اثر رطوبت اولیّه خاک و نوبت آبیاری در نفوذ آب از جویچه

ابوالفضل ناصری[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۱

چکیده

فرآیند نفوذ در شبیه سازی، طرّاحی، ارزیابی و مدیریّت آبیاری جویچه ای، نقش و اهمّیت اساسی دارد. به نظر می‌رسد مقادیر نفوذ علاوه بر زمان، به میزان رطوبت اولیّه و سابقه قبلی مرطوب شدن خاک (آبیاری‌های قبلی) بستگی داشته باشد، ولی تاکنون، نقش و تاثیر این متغیّرها در معادلات تجربی نفوذ آب از جویچه‌های آبیاری کمی نشده است. براین اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی و کمی‌سازی تغییرات نفوذ تجمعی از جویچه در اثر تغییرات زمان، رطوبت اولیّه و نوبت آبیاری انجام شده است. آزمایش‌های نفوذ پذیری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه تبریز با جریان پیوسته و با روش جویچه‌های مسدود در پنج نوبت آبیاری اوّل تا پنجم انجام شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد با گذشت زمان و با کاهش مقادیر رطوبت اولیّه خاک و نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافت. در صورت حذف اثر مقدار رطوبت اوّلیّه خاک در تمام نوبت‌های آبیاری، با گذشت زمان و نوبت های اولیه آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافت. در صورت کم بودن مقدار رطوبت اولیّه در یک نوبت آبیاری، با گذشت زمان، مقدار نفوذ تجمعی از جویچه افزایش یافت. با افزایش نوبت آبیاری، میانگین ضریب معادله نفوذ (k) کاهش یافت. کاهش این ضریب در آبیاری‌های سوم تا پنجم، قابل توجه نبود. در این بررسی، با مرتبط نمودن ضریب k در نوبت های مختلف آبیاری با سطوح مختلف رطوبت اولیه خاک، به ضریب k در اولین آبیاری با سطح رطوبت اولیه در نقطه پژمردگی، یک الگوی رگرسیونی برای استفاده در طراحی یا مدیریت آبیاری جویچه‌ای ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: نفوذ تجمعی، رطوبت اولیّه خاک، نوبت آبیاری، آبیاری جویچه

[۱]- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، nasseri_ab@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

روش‌های آبیاری سطحی قدیمی ترین و متداول‌ترین روش کاربرد آب در مزارع است (۴). در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد از اراضی فاریاب کشور با این روش‌ها آبیاری می شوند. استفاده گسترده از آن نسبت به روش‌های آبیاری تحت فشار، به دلایل زیر است. برای کاربرد این روش‌ها، به هزینه اندک اولیه، نیاز است. همچنین انرژی اندکی برای استفاده از آنها، لازم است. وجود دانش فنی و بومی استفاده از آن در بین کشاورزان، از دیگر دلایل گسترش این روش‌ها می‌باشد (۱۲).از جمله روش‌های آبیاری سطحی، آبیاری جویچه ای است که یک روش بسیار مناسب، برای آبیاری گیاهان ردیفی مانند سبزیجات، پنبه، چغندرقند، ذرّت بوده و در مواردی، برای آبیاری باغات نیز می توان از آن استفاده کرد (۲). در اغلب اوقات، راندمان کاربرد این روش بین۴۰ تا ۶۰ درصد می‌باشد، در حالی‌که به طور نظری، دست‌یابی به راندمانی در حدود ۷۰ تا ۸۵ درصد با کاربرد این روش امکان پذیراست (۳). عدم دست‌یابی به این میزان از راندمان، دلایل مختلفی دارد. تحلیل حسّاسّیت پارامترهای عملکرد آبیاری جویچه‌ای نشان داده که راندمان کاربرد آب به تغییرات پارامترهای معادله نفوذ بسیار حسّاس است (۱۶). علاوه بر اهمیّت فرآیند نفوذ در ارزیابی و تأثیرگذاری آن بر عملکرد آبیاری سطحی (۱۳)، کاربرد آن در تحلیل هیدرولیکی آبیاری سطحی در هنگام طراحی نیز الزامی است (۱۳).

