



## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

صفحه‌های ۳۶۳-۳۴۹

# تغییرات ضرایب توانی و زمان پیشروی آب در مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب

محمد رضا امداد<sup>۱\*</sup> و میترا صمصامی پور<sup>۲</sup>

۱. استادیار بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
۲. محقق بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۱۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۲۹

### چکیده

سرعت پیشروی آب از معیارهای مهم در تعیین زمان آبیاری است. به این منظور، تحقیقی برای بررسی و مقایسه زمان پیشروی جریان آب در جویچه‌ها در دو روش مدیریت آبیاری معمول و یک‌درمیان متناوب انجام شد. نتایج با اندازه‌گیری زمان و فاصله پیشروی جریان آب در جویچه‌ها، در دو مقطع زمانی اواسط و اواخر دوره رشد ذرت نشان داد به‌طور متوسط سرعت پیشروی آب در مدیریت آبیاری معمول در اواسط فصل با دبی‌های ورودی ۰/۱۵، ۰/۲۸، ۰/۳۵ و ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه به ترتیب ۱/۸، ۲/۴، ۱/۶ و ۱/۶ برابر و در اواخر فصل رشد به ترتیب ۱/۳، ۱/۶، ۱/۴ و ۱/۵ برابر سریع‌تر از مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب بود. تغییرات رطوبت خاک نشان داد میزان رطوبت سطحی خاک در آبیاری یک‌درمیان متناوب ۲۸ درصد نسبت به آبیاری همه جویچه‌ها کمتر است. ضرایب معادله پیشروی آب در جویچه‌ها با افزایش دبی ورودی روند افزایشی داشت. با افزایش دبی جریان از ۰/۱۵ تا ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه، ضرایب توانی پیشروی  $\Gamma$  و  $p$  به ترتیب در آبیاری همه جویچه‌ها ۴ و ۵۶ درصد و در آبیاری یک‌درمیان متناوب ۱۲ و ۲۶ درصد افزایش یافت.

کلیدواژه‌ها: دبی، ذرت، رطوبت خاک، کم آبیاری.

## مقدمه

بخش بیشتر اراضی کشور با سیستم آبیاری سطحی، آبیاری می‌شوند که اگر به‌طور اصولی انجام نشود، مقدار زیادی از آب به‌صورت تبخیر و نفوذ عمقی از بین می‌رود. طراحی و اجرای درست این روش آبیاری به‌دلیل بی‌نیازی به وسایل و دستگاه‌های پیچیده برای زارعان از بهترین روش‌ها محسوب می‌شود، ولی چنانچه به‌خوبی طراحی و اجرا نشود، موجب تلفات آب، یکنواخت‌نبودن توزیع رطوبت و کاهش محصول می‌شود (۶).

در مدیریت کم‌آبیاری توجه به این نکته ضروری است که کاهش حجم آب آبیاری (مقدار و زمان آن) باید طوری برنامه‌ریزی شود که تأثیر معناداری در کاهش عملکرد و محصول نداشته باشد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، که با کاهش منابع آب روبه‌رو هستند، مدیریت کم‌آبیاری مناسب قابل توصیه و کاربرد است.

آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان از شیوه‌های کم‌آبیاری و از راهکارهای مدیریت مصرف آب در اراضی فاریاب است که با آبیاری نیمی از جویچه‌ها به‌طور ثابت یا متناوب قابل اجراست (۱۰). در روش یادشده گیاهان زراعی بیشتر به مقدار کمتر از مقدار لازم آبیاری می‌شوند و در نتیجه مقدار محصول کاهش کمی خواهد یافت، ضمن اینکه می‌توان با ارتقای کارایی مصرف آب، اراضی بیشتری را به زیر کشت برد. این روش به علت داشتن پتانسیل بیشتر نفوذ جانبی سبب کاهش درخور توجه نفوذ عمقی نیز می‌شود (۷).

در باجگاه (استان فارس) آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان در مراحل مختلف رشد ذرت دانه‌ای به‌استثنای مرحله رشد کاکل‌دهی، که در آن یک بار آبیاری جویچه‌ای معمولی انجام شد، محصولی برابر محصول آبیاری جویچه‌ای در سرتاسر فصل رشد تولید کرد و حجم آب آبیاری در این مدیریت ۲۹ درصد نسبت به روش معمول کاهش یافت (۱۸). نتایج مطالعه روی ذرت شیرین در بیرجند نشان داد

آبیاری یک‌درمیان بهترین راه حل برای صرفه‌جویی آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک با ۵۰ درصد صرفه‌جویی در مقایسه با آبیاری کامل بود و فقط ۶/۵ درصد کاهش عملکرد را به دنبال داشت (۲۱). محققانی که در مزارع پنبه ازبکستان به‌منظور بهبود مصرف آب، عملکرد آبیاری جویچه‌ای معمولی و یک‌درمیان را برای دو رژیم جریان پیوسته و موجی بررسی کردند، گزارش دادند بهترین عملکرد برای سیستم آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان با آبیاری موجی حاصل شده است. روش یادشده بیشترین مقدار کارایی مصرف آب برابر ۰/۶۱ کیلوگرم وش بر مترمکعب و نیز بیشترین راندمان کاربرد آب را داشته است. کاهش مصرف آب در این مدیریت به میزان ۴۴ درصد نسبت به روش معمول گزارش شد (۱۳). دیگر محققان طی مطالعه‌ای در پنجاب هندوستان نشان دادند آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان موجب ارتقای کارایی مصرف آب در اراضی دوکشتی پنبه - گندم می‌شود (۲۲). محققانی که آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان با آبیاری جویچه‌ای معمولی در تونس را مقایسه کردند، اظهار داشتند که روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان سبب افزایش کارایی مصرف آب در مزارع سیب‌زمینی شده به‌طوری که نسبت تولید به حجم آب مصرفی در آبیاری پیوسته ۵/۹ کیلوگرم در مترمکعب و در آبیاری یک‌درمیان متناوب هشت کیلوگرم در مترمکعب بوده است (۲۰). نتایج تحقیقی در پاکستان روی بامیه نشان داد بهره‌وری آب در آبیاری یک‌درمیان  $5/29 \pm 0/1$  کیلوگرم در مترمکعب) تقریباً دو برابر آن در آبیاری کامل  $2/78 \pm 0/04$  کیلوگرم در مترمکعب) بوده است (۱۹).

در آبیاری سطحی، مسئله پیشروی آب به‌دلیل دربرداشتن اطلاعات ارزشمند درباره چگونگی نفوذ آب به داخل خاک همواره مورد توجه بوده است. سرعت پیشروی به عوامل مختلفی از جمله شدت جریان ورودی، رطوبت اولیه خاک، مقاومت بستر خاک به جریان آب و شیب

## مدیریت آب و آبیاری

پیشروی با گذشت زمان، کاهش می‌یابد (۴). همچنین، نوسانات شیب در طول جویچه‌های آبیاری، زمان پیشروی آب در جویچه‌ها را تحت تأثیر خود قرار داده و این مهم یکی از دلایل پیشروی نکردن یکنواخت آب در مزرعه است (۵).

