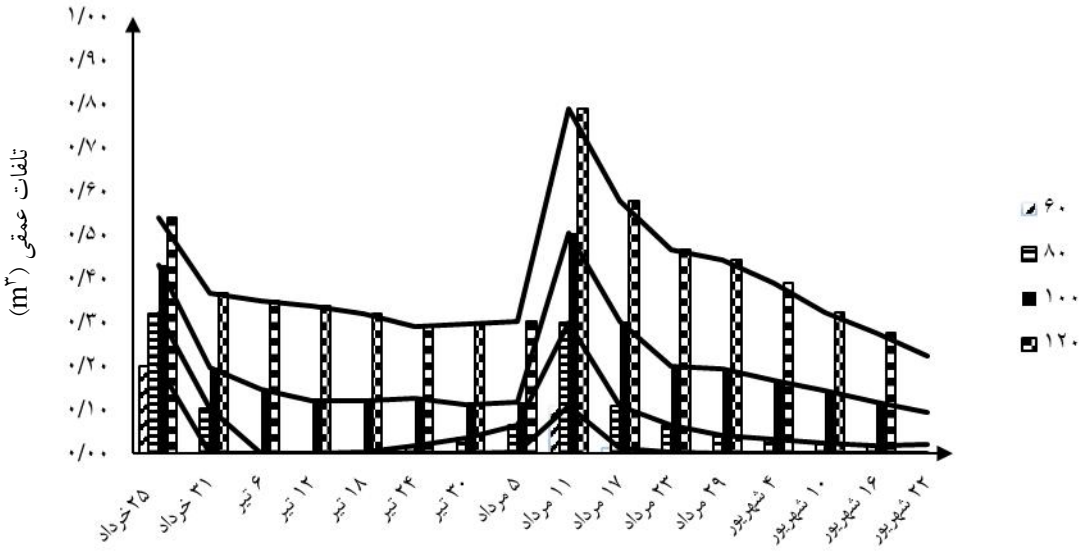
به کمک مقادیر آب ذخیره شده در مخزن WFD، می‌توان مقدار تلفات عمقی در تیمارها و در هر نوبت آبیاری را تعیین کرد. در شکل (۶) مقادیر تلفات عمقی تیمارهای مختلف در هر دفعه آبیاری ارائه شده است. کمترین و بیشترین مقدار تلفات عمقی به‌ترتیب مربوط به تیمار ۶۰ و ۱۲۰ درصد است که نشان می‌دهد در تیمار ۶۰ و ۱۲۰ درصد به‌ترتیب کم آبیاری و بیش آبیاری اتفاق افتاده است. تلفات عمقی در نیم دوره اول فصل کشت (از

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. مقایسه رواناب اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در طول فصل برای تیمارهای الف) ۸۰ درصد، ب) ۶۰ درصد، ج) ۱۲۰ درصد و د) ۱۰۰ درصد

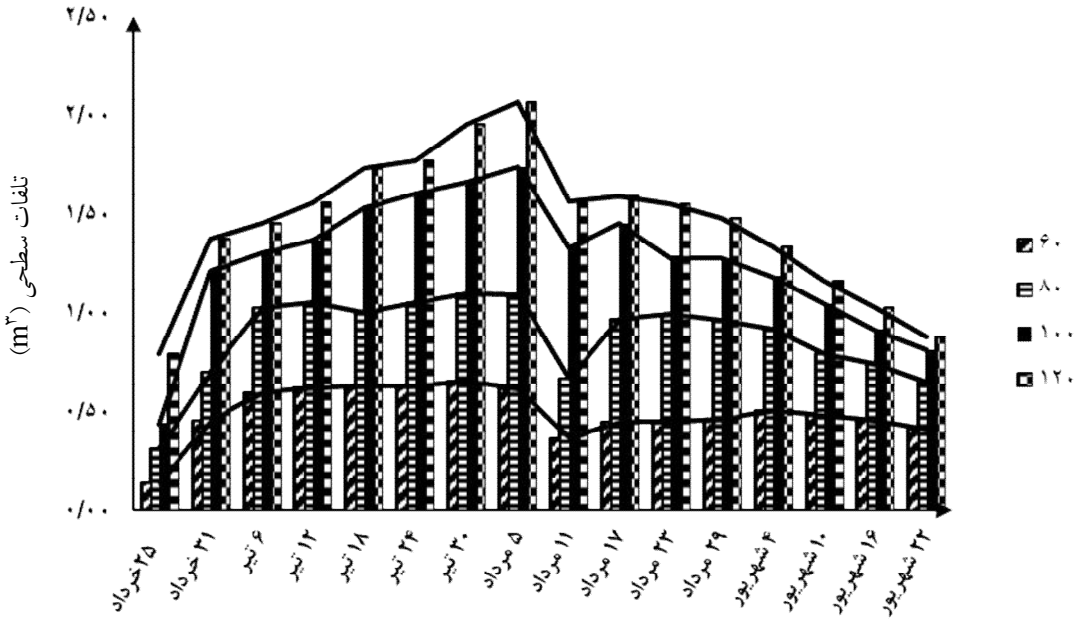


شکل ۶. مقادیر تلفات عمقی مربوط به تیمارهای مختلف در طول فصل کشت

۲۵ خرداد تا ۵ مرداد) مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد با روند نزولی همراه است. با آنکه انتظار می‌رفت با افزایش مقدار آب به‌کار رفته برای آبیاری در بازه زمانی مذکور، میزان تلفات عمقی افزایش یابد اما مقادیر تلفات عمقی روند کند کاهشی و