نفوذ فرآیند پیچیده‌ای است که به خواص فیزیکی خاک، میزان رطوبت اولیّه خاک و سابقه قبلی مرطوب شدن خاک بستگی دارد (۱۵). در مزارعی که آبیاری آن با روش‌های سطحی صورت می‌گیرد، تابع نفوذ برای هر آبیاری تغییر یافته و به ازاء یک فرصت زمان ثابت نفوذ، در نوبت‌های متوالی آبیاری، نفوذ تجمعی کاهش می‌یابد. به طورکلی، سرعت اولیّه نفوذ در یک خاک خشک بسیار زیاد بوده و با گذشت زمان به طور سریع، کاهش یافته و در نهایت، به حدّ ثابت نسبی می‌رسد که به آن سرعت نفوذ پایه[1] گفته می‌شود (۷). مقدار آن، به هدایت هیدرولیکی اشباع خاک سطحی بسیار نزدیک است. برای توصیف نفوذ عمودی آب، معادلات مختلفی ارائه شده است. معادلات تجربی به دلیل سهولت کاربرد و نیز دقت مورد قبول، کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند. این معادلات بر اساس داده‌های آزمایشی در مزرعه به دست آمده‌اند و نتیجه برازش سرعت نفوذ مشاهده شده، با توابع وابسته به زمان است. از انتگرال‌گیری این توابع، معادلات نفوذ تجمعی به دست می‌آید، که در آن، ضرائب معادلات مفهوم فیزیکی ندارند. یکی از اوّلین معادلات تجربی نفوذ، معادله کاستیاکف[2] است. مزّیت کاربرد آن، در این است که نفوذ واقعی و تئوریک را برای زمان‌های کوتاه تا متوسط، بسیار خوب بیان می‌کند (۱۵). معایب آن در این است که شرایط مختلف مزرعه ای از جمله رطوبت اوّلیّه خاک، در این معادله دخالت داده

1-Basic intake rate
2-Kostiakov
3-Kostiakov-Lewis

Archive of SID

www.SID.ir

نشده است (۱۵). برای استفاده از آن، لازم است که تعدیلی در آن انجام شود و یکی از شکل‌های تعدیل یافته آن معادله کاستیاکف – لوئیس[۳] می باشد (۱۴). برخی از محقّقین تاکید دارند که به دلیل دو بعدی بودن نفوذ آب ازجویچه‌ها، معادله کاستیاکف- لوئیس نیز نیاز به تعدیل داشته و وارد نمودن یک متغیّر مکانی در معادله نفوذ علاوه بر متغّیر زمانی، ضرورت دارد.

درتحقیقات متعّددی نشان داده شده است که نفوذ از جویچه آبیاری با متغیّرهای مختلفی تغییر می‌کند. به طور مثال، آزمایش‌های فانگمیر و رامسی[۱] به این نتیجه منجر شده که در جویچه های آبیاری، همبستگی سرعت نفوذ با محیط‌تر شده به صورت خطی است (۱۴). بنا به یافته فیلیپ در سال ۱۹۶۹ با افزایش رطوبت اولیه، سرعت نفوذ در زمان های کوتاه تحت تاثیر قرار می گیرد. با توجه به نقش و اهمّیت اساسی فرآیند نفوذ در شبیه سازی، طرّاحی، ارزیابی و مدیریّت آبیاری جویچه‌ای، بررسی جنبه‌های مختلف نفوذ، به منظور کاربست دقیق آن برای افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه و بهبود مدیریّت آبیاری، ضروری به نظر می‌رسد. نتایج تحقیقات نیشابوری و همکاران در سال ۱۳۸۸ نشان داد که قرار دادن ضرایب هر سه مدل نفوذ فیلیپ، کاستیاکف و کاستیاکف اصلاح شده برحسب جرم مخصوص و رطوبت اولیه باعث افزایش دقت تخمینی آنها برای نفوذ تجمعی شده و مدل کاستیاکف دقیق‌تر از دو مدل فیلیپ و کاستیاکف اصلاح شده توانست نفوذ تجمعی را برآورد کند(۱۱). همچنین، بشارت و همکاران در سال ۱۳۸۵ تاثیر رطوبت اولیه خاک بر روی جبهه پیشروی آب در یک نوار آبیاری را بررسی نموده و گزارش نموده‌اند که اعمال مقدار رطوبت اولیه خاک در تحلیل پیشروی آب در یک نوار موجب پیش بینی دقیق ضرایب معادله پیشروی می‌گردد (۱).