در شبیه‌سازی آبیاری موجی و مقایسه آن با جریان پیوسته گزارش شد که سرعت پیشروی آب در تیمارهای آبیاری موجی به علت کاهش نفوذ عمقی بیشتر از تیمارهای آبیاری پیوسته با دبی یکسان بوده است (۱۱). در آبیاری یک‌درمیان به علت اینکه جویچه‌ها مدت طولانی‌تری در معرض خشکی قرار دارند، سرعت پیشروی آب در این جویچه‌ها کمتر، فرصت جذب در آنها بیشتر و در نتیجه مقدار رواناب کمتر خواهد بود (۹). مطالعات برای تعیین خصوصیات نفوذپذیری خاک در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان برای مقادیر مختلف دبی ورودی در مزرعه آزمایشی با جگه نشان داد پارامترهای معادله نفوذ در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان بیشتر از آبیاری جویچه‌ای معمولی است (۱۷). نفوذپذیری خاک در جویچه‌هایی که به روش یک‌درمیان آبیاری می‌شوند، کاهش نمی‌یابد، ولی در آبیاری جویچه‌ای پیوسته نفوذپذیری خاک در آبیاری‌های بعدی به دلیل تثبیت خاک کاهش پیدا می‌کند (۱۵). روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان برای خاک‌های رسی ترک‌دار مناسب نیست، زیرا زمان پیشروی آب در این مدیریت آبیاری حدود دو برابر زمان پیشروی در آبیاری جویچه‌ای معمولی است و نفوذ جانبی افزایش می‌یابد. بنابراین، روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان سبب بهبود راندمان کاربرد آب برای این نوع خاک‌ها نخواهد شد، در حالی که عملکرد این روش آبیاری برای خاک‌های سبک و سنگین مناسب و سبب صرفه‌جویی آب تا حدود ۵۰ درصد شده است (۱۲). محققان برای شناخت حرکت آب در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و متناوب و

طولی مزرعه بستگی دارد. ساده‌ترین و معمول‌ترین رابطه برای پیشروی آب در جویچه رابطه توانی (رابطه ۱) است (۱۶):

$$x = pt^r \quad (1)$$

که در آن  $x$  فاصله پیشروی (متر)،  $t$  زمان پیشروی بر حسب دقیقه،  $p$  و  $r$  ضرایب تجربی برازش هستند.

اندازه‌گیری سرعت پیشروی آب در آبیاری سطحی اهمیت زیادی دارد. توزیع آب نفوذیافته در طول مزرعه و در نتیجه اتلاف آب و راندمان آبیاری تحت تأثیر پیشروی آب در طول مزرعه هستند. اگر سرعت پیشروی آب با دقت زیاد اندازه‌گیری شود، زمان قطع جریان، که به کاهش اتلاف آب آبیاری و افزایش راندمان آب آبیاری منجر می‌شود را می‌توان بر اساس سرعت پیشروی آب تعیین کرد (۷).

نتایج بررسی اثر افزایش پله‌ای دبی جریان روی پیشروی آب در جویچه بدون گیاه در آبیاری موجی نشان داد زمان فاز پیشروی برای آبیاری موجی با دبی ثابت کمتر از آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان بوده است. حجم آب مصرفی در آبیاری موجی نیز با افزایش پله‌ای دبی جریان با وجود اینکه زمان پیشروی در آن بیشتر بوده، ۱۰ درصد کمتر از آبیاری موجی با دبی ثابت بوده است (۸). محققان طی مطالعات خود در برآورد پارامتریک جبهه پیشروی آب در آبیاری نواری خاک‌های سنگریزه‌ای با استفاده از رطوبت اولیه خاک مشاهده کردند که با افزایش رطوبت خاک تا ۲۰ درصد، سرعت پیشروی آب افزایش درخور توجهی داشت و در رطوبت‌های بیشتر از ۲۰ درصد، اختلاف زمان‌های رسیدن جبهه پیشروی به انتهای زمین کمتر بود (۲). طی تحقیقی دیگر، در زمینه توسعه مدل پیشروی آب در آبیاری جویچه‌ای بر اساس شدت جریان ورودی و رطوبت اولیه خاک نتیجه‌گیری شد که تأثیرپذیری زمان پیشروی از دبی ورودی، دو برابر میزان رطوبت اولیه خاک است و اثر دبی ورودی بر زمان

می دهد بافت غالب خاک در منطقه تا عمق ۶۰ سانتی متری لوم شنی است. پس از انجام عملیات خاک ورزی شامل شخم، دیسک و تسطیح، بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ علوفه ای با فواصل کاشت ۱۵ سانتی متر و فواصل ردیف ۷۵ سانتی متر روی پشته هایی به طول ۵۰ متر در تاریخ ۲۸ تیرماه به وسیله ماشین بذرکار کاشت شد. تیمارها شامل دو روش آبیاری همه جویچه ها<sup>۱</sup> و آبیاری یک درمیان متناوب جویچه ها<sup>۲</sup> بود. جویچه ها به طول ۵۰ متر و فواصل ۷۵ سانتی متر از هم قرار داشتند که در جویچه های اندازه گیری شده با فواصل پنج متری میخ کوبی و زمان رسیدن آب به هر یک از ایستگاه ها یادداشت برداری شد. مشخصات جویچه ها در جدول ۳ ارائه شده است. کیفیت آب آبیاری از نظر کشاورزی مناسب و از نظر شوری محدودیتی نداشت. برخی ویژگی های کیفی آب آبیاری در جدول ۴ ارائه شده است. سیستم آبرسانی برای همه تیمارها یکسان و توسط لوله (با دبی ثابت) آبیاری صورت گرفت. دبی ورودی به هر یک از جویچه ها در هر نوبت آبیاری به صورت حجمی اندازه گیری شد. متوسط دبی ورودی به جویچه ها در محدوده ۰/۲ تا ۰/۴ لیتر بر ثانیه بود. زمان آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبت خاک و حجم آب آبیاری بر اساس رساندن رطوبت خاک تیمارها به حد ظرفیت زراعی در عمق توسعه ریشه گیاه محاسبه شد. درصد رطوبت خاک تیمارها به صورت وزنی اندازه گیری و پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک نسبت به آبیاری اقدام شد. در هر آبیاری زمان رسیدن آب به هر ایستگاه یادداشت برداری و تغییرات پیشروی آب در مدیریت های مختلف بررسی شد. در زمان آبیاری تغییرات رطوبت خاک در مدیریت های مختلف آبیاری اندازه گیری و بررسی و ارزیابی شد.