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. مقادیر تلفات سطحی در تیمارهای مختلف

تلفات سطحی به‌نسبت روند افزایشی را نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از تغییر شرایط بستر جریان در کف شیار و کاهش جزئی نفوذپذیری باشد. افزایش ناگهانی نفوذ در آبیاری تاریخ ۱۱ مرداد (پس از وجین علف‌های هرز و سله‌شکنی) مؤید این مطلب است. تلفات عمقی در تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد صفر یا ناچیز بوده است و لذا روندی برای تغییرات آنها دیده نمی‌شود. تأثیر عملیات سله‌شکنی در تاریخ ۱۱ مرداد برای همه تیمارها در شکل (۷) مشهود است. در نیم دوره دوم فصل کشت (از ۱۱ مرداد تا ۱۶ شهریور) روند نزولی تلفات عمقی در تیمارهای مختلف مشاهده می‌شود که متناسب با کاهش مقدار آب مورد نیاز در این دوره از کشت بوده و قابل انتظار است.

مقادیر تلفات سطحی

طی عملیات ارزیابی مزرعه، استفاده از داده‌های WFD و اندازه‌گیری دبی ورودی کافی است تا بتوان اجزای بیلان آب در مزرعه را تعیین و تخمین زد. از جمله این اجزای بیلان می‌توان به مقدار آب ذخیره در ناحیه ریشه و تلفات عمقی و سطحی اشاره کرد که این مقادیر به‌راحتی و به سهولت به کمک داده‌های WFD قابل اندازه‌گیری یا محاسبه هستند، لذا می‌توان ادعا کرد که با کاربرد WFD و داده‌برداری مربوط به آن، امکان انجام عملیات ارزیابی از مزرعه با دقت و سهولت فراهم است. با توجه به شکل (۷) کمترین مقدار تلفات سطحی در تیمار ۶۰ درصد و بیشترین تلفات در تیمار ۱۲۰ درصد بروز یافته است. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، روند صعودی تغییرات رواناب به‌همراه روند نزولی تغییرات تلفات عمقی (شکل ۶) در دو تیمار ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد مربوط به نیم دوره اول فصل کشت، نشان‌دهنده تثبیت بستر خاک و کاهش جزئی نفوذپذیری است، اما این نکته قابل توجه است که شیب تغییرات تلفات سطحی در این دو تیمار طی دوره ذکر شده، بیشتر است و این به‌دلیل افزایش میزان آب مصرفی در این بازه زمانی است. اما در تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد، با وجود افزایش میزان آب مصرفی، میزان رواناب در دوره اول کشت تغییر نکرده است که دلیل آن تعدیل سهم رواناب برای جبران کمبود رطوبت است. افت نزولی ناگهانی تلفات سطحی و صعود ناگهانی تلفات عمقی در تاریخ ۱۱ مرداد، به‌دلیل سله‌شکنی است که موجب افزایش نفوذپذیری خاک در تاریخ مذکور شده است. در دوره دوم

www.SID.ir

Archive of SID

کشت، تغییرات تلفات سطحی در تیمارهای مختلف با میزان تغییرات مقادیر نیاز آبی (شکل ۲) هماهنگی دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، نتایج حاصل از مقایسه مقادیر محاسبه شده تلفات سطحی و رطوبت قبل از هر دفعه آبیاری (به کمک داده‌های دستگاه WFD) با مقادیر متناظر اندازه‌گیری شده این دو پارامتر، نزدیکی خوبی را نشان می‌دهد که بیان‌کننده دقت و صحت عملکرد دستگاه WFD در تعیین سرنوشت آب نفوذ یافته به خاک است. با وجود داده‌های دستگاه WFD می‌توان به سهولت، داده‌های مربوط به اجزای ناپیدای معادله بیلان را تعیین کرد. با معلوم شدن این اجزا، امکان برآورد میزان تلفات عمقی و حتی سطحی فراهم شده و توزیع طولی و عمقی رطوبت در پروفیل خاک قابل پیش‌بینی خواهد بود. با وجود داده‌های مذکور در کنار داده‌های جریان ورودی اندازه‌گیری شده، به‌راحتی شاخص‌های مدیریتی همچون راندمان کاربرد، یکنواختی توزیع و کفایت آبیاری قابل تعیین بوده و امکان ارزیابی سریع و صریح عملکرد سیستم آبیاری فراهم خواهد بود.