از سوی دیگر، چون به نظر می‌رسد مقادیر نفوذ به میزان رطوبت اولیّه و سابقه قبلی مرطوب شدن خاک (آبیاری‌های قبلی) بستگی داشته و مقدار نفوذ متأثر از نوبت آبیاری نیز می‌باشد، نقش نوبت آبیاری و رطوبت اولیّه خاک در معادلات نفوذ آب از جویچه‌های آبیاری تاکنون اعمال نشده است، بنابراین، هدف این پژوهش بررسی و کمی سازی تغییرات نفوذ تجمعی از جویچه آبیاری به ازای تغییرات زمان، رطوبت اولیّه و نوبت آبیاری است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه تبریز 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. منطقه اجرای آزمایش‌ها، بر اساس منحنی رطوبتی- حرارتی و داده‌های هواشناسی دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای سرد است. نتایج آزمایش‌های فیزیکی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است (۱۰). بافت خاک مزرعه تا عمق ۶۰ سانتی متری از

[1]- Fangmeier and Ramsey

Archive of SID

www.SID.ir

سطح خاک، لوم شنی و فاصله جویچه‌ها از هم برابر ۶۵ سانتی‌متر بود. نفوذ پذیری با روش جویچه مسدود[1] آزمایش شد. آزمایش نفوذ پذیری با جریان پیوسته و به مدت حداقل ۲۱۰ دقیقه در پنج نوبت آبیاری اول تا پنجم به فاصله هفت روز انجام گردید. آزمایش‌های نفوذ پذیری به ترتیب و صورت زیر انجام گردید:

۱-سه جویچه از جویچه‌های مزرعه انتخاب شد. از جویچه میانی به عنوان جویچه آزمایش یا جویچه اصلی و از دو جویچه کناری به عنوان جویچه های محافظ (شکل۱) استفاده شد.

۲-مقطعی از طول جویچه ها به اندازه ۸۵ سانتی‌متر انتخاب شد.

۳- در مقطع انتخاب شده در جویچه اصلی، دو صفحه فلزی نوک تیز به ابعاد ۹۰×۶۰ سانتی‌متر و به ضخامت ۲ میلی‌متر با یک وزنه سنگین به زمین کوبیده شد (۸ و ۱۵).

۴-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 بر حسب میلی‌متر درجه بندی شده بود و در آن، فاصله چوب‌های عمق سنج برابر دو سانتی‌متر بود.

۵-رطوبت اولیه خاک با روش اشتعال الکل اندازه گیری شد (۶).

۶-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.

۷-یک صفحه پلاستیکی در داخل هرجویچه و یک میله اندازه‌گیر به همراه پایه نگهدارنده در شانه جویچه اصلی قرار داده شد.

۸-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، به صورت متوالی آب اضافه شد.

حجم آب نفوذ یافته به ازاء زمان یادداشت گردید و نتایج برای تحلیل آماده شد.

نتایج و بحث

مقادیر نفوذ تجمعی(به میلی لیتر بر متر طول جویچه) به ازاء زمان (به دقیقه) و مقادیر رطوبت اولیّه خاک بستر جویچه (به درصد وزنی) که از انجام آزمایش در نوبت های مختلف آبیاری به دست آمده، درشکل ۲ ارائه شده است. تغییرات رطوبت خاک از ۴/۳ درصد (رطوبت نقطه پژمردگی) تا ۱۵/۹ درصد (رطوبت در حد ظرفیت مزرعه) بود. کمترین و بیشترین مقدار نفوذ تجمعی به ترتیب برابر ۳۱۲۸ و ۴۹۳۲۲ میلی لیتر بر متر به دست آمد. بیشترین مقدار رطوبت اولیه خاک و سابقه مرطوب شدن خاک (نوبت زیاد آبیاری) موجب کاهش نفوذ تجمعی شده است.