آبیاری جویچه ای معمولی گزارش کردند که زمان پیشروی در سه روش آبیاری تفاوت چندانی نداشت، ولی زمان پیشروی در آبیاری جویچه ای یک درمیان کمتر از حالت معمولی به دست آمد (۱).

به کارگیری مدیریت آبیاری جویچه ای یک درمیان نسبت به روش های آبیاری موجی، آبیاری کابلی و آبیاری جویچه ای با رژیم کاهش جریان ساده تر است. از این رو، اهمیت انجام تحقیق روی سیستم آبیاری جویچه ای یک درمیان به عنوان یک روش ساده و مناسب برای اقلیم خشک و نیمه خشک مانند ایران امری اجتناب ناپذیر است. با توجه به اهمیت کم آبیاری برای تعدیل بحران آب، شناخت خصوصیات جریان آب به منظور طراحی بهینه (برای به حداقل رساندن تلفات آب) در این روش آبیاری ضروری به نظر می رسد. در پژوهش حاضر سرعت پیشروی آب در جویچه هایی که همگی آبیاری می شوند و جویچه هایی که به طور یک درمیان متناوب آبیاری می شوند با هم مقایسه شده است تا میزان اختلاف آنها به منظور مدیریت مناسب آبیاری و ارتقای راندمان آبیاری مشخص شود.

## مواد و روش ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک و آب واقع در مشکین دشت کرج با مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع متوسط ۱۲۸۰ متر از سطح دریای آزاد در سال زراعی ۱۳۹۲ انجام شد. اطلاعات هواشناسی بر اساس داده های ثبت شده در ایستگاه هواشناسی کشاورزی محل اجرای پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

خاک منطقه از نظر طبقه بندی جزء خاک های کم عمق آبرفتی محسوب می شود و در لایه بیش از ۷۰ سانتی متر دارای لایه محدودکننده سنگریزه دار است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش (جدول ۲) نشان

<sup>1</sup>. CFI(Conventional Furrow Irrigation)

<sup>2</sup>. AFI(Alternate Furrow Irrigation)

تغییرات ضرایب توانی و زمان پیشروی آب در مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب

جدول ۱. برخی آمار و اطلاعات هواشناسی مزرعه (سال ۱۳۹۲)

ماه	میانگین کمترین دما (°C)	میانگین بیشترین دما (°C)	میانگین رطوبت نسبی (%)	میانگین تبخیر از تشتک تبخیر (mm/day)	بارندگی (mm)	میانگین سرعت باد (m/s)
تیر	۱۸	۳۷	۴۹/۲	۹/۴	۰	۰/۱۹
مرداد	۱۷	۳۶	۵۲/۲	۸/۴	۰	۰/۱۹
شهریور	۱۶	۳۴	۵۶/۶	۷/۱	۰	۰/۱۲
مهر	۱۰	۲۸	۷۴/۹	۷/۱	۰	۰/۱۲

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق (cm)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm <sup>3</sup> )	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد وزنی)	EC (dS/m)	pH	SAR
۰-۳۰	لومی	۱/۴۵	۱۷/۶	۷/۹	۰/۸۵	۷/۹	۰/۵۱
۳۰-۶۰	لومی	۱/۴۵	۱۴/۳	۷/۳	۰/۷۲	۸	۰/۴۷

جدول ۳. مشخصات جویچه‌ها

طول جویچه (m)	عمق جویچه (cm)	عرض کف (cm)	عرض میانی (cm)	عرض سطح فوقانی (cm)
۵۰	۱۱	۱۲	۱۷	۳۰

جدول ۴. برخی ویژگی‌های کیفی آب آبیاری

pH	SAR	EC (dS/m)	آنیون‌ها (meq/l)		کاتیون‌ها (meq/l)	
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup> + Ca <sup>2+</sup>
۷/۶۱	۰/۴۱	۰/۴۲	۱/۴	۲/۱	۰/۶۰	۳/۵۸

اختصاص یافت. زمان این اندازه‌گیری‌ها نیز در دو مقطع زمانی میان و انتهای دوره رشد ذرت (شش و ۱۲ برگگی) انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با آزمون نمونه‌های جفتی از نرم‌افزار Spss استفاده شد.

در مجموع، ۱۲ آبیاری طی فصل رشد انجام شد. اندازه‌گیری‌های پیشروی آب در هر یک از مدیریت‌های آبیاری همه جویچه‌ها و یک‌درمیان برای چهار دبی مختلف ۰/۱۵، ۰/۲۸، ۰/۳۵ و ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه صورت پذیرفت و در مجموع به هر دبی چهار جویچه (دو عدد برای آبیاری همه جویچه‌ها و دو عدد برای آبیاری یک‌درمیان متناوب)

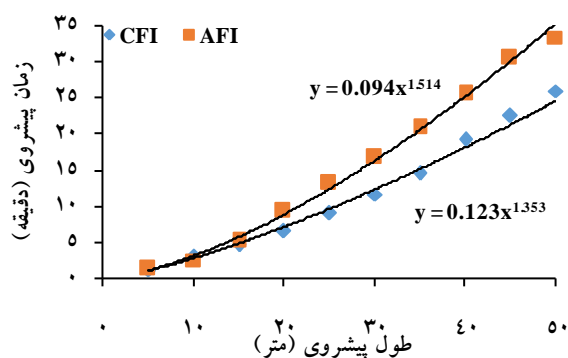
## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

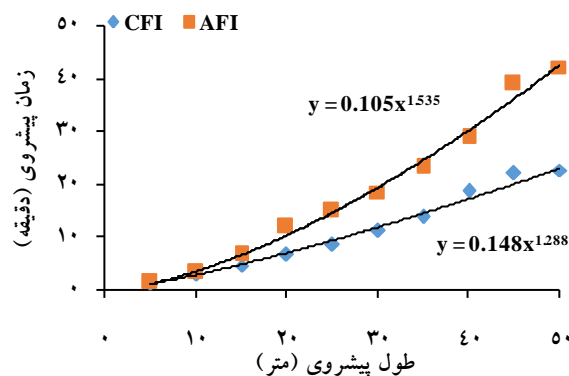
## نتایج و بحث

شکل ۱ تغییرات پیشروی آب را در جویچه‌ها در دبی متوسط ۰/۱۵ لیتر بر ثانیه در فاصله ۵۰ متری از ابتدای جویچه‌ها و در اواسط دوره رشد نشان می‌دهد. مدت رسیدن جبهه پیشروی به انتهای جویچه در آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول به ترتیب ۴۲ و ۲۳ دقیقه است. بنابراین، زمان پیشروی آب در جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری شده‌اند، ۱/۸ برابر جویچه‌هایی است که به طور معمول آبیاری شده‌اند. بررسی مناسب‌ترین منحنی برازش شده از میان نقاط پیشروی نیز سرعت پیشروی را در جویچه‌هایی که به طور کامل آبیاری شده‌اند، ۱/۸ برابر بیشتر از جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری شده‌اند، نشان می‌دهد. در حالی که اندازه‌گیری تغییرات پیشروی آب در جویچه‌ها در اواخر دوره رشد نشان می‌دهد زمان رسیدن جبهه پیشروی در آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول به ترتیب ۳۴ و ۲۶