منابع مورد استفاده

۱. امینی نجف‌آبادی، م. ۱۳۸۷. ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی منطقه شهرکرد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهرکرد. شهرکرد.

۲. رحیمیان، م. ۱۳۸۶. *گیاهان صنعتی*. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان.

۳. رحیمیان، م. ح. ۱۳۹۲. استفاده از آلگوریتم توازن انرژی سطحی زمین (SEBAL) برای تخمین تبخیر- تعرق پسته (مطالعه موردی: اردکان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد. شهرکرد.

۴. سهراب، ف. و ف. عباسی. ۱۳۸۸. ارزیابی بازده آبیاری در کشور و ارائه نقشه هم‌بازده آبیاری. همایش ملی مدیریت آبیاری در ایران، چالش‌ها و چشم‌اندازها، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ۴۸۲: ۴۵-۲۹.

5. Biswas, T. K., G. Schrale and R. Stirzaker. 2008. New tools and methodologies for in situ monitoring of root zone salinity and leaching efficiency under drip and sprinkler irrigation. *Acta Horticulturae* 792: 115-122.
6. Burguete, J., N. Zapata. P. Garcia-Navarro. M. Maikaka. E. Playan and J. Murillo. 2009. Fertigation in furrow and level furrow system. II. Model calibration and practical application. *Irrigation and Drainage Engineering, ASCE* 135: 413–420.
7. Ebrahimian, H. and A. M. Liaghat. 2011. Field evaluation of various mathematical models for furrow and border irrigation systems. *Soil and Water Research* 6(2): 91-101.
8. Elliot, R. L. and W. R. Walker. 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. *Trans, ASAE* 25(2): 396–400.
9. Holzapfel, E. A., C. Leiva, M. A. Marino, J. Paredes, J. L. Arumi and M. Billib. 2010. Furrow irrigation management and design criteria using efficiency parameters and simulation models. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(2): 287–296.
10. Mostafazadeh, B. and W. R. Walker. 1981. Furrow geometry under surge and continuous flow. *Iran Agricultural Research* 6(2): 57-71.
11. Oyonarte, N. A., L. Mateos and M. J. Palomo. 2002. Infiltration variability in furrow irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 128(1): 26-33.
12. Stirzaker, R. J. 2003. When to turn the water off: scheduling micro-irrigation with a wetting front detector. *Irrigation Science* 22: 177-185.
13. Stirzaker, R. J. and P. A. Hutchinson. 2005. Irrigation controlled by a wetting front detector: field evaluation under sprinkler irrigation. *Australian Journal of Soil Research* 43: 935-943.
14. Stirzaker R. J., P. A. Hutchinson and M. L. Mosena. 2000. A new way for small farm irrigators to save water. *In:* Proceedings of the 6th International Micro-Irrigation Congress Cape Town, South Africa.
15. Zur, B., U. Ben-Hanan, A. Rimmer and A. Yardeni. 1994. Control of irrigation amounts using the velocity and position of wetting front. *Irrigation Science* 14: 207–212.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 22, No. 2, Summer 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Efficiency of WFD Device Performance to Determine the Water Balance Components Infiltrating to the Root Zone

M. Raeisi Asadabadi*, M. R. Nouri Emamzadehi and R. Fattahi Nafchi[1]

(Received: March 9-2016 ; Accepted: August 28-2017)

Abstract

In order to optimize the irrigation system performance, it is essential to get information about water balance components in the farm. So, the objective of this study was evaluating the performance of the WFD device in determining water penetrated fate in the soil at each irrigation occurrence as one of the important components in evaluating the irrigation water efficiency. By having the water amount infiltrated in the root zone and the deep percolation amount collected and determined by WFD device, contribution of surface losses related to every irrigation occurrence can be determined by the employing water balance equation. This research was carried out in the form of completely randomized design blocks in three replications and under the treatments of 60, 80, 100 and 120% of the irrigation requirement supply of a potato plant in the research farm of Shahr-e Kord University in 2014. To gather the growing season data, before the planting operation, various WFD devices were installed at different depths and locations along furrow. In addition to WFD data, input discharge (using counter), output discharge (measured by flume type 1) and values of soil moisture (theta-probe device) were collected during the harvesting season. The results showed that the mean Nash–Satcliffe coefficient of comparison between the values of calculated and measured surface losses corresponding to it, and also comparison of the values of the calculated and measured residual moisture before each irrigation occurrence were obtained to be 0.87 and 0.98, respectively. Quantity of this indicator in the two conducted comparisons represented the correct and exact performance of the WFD device in the farm operation evaluation. During the farm evaluation process under the experimental furrow, distribution uniformity averages in the experimental treatments were acquired to be 75.56, 83.78, 88.06, and 90.34%, respectively. Likewise, water amount average percolation of root zone (depth losses) in experimental treatments at each irrigation occurrence was measured to be 0.02, 0.07, 0.27 and 0.47m^3 for each furrow.

Keywords: Surface losses, Depth losses, Water balance

1. Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
*: Corresponding Author, Email: Siavash_1370614@yahoo.com

www.SID.ir