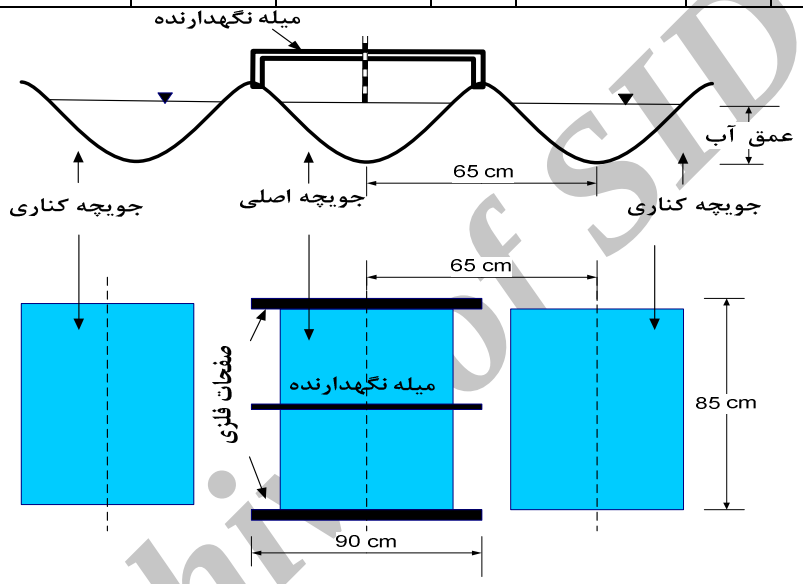
1- Blocked furrow

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش (۱۰)

عمق خاک	شن	درصد ذرات سیلت	رس	کلاس بافت	وزن مخصوص ظاهری	وزن مخصوص حقیقی	رطوبت ظرفیت زراعی
(سانتی متر)	(درصد)				(گرم بر سانتیمتر مکعب)		(درصد وزنی)
۰ تا ۲۵	۶۹/۵	۲۴/۰	۶/۵	لوم شنی	۱/۶۱	۲/۵۰	۱۲/۲
۲۵ تا ۴۰	۵۵/۵	۲۹/۷	۱۴/۸	لوم شنی	۱/۳۷	۲/۵۶	۱۸/۲
۴۰ تا ۶۵	۶۳/۸	۲۷/۸	۸/۴	لوم شنی	۱/۲۸	۲/۵۶	۲۳/۲
۶۵ تا ۹۰	۸۰/۴	۱۶/۲	۳/۴	شن لومی	۱/۵۷	۲/۵۰	-
بیشتر از ۹۰	۹۳/۱	۶/۶	۰/۳	شنی	-	۲/۵۰	-



شکل ۱ – جویچه‌های اصلی و کناری برای اندازه‌گیری نفوذ

به منظور بررسی میزان همبستگی نفوذ تجمعی با متغیّرهای زمان، رطوبت اولیّه خاک و نوبت آبیاری، همبستگی ساده و جزئی متغیّرهای یادشده محاسبه شد (۹). مقادیر همبستگی در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی دار بود. خلاصه نتایج به شرح زیر است: الف- همبستگی ساده نفوذ تجمعی با زمان، رطوبت اولیّه خاک و نوبت آبیاری به ترتیب برابر ۰/۵، ۰/۳۶-، ۰/۱۰- به دست آمد. بنابراین، در حالت تغییر متغیّرهای رطوبت اولیّه و نوبت آبیاری، با سپری شدن زمان، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافت. با افزایش مقادیر رطوبت اولیّه و نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی کاهش یافت. ب- در حالت ثابت ماندن مقدار رطوبت اوّلیّه درهمه نوبت های آبیاری، همبستگی جزئی نفوذ تجمعی با زمان و نوبت های آبیاری به ترتیب برابر ۰/۵۵ و۰/۲۴ به دست آمد. بنابراین، با افزایش زمان و نوبت های اولیه آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافت. ج- در یک نوبت آبیاری، همبستگی جزئی نفوذ تجمعی با زمان و مقدار رطوبت اولیّه به ترتیب برابر ۰/۵۱و۰/۴۱- به

Archive of SID

www.SID.ir

دست آمد. لذا با افزایش زمان و کاهش مقدار رطوبت اولیّه، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافت.

د- در یک فرصت زمان ثابت، همبستگی جزئی نفوذ تجمعی با مقدار رطوبت اولیّه و نوبت آبیاری به ترتیب برابر ۰/۴۳- و۰/۱۳- به دست آمد. بنابراین به ازاء یک زمان مشخص، با افزایش مقدار رطوبت اولیّه خاک و نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی کاهش یافت.