دقیقه است (شکل ۲). زمان پیشروی آب در جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری شده‌اند، ۱/۳ برابر جویچه‌هایی است که به طور معمول آبیاری شده‌اند. اندازه‌گیری پیشروی آب در جویچه‌هایی که با دبی ۰/۲۸ لیتر بر ثانیه آبیاری شده‌اند، نشان می‌دهد زمان پیشروی در آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول در اواسط دوره رشد به ترتیب حدود ۳۴ و ۱۴ دقیقه است (شکل ۳). به بیان دیگر، زمان پیشروی آب در جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری شده‌اند، ۲/۴ برابر جویچه‌هایی است که به طور معمول آبیاری شده‌اند. در اواخر دوره رشد این مدت در آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول به ترتیب حدود ۲۲ و ۱۴ دقیقه است (شکل ۴). در نتیجه، زمان پیشروی آب در جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری شده‌اند، ۱/۶ برابر جویچه‌هایی بوده که به طور معمول آبیاری شده‌اند.



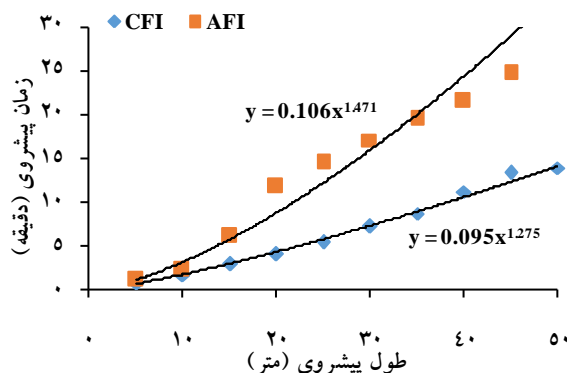
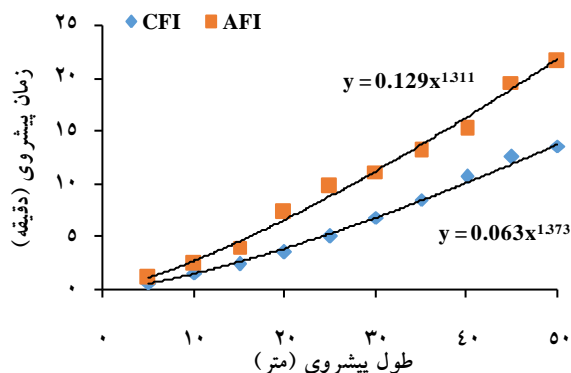
شکل ۲. مقایسه منحنی پیشروی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول در دبی ۰/۱۵ لیتر بر ثانیه در اواخر دوره رشد



شکل ۱. مقایسه منحنی پیشروی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول در دبی ۰/۱۵ لیتر بر ثانیه در اواسط دوره رشد

## مدیریت آب و آبیاری

## تغییرات ضرایب توانی و زمان پیشروی آب در مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب



شکل ۳. مقایسه منحنی پیشروی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول در دبی ۰/۲۸ لیتر بر ثانیه در اواخر دوره رشد

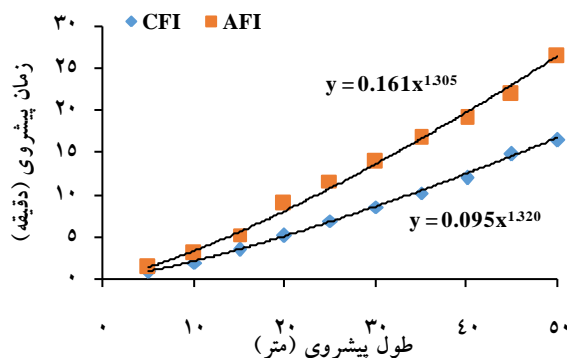
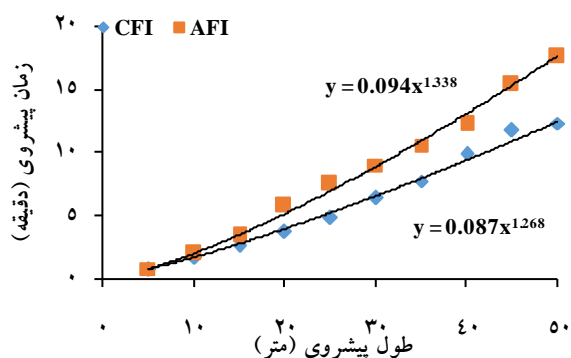
شکل ۴. مقایسه منحنی پیشروی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول در دبی ۰/۲۸ لیتر بر ثانیه در اواسط دوره رشد

حدود ۱۷ و ۱۱ دقیقه بوده است (شکل ۷) که نشان می‌دهد زمان پیشروی آب در جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری شده‌اند، برابر جویچه‌هایی است که به طور معمول آبیاری شده‌اند.

در باره دبی ۰/۳۵ لیتر بر ثانیه زمان رسیدن جبهه پیشروی آب در اواسط دوره رشد در آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول به ترتیب حدود ۲۶ و ۱۷ دقیقه (شکل ۵) و در اواخر دوره رشد، حدود ۱۸ و ۱۳ دقیقه اندازه‌گیری شد (شکل ۶). به ترتیب زمان پیشروی آب در جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری شده‌اند در اواسط دوره رشد ۱/۶ برابر و در اواخر دوره رشد، ۱/۴ برابر جویچه‌هایی است که به طور معمول آبیاری شده‌اند.

همچنین، زمان رسیدن جبهه پیشروی آب با دبی ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه در اواخر دوره رشد در آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول به ترتیب حدود ۲۰ و ۱۳ دقیقه است (شکل ۸). و زمان پیشروی آب در جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری شده‌اند، ۱/۵ برابر جویچه‌هایی است که به طور معمول آبیاری شده‌اند.