بر مبنای داده‌های اندازه‌گیری شده، ضرائب معادله کاستیاکف به شرح جدول ۲ به دست آمد. کمترین و بیشترین مقدار ضریب k به ترتیب برابر ۷۲/۱۳ و ۱۰۸۳/۷۸ واحد و مقدار a برابر ۰/۷ به دست آمد. بدیهی است رطوبت اولیه زیاد و سابقه مرطوب شدن خاک (نوبت‌های بعدی آبیاری) موجب کاهش مقدار ضریب k شده است. ضریب تبیین تمام معادلات نفوذ، بیشتر از ۹۹ درصد بود. این به آن مفهوم است که بیش از ۹۹ درصد از تغییرات نفوذ تجمعی با الگوی ارائه شده قابل بیان است. مقایسه میانگین ضریب k نشان داد با افزایش نوبت آبیاری، میانگین این ضریب کاهش یافته است. در آبیاری اول میانگین این ضریب برابر ۸۲۸/۳ واحد و در آبیاری دوم برابر۶۸۱/۴ واحد بود. علی‌رغم کاهش مقدار این ضریب در آبیاری های سوم تا پنجم، تفاوت قابل توجهی بین مقادیر آنها (با میانگین ۳۵۳ واحد) مشاهده نشد.

با در نظر گرفتن مقدار ضریب k در اولین آبیاری (۱۰۸۳/۷۸) با سطح رطوبت اولیه برابر با نقطه پژمردگی (۴/۳ درصد) به عنوان مبنای محاسبات (k_{IE1} یا k_{ref})، می توان ضریب k در نوبت های مختلف آبیاری با سطوح مختلف رطوبت اولیه خاک را به ضریب مبنای یادشده به صورت رابطه (۱) مرتبط نمود:

$$k_{IEWo} = CCk.k_{ref} \qquad (۱)$$

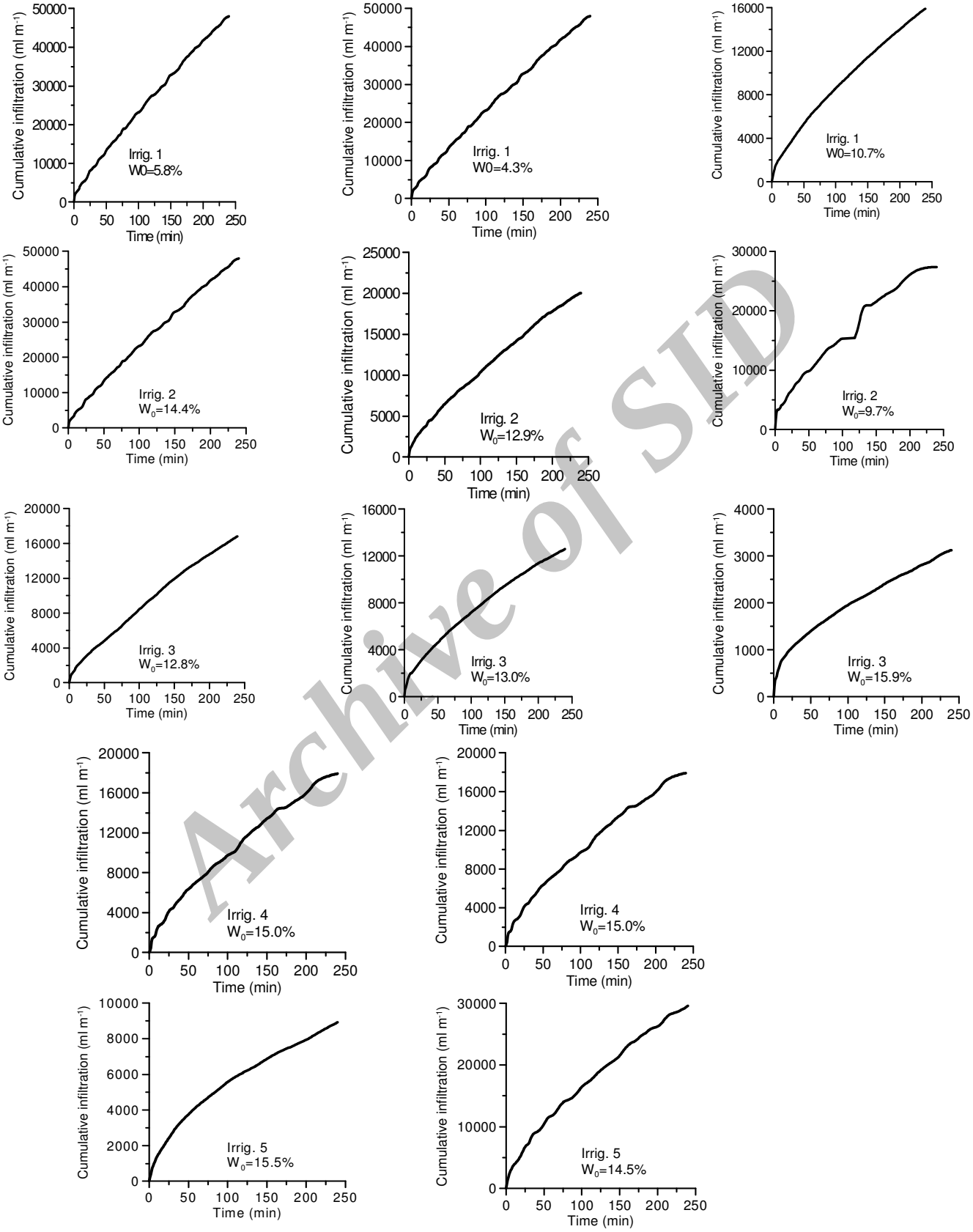
در این رابطه؛ k_{IEWo} = ضریب k در نوبت های مختلف آبیاری با سطوح مختلف رطوبت اولیه خاک، CCk = ضریب پیوستگی بین ضرائب k که از رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$CCk = \frac{2.18}{\sqrt{IE.Wo}} \qquad r=0.93 \qquad (۲)$$

در این رابطه؛ IE و Wo به ترتیب نوبت آبیاری و رطوبت اولیه خاک (به درصد) است. این رابطه با تحلیل رگرسیون (Kohler, 2002) داده‌های حاصل از آزمایش به دست آمده است. مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده CCk با رابطه (۲) در شکل ۳ رسم شده است. به نظر می‌رسد پیش بینی CCk با رابطه ارائه شده اندکی کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده، باشد. با این همه، بنا به ضریب همبستگی حاصل (۹۳ درصد) می توان گفت مقادیر پیش بینی با این رابطه، خوب و قابل قبول است.

Archive of SID

www.SID.ir



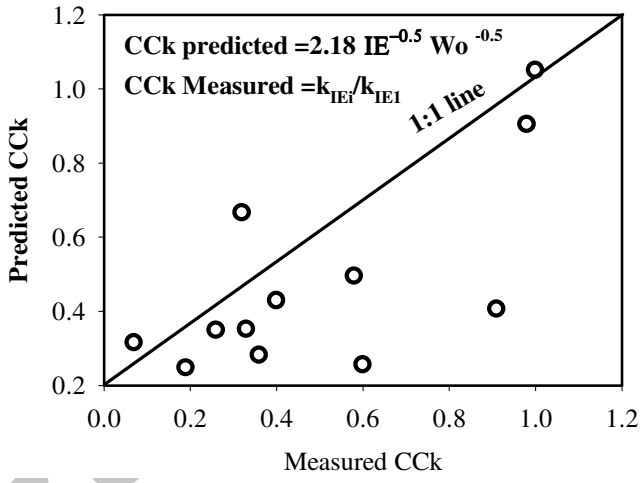
شکل ۲- نفوذ تجمعی از جویچه‌ها در نوبت های مختلف آبیاری تحت شرایط مختلف رطوبتی خاک

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- نوبت آبیاری، رطوبت اولیه و ضرائب معادله نفوذ

آبیاری	رطوبت اولیه	k	a	R^2 (درصد)
اول	۵/۸	۱۰۵۷/۲۵	۰/۷	۹۹/۲
	۴/۳	۱۰۸۳/۷۸	۰/۷	۹۹/۹
	۱۰/۷	۳۴۳/۴۶	۰/۷	۹۹/۹
دوم	۱۴/۴	۹۸۸/۴۹	۰/۷	۹۹/۷
	۱۲/۹	۴۲۹/۱۹	۰/۷	۹۹/۹
	۹/۷	۶۲۶/۶۵	۰/۷	۹۹/۸
سوم	۱۲/۸	۳۵۹/۱۲	۰/۷	۹۹/۸
	۱۳/۰	۲۸۱/۱۸	۰/۷	۹۹/۹
	۱۵/۹	۷۲/۱۳	۰/۷	۹۹/۱
چهارم	۱۵/۰	۳۹۵/۳۶	۰/۷	۹۹/۹
پنجم	۱۵/۵	۲۰۳/۸۹	۰/۷	۹۹/۶
	۱۴/۵	۶۵۱/۲۷	۰/۷	۹۹/۹



شکل۳ - تغییرات مقادیر اندازه گیری شده و برآورد شده ضریب پیوستگی بین ضرائب k .