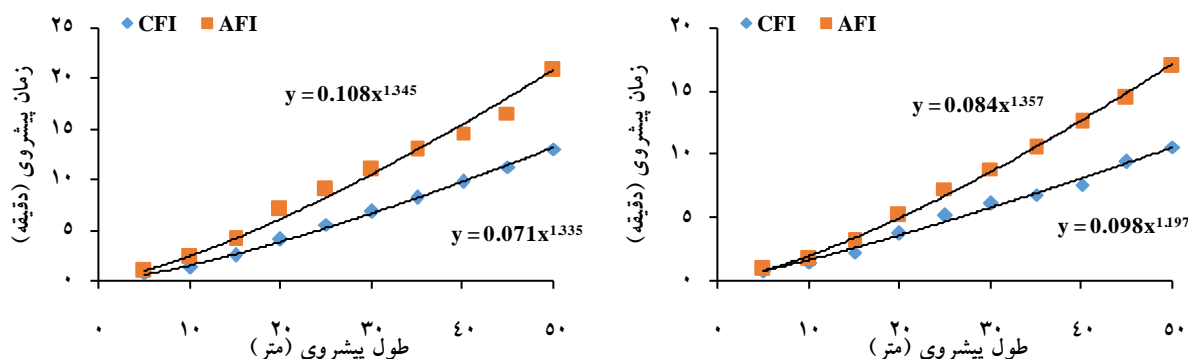
این نتایج در دبی ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه در اواسط دوره رشد در آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول به ترتیب



شکل ۵. مقایسه منحنی پیشروی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول در دبی ۰/۳۵ لیتر بر ثانیه در اواخر دوره رشد

شکل ۶. مقایسه منحنی پیشروی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول در دبی ۰/۳۵ لیتر بر ثانیه در اواسط دوره رشد

## مدیریت آب و آبیاری



شکل ۷. مقایسه منحنی پیشروی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول در دبی ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه در اواسط دوره رشد  
 شکل ۸. مقایسه منحنی پیشروی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول در دبی ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه در اواخر دوره رشد

جدول ۵. زمان پیشروی آب در جویچه‌ها و معادلات مربوط به پیشروی آب در دبی‌های ورودی مختلف

دبی (l/s)	زمان اندازه‌گیری	مدیریت آبیاری در طول ۵۰ متر	مدت پیشروی (min)	معادله منحنی برازش داده شده
۰/۱۵	اواسط دوره رشد	پیوسته (CFI)	۲۲/۸	$X = 4.076 \times t^{0.78}$
	انتهای دوره رشد	یک‌درمیان متناوب (AFI)	۴۲/۴	$X = 4.342 \times t^{0.65}$
۰/۲۸	اواسط دوره رشد	پیوسته (CFI)	۲۶	$X = 4.706 \times t^{0.74}$
	انتهای دوره رشد	یک‌درمیان متناوب (AFI)	۳۳/۵	$X = 4.767 \times t^{0.66}$
۰/۳۵	اواسط دوره رشد	پیوسته (CFI)	۱۳/۹	$X = 6.317 \times t^{0.78}$
	انتهای دوره رشد	یک‌درمیان متناوب (AFI)	۳۳/۶	$X = 4.594 \times t^{0.68}$
۰/۴۶	اواسط دوره رشد	پیوسته (CFI)	۱۳/۶	$X = 7.490 \times t^{0.73}$
	انتهای دوره رشد	یک‌درمیان متناوب (AFI)	۲۱/۷	$X = 4.769 \times t^{0.76}$
۰/۳۵	اواسط دوره رشد	پیوسته (CFI)	۱۶/۶	$X = 5.950 \times t^{0.76}$
	انتهای دوره رشد	یک‌درمیان متناوب (AFI)	۲۶/۵	$X = 4.053 \times t^{0.77}$
۰/۴۶	اواسط دوره رشد	پیوسته (CFI)	۱۲/۷	$X = 6.860 \times t^{0.79}$
	انتهای دوره رشد	یک‌درمیان متناوب (AFI)	۱۷/۶	$X = 5.854 \times t^{0.75}$
۰/۴۶	اواسط دوره رشد	پیوسته (CFI)	۱۰/۶	$X = 6.962 \times t^{0.84}$
	انتهای دوره رشد	یک‌درمیان متناوب (AFI)	۱۷	$X = 6.205 \times t^{0.74}$
۰/۴۶	اواسط دوره رشد	پیوسته (CFI)	۱۳	$X = 7.252 \times t^{0.75}$
	انتهای دوره رشد	یک‌درمیان متناوب (AFI)	۲۱	$X = 5.232 \times t^{0.74}$

معادلات پیشروی آب به‌دست‌آمده در دو روش مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول از منحنی‌های ۵ ارائه شده است.

### مدیریت آب و آبیاری



## تغییرات ضرایب توانی و زمان پیشروی آب در مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب

داد سرعت پیشروی در این دو مدیریت آبیاری اختلاف معناداری در سطح پنج درصد دارد (جدول ۷). به‌طور کلی، مقایسه منحنی پیشروی در جویچه‌هایی که طی فصل رشد به‌طور معمول آبیاری شده‌اند و جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری شده‌اند، نشان می‌دهد مدت پیشروی در این دو نوع مدیریت آبیاری با هم اختلاف معناداری دارند. در حالی که در برخی تحقیقات دیگر، نبود تفاوت معنادار بین زمان پیشروی میان دو روش آبیاری معمول و یک‌درمیان گزارش شده است (۱ و ۱۴)، که این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت در بافت خاک، رطوبت و نیز درز و ترک‌های به‌وجودآمده در خاک باشد، حتی مقدار دبی نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد. در آبیاری هشتم و دوازدهم با دبی ۰/۳۹ و ۰/۳۲ لیتر بر ثانیه زمان پیشروی جریان در جویچه‌های به طول ۸۰ متر با مدیریت آبیاری معمول حدود ۴۱ و ۴۲ دقیقه و در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب زمان پیشروی جریان آب حدود ۴۶ و ۴۴ دقیقه گزارش شده است (۱).

همچنین، برای هر یک از دبی‌ها در هر دو روش مدیریت آبیاری، متوسط ضرایب تجربی  $r$  و  $p$  و معادلات پیشروی محاسبه شد. همان‌طور که در جدول ۶ دیده می‌شود، مقدار این ضرایب با افزایش دبی جریان روندی افزایشی داشته است. ضریب  $p$  با افزایش دبی از ۰/۱۵ به ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه در مدیریت آبیاری معمول ۵۶ درصد و در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب ۲۶ درصد افزایش یافته است. به همین ترتیب، ضریب  $r$  نیز با افزایش دبی در آبیاری پیوسته چهار درصد و در آبیاری یک‌درمیان متناوب ۱۲ درصد افزایش یافته است. همچنین، با مقایسه دو روش مدیریت آبیاری مشاهده می‌شود که در دبی‌های ۰/۱۵، ۰/۲۸، ۰/۳۵ و ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه مقدار ضریب  $p$  در آبیاری معمول نسبت به آبیاری یک‌درمیان متناوب به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۳۲، ۲۳ و ۲۰ درصد افزایش داشته است که این افزایش در ضریب  $r$  به ترتیب ۱۳، ۴/۶ و ۲ و ۶/۶ درصد بود. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نمونه‌های جفتی نقاط به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ver. 21) نشان