نتیجه گیری

بررسی میزان همبستگی ساده و جزئی نفوذ تجمعی با متغیّرهای زمان، رطوبت اولیّه خاک و نوبت آبیاری نشان دادکه با گذشت زمان و با کاهش مقادیر رطوبت اولیّه خاک و نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافته است. در صورت حذف اثر مقدار رطوبت اوّلیّه خاک در تمام نوبت‌های آبیاری، با گذشت زمان و نوبت های اولیه آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافت. در صورت کم بودن مقدار رطوبت اولیّه دریک نوبت آبیاری، با گذشت زمان، مقدار نفوذ تجمعی از جویچه افزایش یافت. با افزایش نوبت آبیاری، میانگین ضریب k کاهش یافت. کاهش این ضریب در آبیاری های سوم تا پنجم، قابل توجه نبود. در این بررسی، با مرتبط نمودن ضریب k در نوبت‌های مختلف آبیاری با

www.SID.ir

سطوح مختلف رطوبت اولیه خاک، به ضریب k در اولین آبیاری با سطح رطوبت اولیه در نقطه پژمردگی، یک الگوی رگرسیونی برای استفاده در طراحی یا مدیریت آبیاری جویچه‌ای ارائه شد. این بررسی برای خاک بدون پوشش گیاهی صورت گرفته و لحاظ تاثیر میزان پوشش و تراکم گیاهی در فعالیّت‌های پژوهشی آتی پیشنهاد می‌شود. بررسی های مشابه در مزارعی که به روش نواری آبیاری می‌شوند نیز می‌تواند مفید باشد.

منابع

1. Besharat, S., Kouchekzadeh, M. and Homaee, M. 2006. Parametric estimate of advance trajectory in border irrigation by initial soil moisture. Journal of Agricultural Engineering Research. 7(27):103-114
2. Booher, L.J. 1974. Surface irrigation. F.A.O. Agricultural Development, Paper 95. Rome
3. Camacho, E.C., Perez-Lucena, C., Roldan-Canas J., and Alcaide, M. 1997. IPE:Model for management and control of furrow irrigation in real time. J. Irrig.and Drain. Engrg., ASAE, 123(4): 264-269
4. F.A.O. 1981. Agriculture:Toward 2000. F.A.O., Rome. Italy
5. Philip, J.R. 1969. Theory of infiltration. A part of Advances in hydroscience , ed. V. T. Chow, 215-297. Academic Press, INC.
6. Gardner, W. H. 1976. Water content. In Methods of Soil Analysis. Part 1: 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.
7. Ghazanshahi, J. 1996. Soil physics. Tehran University, Iran
8. Izadi, B. and Walender, W.W.1985. Furrow hydraulic characteristics and infiltration. Tans. SAE, 8(6):1901-1908
9. Kohler, H. 2002. Statistics for business and economics .Thomson Learning, Inc.1226 pp
10. Nasseri, A., Neyshabori, M.R. and Abbasi, F. 2008. Effectual components on furrow infiltration. Irrig. And Drain. 57: 481-489
11- Neyshabouri, M.R., Fakheri fard, A. , Farsadizadeh, D., Sadgian N and Kheiri, J. 2011. Infiltration models Coefficients based on bulk density and initial soil water. Soil and Water Sicnece. 19(2):57-69.
12. Sepaskhah,A.R. and Afshar-Chamanabad, H.2002. Determination of infiltration rate for every-other furrow irrigation.Biosystems Engineering: 82(4):479-484
13. Scaloppi, E.J., Merkley, G.P.and Willardson, L.S.1995. Intake paramers from advance and wetting phases of surface irrigation. Journal of irrigation and Drainage Engineering. 121(1):57-69.
lker, W. R. 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems.
. Paper No.45. Rome.Italy
15.Walker,W.R. and Skogerboe,G.V.1987. Surface irrigation:Theory and Practice. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 386 pp
16. Zerihun, D., Feyen J., and Reddy, J.1996. Sensitivity analysis of furrow- irrigation performance parameters. J. Irrig. and Drain. Engrg. ASCE, 122(1): 49-57

Archive of SID

www.SID.ir