جدول ۶. متوسط ضرایب و معادلات پیشروی جریان آب جویچه‌ها در دو مدیریت مختلف آبیاری

معادله	ضریب p	ضریب r	مدیریت آبیاری	دبی (لیتر بر ثانیه)
$X=4.557 \times t^{0.76}$	۴/۵۵۷	۰/۷۶	پیوسته (CFI)	Q= ۰/۱۵
$X= 4.554 \times t^{0.66}$	۴/۵۵۴	۰/۶۶	یک‌درمیان متناوب (AFI)	
$X= 6.904 \times t^{0.76}$	۶/۹۰۴	۰/۷۶	پیوسته (CFI)	Q= ۰/۲۸
$X= 4.681 \times t^{0.72}$	۴/۶۸۱	۰/۷۲	یک‌درمیان متناوب (AFI)	
$X= 6.405 \times t^{0.77}$	۶/۴۰۵	۰/۷۷	پیوسته (CFI)	Q= ۰/۳۵
$X= 4.954 \times t^{0.76}$	۴/۹۵۴	۰/۷۶	یک‌درمیان متناوب (AFI)	
$X= 7.107 \times t^{0.79}$	۷/۱۰۷	۰/۷۹	پیوسته (CFI)	Q= ۰/۴۶
$X= 5.718 \times t^{0.74}$	۵/۷۱۸	۰/۷۴	یک‌درمیان متناوب (AFI)	

## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

جدول ۷. تحلیل آماری نمونه‌های جفتی نقاط پیشروی اندازه‌گیری شده دو مدیریت آبیاری در دبی‌های مختلف

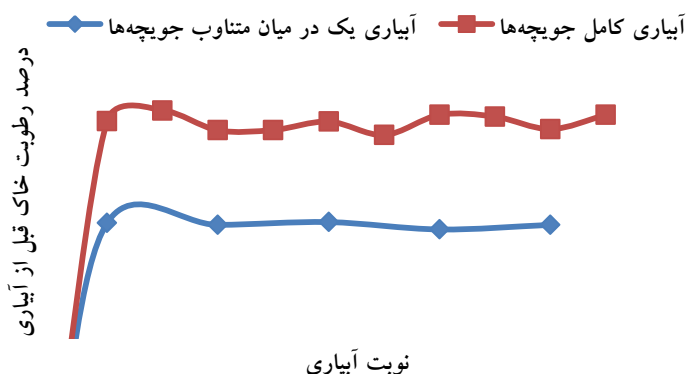
دبی (l/s)	زمان اندازه‌گیری	متغیر	تیمار	میانگین	انحراف استاندارد	t	p-value
۰/۱۵	اواسط دوره رشد	سرعت پیشروی	CFI	۱۰/۴۶	۸/۵۱	-۳/۵۱	۰/۰۰۶
	انتهای دوره رشد	سرعت پیشروی	AFI	۱۷/۵۲	۱۵/۱۲		
۰/۲۸	اواسط دوره رشد	سرعت پیشروی	CFI	۱۰/۷۶	۸/۸۸	-۳/۴۹	۰/۰۰۶
	انتهای دوره رشد	سرعت پیشروی	AFI	۱۴/۸۰	۱۲/۶۶		
۰/۳۵	اواسط دوره رشد	سرعت پیشروی	CFI	۶/۳۱	۴/۹۷	-۴/۱۴	۰/۰۰۲
	انتهای دوره رشد	سرعت پیشروی	AFI	۱۳/۸۲	۱۰/۷۶		
۰/۴۶	اواسط دوره رشد	سرعت پیشروی	CFI	۶/۰۴	۵/۰۲	-۴/۵۹	۰/۰۰۱
	انتهای دوره رشد	سرعت پیشروی	AFI	۹/۶۹	۷/۵۵		
۰/۳۵	اواسط دوره رشد	سرعت پیشروی	CFI	۷/۳۹	۵/۸۱	-۴/۷۷	۰/۰۰۱
	انتهای دوره رشد	سرعت پیشروی	AFI	۱۱/۵۷	۸/۶۶		
۰/۴۶	اواسط دوره رشد	سرعت پیشروی	CFI	۵/۷۲	۴/۵۵	-۴/۲۴	۰/۰۰۲
	انتهای دوره رشد	سرعت پیشروی	AFI	۷/۷۴	۶/۰۶		
۰/۴۶	اواسط دوره رشد	سرعت پیشروی	CFI	۴/۸۹	۳/۵۷	-۳/۷۲	۰/۰۰۴
	انتهای دوره رشد	سرعت پیشروی	AFI	۷/۴۲	۵/۸۱		
۰/۴۶	اواسط دوره رشد	سرعت پیشروی	CFI	۵/۷۷	۴/۴۸	-۴/۷۱	۰/۰۰۱
	انتهای دوره رشد	سرعت پیشروی	AFI	۸/۹۵	۶/۶۹		

با توجه به نتایج به دست آمده در دبی‌های مختلف، سرعت پیشروی جریان در آبیاری همه جویچه‌ها بیشتر از سرعت پیشروی جریان در آبیاری یک‌درمیان متناوب جویچه‌هاست. جریان در طول جویچه یک جریان متغیر تدریجی است و دو مؤلفه دارد، یکی مؤلفه حرکت در طول جویچه و دیگری مؤلفه نفوذ که سبب می‌شود مقداری از جریان در طول جویچه در خاک نفوذ کند و شدت جریان به طور مداوم کاهش پیدا کند (۳). جویچه‌هایی که در آنها آبیاری به صورت یک‌درمیان متناوب صورت می‌گیرد به دلیل اینکه در نوبت قبلی آبیاری نشده‌اند همواره خشک‌تر از جویچه‌هایی هستند که در هر نوبت آبیاری کامل شده‌اند و چون رطوبت اولیه خاک مؤثرترین عامل بر فرایند نفوذ است و تغییرات نفوذ نیز فرایند پیشروی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در نتیجه سرعت پیشروی جریان آب در این

جویچه‌ها آهسته‌تر خواهد بود (۲).

مقایسه تغییرات رطوبت خاک قبل از آبیاری در دو مدیریت آبیاری همه جویچه‌ها و آبیاری یک‌درمیان متناوب نشان داد هر چند مقدار آب آبیاری در هر دو روش به گونه‌ای بود که مقدار رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی برسد، ولی طبق نتایج به دست آمده متوسط درصد رطوبت لایه خاک سطحی (صفر تا سی سانتی‌متر) در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب به میزان ۲۸ درصد نسبت به مدیریت آبیاری همه جویچه‌ها کمتر است. یافته‌های دیگر محققان (۱) نیز بیان می‌کند که آبیاری جویچه‌ای معمولی رطوبت خاک بیشتری نسبت به روش آبیاری یک‌درمیان دارد. شکل ۹ تغییرات رطوبتی خاک را در دو روش مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب و آبیاری همه جویچه‌ها در نوبت‌های آبیاری ارائه می‌کند.

### مدیریت آب و آبیاری



شکل ۹. تغییرات رطوبتی خاک در مدیریت‌های مختلف آبیاری

این اختلاف در اواخر دوره رشد به هفت دقیقه کاهش یافته است.

### نتیجه‌گیری

بررسی تغییرات رطوبت خاک قبل از آبیاری در دو مدیریت آبیاری معمول و آبیاری یک‌درمیان متناوب نشان داد متوسط درصد رطوبت لایه خاک سطحی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب به میزان ۲۸ درصد نسبت به مدیریت آبیاری همه جویچه‌ها کمتر است. همچنین، طبق نتایج به‌دست‌آمده سرعت پیشروی جریان آب در آبیاری کامل جویچه‌ها بیشتر از سرعت پیشروی جریان در آبیاری یک‌درمیان متناوب جویچه‌ها است و با توجه به اینکه با کاهش سرعت پیشروی، میزان نفوذ افزایش می‌یابد، در نتیجه رواناب انتهایی کاهش خواهد یافت. این اختلاف سرعت پیشروی جریان میان دو نوع مدیریت آبیاری با افزایش مقدار دبی ورودی به جویچه‌ها کمتر شده است. بنابراین، نظر به اینکه زمان آبیاری، حاصل مجموع زمان پیشروی و زمان ذخیره در آبیاری جویچه‌ای است، بنابراین چنانچه از مدیریت آبیاری یک‌درمیان استفاده شود، ضروری است زمان آبیاری افزایش یابد. در شرایط بافت خاک و تحقیق حاضر مشاهده می‌شود که در دبی‌های

نتایج نشان داد درصد رطوبت وزنی خاک در مدیریت آبیاری همه جویچه‌ها بیشتر از روش مدیریتی آبیاری یک‌درمیان متناوب جویچه‌هاست. داده‌های مربوط به درصد رطوبت وزنی خاک نشان‌دهنده کم‌بودن رطوبت خاک در هر دو جویچه تر و خشک در روش آبیاری یک‌درمیان متناوب نسبت به آبیاری همه جویچه‌هاست. در مطالعات دیگر (۲۰) نیز گزارش کردند که مقدار رطوبت در آبیاری کامل بیشتر از آبیاری یک‌درمیان است. همچنین، نتایج نشان می‌دهد با افزایش دبی ورودی به جویچه اختلاف سرعت پیشروی جریان در دو شیوه مدیریتی آبیاری معمول و یک‌درمیان متناوب کاهش می‌یابد. به طوری که این اختلاف زمانی که در دبی ۰/۱۵ لیتر بر ثانیه، و در اواسط فصل رشد حدود ۲۰ دقیقه است، در دبی ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه به شش دقیقه و در اواخر فصل رشد از حدود هفت دقیقه در دبی ۰/۱۵ لیتر بر ثانیه به حدود هشت دقیقه در دبی ۰/۴۶ می‌رسد. از طرف دیگر، نیز می‌توان به این مورد اشاره کرد که اختلاف سرعت پیشروی در یک دبی مشخص طی فصل رشد کاهش می‌یابد. به طور مثال، در دبی ۰/۱۵ لیتر بر ثانیه اختلاف سرعت پیشروی میان دو روش مدیریت آبیاری معمول و یک‌درمیان متناوب در اواسط دوره رشد ۲۰ دقیقه بود، اما

آبیاری یک‌درمیان متناوب نسبت به مدیریت آبیاری معمول به افزایش مقاومت بستر خاک به جریان آب در جویچه‌ها (ناشی از تراکم، ریزش و افتادگی برگ‌های پایینی ذرت در جویچه‌ها در انتهای فصل رشد ذرت) بوده که موجب شده اختلاف زمان پیشروی آب در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب به ۴۷ درصد کاهش یابد. شایان یادآوری است در همه جویچه‌ها و در تمامی دوره رشد زمان پیشروی آب در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب بیشتر از مدیریت آبیاری معمول بوده است. در دبی‌های بیشتر، به علت افزایش سرعت جبهه پیشروی آب اختلاف زمان پیشروی در مدیریت‌های آبیاری یک‌درمیان متناوب و معمول کاهش می‌یابد.

#### منابع

۱. ابراهیمیان ح.، لیاقت ع. م.، پارسی نژاد م.، عباسی ف. و نوایان، م.، (۱۳۹۲)، «حرکت آب در سطح و زیر سطح خاک در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان و مقایسه آن با آبیاری معمولی». *مهندسی آبیاری و آب*. ۳(۱۱): ۱-۱۳.
۲. بشارت س. کوچک‌زاده م. و همایی م.، (۱۳۸۵)، «برآورد پارامتریک جبهه پیشروی آب در آبیاری نواری خاک‌های سنگریزه‌ای با استفاده از رطوبت اولیه خاک». *تحقیقات مهندسی کشاورزی*. ۷(۳۷): ۱۰۳-۱۱۴.
۳. حق نظری ف.، سهیل‌نژاد ع.، امیری ح. و شینی دشتگل ع.، (۱۳۹۲)، «بررسی تغییرات نفوذ تجمعی در آبیاری جویچه‌ای». چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز، ایران.
۴. زواره‌ای مقدم ز. و منتظر ع. ا.، (۱۳۸۷)، «توسعه مدل پیشروی آب در آبیاری شیار بر اساس شدت جریان ورودی و رطوبت اولیه خاک». دومین سمینار

۰/۱۵، ۰/۲۸، ۰/۳۵ و ۰/۴۶ مقدار ضریب  $p$  در آبیاری معمول نسبت به آبیاری یک‌درمیان متناوب به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۲۳، ۰/۳۲ و ۰/۲۰ درصد افزایش داشته است که این افزایش در ضریب  $I$  به ترتیب ۱۳، ۴/۶، ۲ و ۶/۶ درصد بود. همان‌گونه که دیده می‌شود زمان پیشروی آب در آبیاری یک‌درمیان متناوب در همه دبی‌های استفاده نسبت به مدیریت آبیاری معمول در اواسط و انتهای فصل رشد ذرت بیشتر است. از طرف دیگر، متوسط تغییرات زمان پیشروی آب در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب در اواسط دوره رشد به میزان ۸۶ درصد نسبت به آبیاری معمول بیشتر است. شایان یادآوری است که متوسط تغییرات زمان پیشروی آب در انتهای دوره رشد در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب به میزان ۴۷ درصد نسبت به مدیریت آبیاری پیوسته بیشتر شده است. با توجه به کاهش رطوبت لایه سطحی خاک در آبیاری یک‌درمیان متناوب نسبت به آبیاری پیوسته (کاهش حدود ۲۸ درصد)، افزایش زمان پیشروی در مدیریت آبیاری یک‌درمیان متناوب دور از انتظار نیست. جویچه‌هایی که به صورت یک‌درمیان متناوب آبیاری می‌شوند به دلیل اینکه در نوبت قبلی آبیاری نشده‌اند، همواره خشک‌تر (دارای رطوبت لایه سطحی خاک کمتر) از جویچه‌هایی هستند که در هر نوبت آبیاری شده‌اند و در نتیجه این عامل فرایند پیشروی آب در جویچه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب می‌شود سرعت جریان پیشروی آب کاهش یابد. افزون بر این، در انتهای فصل رشد ذرت به‌علت ریزش و زردشدن برگ‌های پایینی ذرت (افزایش مقاومت جریان آب در جویچه) موجب شده تا نسبت به اواسط دوره رشد، درصد تغییرات زمان پیشروی آب در مدیریت آبیاری یک‌درمیان نسبت به آبیاری معمول کاهش یابد (در اواسط دوره رشد این تغییرات ۰/۸۶ بوده که در انتهای دوره رشد به ۰/۴۷ تغییر یافته است). به بیان دیگر، کاهش اختلاف زمان پیشروی آب در انتهای دوره رشد در

#### مدیریت آب و آبیاری

12. Bakker D. M., Raine S. R. and Robertson M. J. (1997) A preliminary investigation of alternate furrow irrigation for sugar cane production. Technical Field Department, CSR Ltd. (Unpublished).
13. Horst M. G., Shamutalov S. S., Goncalves J. M. and Pereira L. S. (2007) Assessing impacts of surge-flow irrigation on water saving and productivity of cotton. *Agricultural Water Management*. 87: 115 – 127.
14. Kang S., Shi p., Pan Y., Liang Z., Hu X. and Zhang J. (2000) Soil water distribution, uniformity and water-use efficiency under alternate furrow irrigation in arid areas. *Irrigation Science*. 19: 181-190.
15. Rogers D. H. (1995) Managing furrow irrigation systems. U.S. Department of Agriculture Cooperative State Research Service, No. 93-34296-8454.
16. Scaloppi E. J., Merkley G. P. and Willardson L. S. (1995) Intake parameters from advance and wetting phases of surface irrigation. *Irrigation Drainage Engineering*. ASCE 121(1): 57-70.
17. Sepaskhah A. R. and Afshar-Chamanabad H. (2002) Determination of infiltration rate for every-other furrow irrigation. *Biosystems Engineering*. 82(4): 479-484.
18. Sepaskhah A. R. and Parand A. R. (2006) Effects of alternate furrow irrigation with supplemental every furrow irrigation at different growth stage of maize (*Zea Mays L.*). *Plant Production Science*. 9: 415-421.
19. Siyal A. A., Mashori A. S., Bristow K. L. and Van Genuchten M. Th. (2016) Alternate furrow irrigation can radically improve water productivity of okra. *Agricultural Water Management*. 173: 55-60.
- راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی. ۱۳۷-۱۴۵.
۵. عباسی ف. و شینی دشتگل ع.، (۱۳۹۵)، «ارزیابی و بهبود مدیریت آبیاری جویچه‌ای در اراضی تحت کشت نیشکر خوزستان». *دانش آب و خاک*. ۲۶(۲): ۱۰۹-۱۲۱.
۶. علیزاده، ا.، (۱۳۸۱)، *طراحی سیستم‌های آبیاری*. ج چهارم، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد. ۴۵۰ صفحه.
۷. قبادی م. و ابراهیمیان ح.، (۱۳۹۴)، «برآورد نفوذ در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و متغیر با استفاده از روش مقیاس‌سازی». *تحقیقات مهندسی کشاورزی*. ۱۶(۲): ۱۳-۲۴.
۸. قبادی‌نیا م.، سهرابی ت.، میراب‌زاده م. و Walker W. R.، (۱۳۸۴)، «بررسی اثر افزایش پله‌ای دبی جریان بر روی پیشروی آب در شیار در آبیاری موجی». *مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه*. ۱۰۱-۱۱۶.
۹. کیانی ع. و صابری ع.، (۱۳۹۳)، «بررسی عملکرد و مصرف آب در ذرت شیرین تحت تأثیر شیوه‌های مختلف کم‌آبیاری در دو الگوی کاشت». *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*. ۲۱(۶): ۱۵۵-۱۷۱.
۱۰. مولوی ح.، محمدی م. و لیاقت ع. م.، (۱۳۹۰)، «اثر آبیاری کامل و یک‌درمیان جویچه‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی». *دانش آب و خاک*. ۳(۲۱): ۱۱۵-۱۲۶.
۱۱. میرزایی ع. ا.، اشرف صدرالدینی س. ع. و ناظمی ا. ح.، (۱۳۹۰)، «شبیه‌سازی آبیاری موجی و مقایسه آن با جریان پیوسته». *مهندسی منابع آب*. ۴: ۷۵-۸۵.

20. Slatni A., Zayani K., Zairi A., Yacoubi S., Salvador R. and Playan E. (2011) Assessing alternate furrow strategies for potato at the Cherfech irrigation district of Tunisia. *Biosystems Engineering*. 108(2): 154-163.
21. Tagheianaghdam A., Hashemi R. Khashei A. and Shahidi A. (2015) The effect of Deficits irrigation method of alternative furrow irrigation on yield of Sweet Corn. *Research Journal of Fisheries and Biology*. 10(10): 816-822.
22. Thind H. S., Buttar G. S. and Aujla M.S. (2010) Yield and water use efficiency of wheat and cotton under alternate furrow and check-basin irrigation with canal and tube well water in Punjab, India. *Irrigation Science*. 28: 489-496.



## Water and Irrigation Management

(Scientific Journal of Agriculture)  
(College of Abouraihan – University of Tehran)

Vol. 7 ■ No. 2 ■ Autumn & Winter 2017-18

### Variation of advance power function coefficients and water advance time in alternate furrow irrigation management

*Mohammad Reza Emdad<sup>1\*</sup>, Mitra Samsamipour<sup>2</sup>*

1. Assistant Professor, Irrigation and Soil Physics Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Researcher of Irrigation and Soil Physics Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

**Received: October 21, 2017**

**Accepted: March 05, 2018**

#### **Abstract**

Advance time is one of the most important factors, especially for determining irrigation timing. This project has been conducted for determining and evaluation of furrow advance time in two irrigation management including conventional and alternative furrow irrigation. Four different inflow rates within two periods of Maize growth stages for two furrow irrigation management were considered. Results showed, the water advance time in conventional furrow irrigation in two growth stages with inflow rate as 0.15, 0.28, 0.35 and 0.46 l/s were 1.8, 2.4, 1.6 and 1.6 times respectively comparative to alternative furrow irrigation. Also, results in end of season revealed that with increasing inflow rate the advance time in conventional furrow irrigation were 1.3, 1.6, 1.4 and 1.5 times as comparatives to a conventional furrow irrigation. Soil surface moisture variation showed that the soil moisture content in alternative furrow irrigation decreased about 28% in comparison with the conventional furrow irrigation. With increasing furrow inflow rate the coefficients of advance power function ( $r$  &  $p$ ) increased about 4 and 56% for conventional and 12 and 26% respectively alternative furrow irrigation.

**Keywords:** deficit irrigation, inflow rate, maize, soil moisture, surface irrigation.