دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی
۲ خرداد ماه ۱۳۸۷

بهبود عملکرد آبیاری جویچه‌ای با تغییر سطح مقطع جویچه

بیژن مجدزاده[۱]، تیمور سهرابی[۲]، فریبرز عباسی[۳]

چکیده

در روش‌های آبیاری سطحی، آبیاری جویچه‌ای مرسومتر و با توسعه کشاورزی مکانیزه سازگارتر است. همچنین نسبت به آبیاری کرتی و نواری حجم کمتری از آب، در واحد عرض مزرعه حرکت می‌کند اما اغلب بازده به اندازه آنها نیست. بهبود بازده با مسدود کردن جویچه احتمال سوختگی محصولات را در انتها ایجاد می‌کند و روش‌های کنترل دبی ورودی نیز نیازمند مهارت ویژه و ابزار جدید برای اجرا می‌باشد. از طرفی تنها پوشیده شدن تمام سطح مزرعه از آب با حداکثر سرعتی که ممکن باشد، مطلوب نیست. بلکه باید به حجم آب مصرفی و چگونگی توزیع آن در مزرعه توجه داشت. هدف این تحقیق ارائه روشی مؤثر برای بالا بردن بهره‌وری مصرف آب است ؛ که نیاز به تغییر عمده‌ای در فرهنگ آبیاری کشاورزان ندارد. عموماً در یک دبی ثابت ورودی به جویچه‌ای با سطح مقطع باریک و V- شکل، سرعت پیشروی و روانآب بیشتر از جویچه‌ای با سطح مقطع پهن و U- شکل می‌باشد. در این مطالعه روشی برای تغییر آسان سطح مقطع جویچه در طول مورد نظر ارائه شد و جویچه‌های با سطح مقطع ثابت و متغییر به صورت پهن و باریک شدگی در انتهای جویچه، در خاک سیلتی لومی به طول ۱۲۰ متر در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران ایجاد شدند. پهن شدن انتهای جویچه سبب افزایش ۷٪ زمان پیشروی و کاهش ۳۰٪ روانآب و ۹٪ توزیع یکنواختی نسبت به شاهد گردید. با باریک شدن انتهای جویچه‌ها نتایج عکس بدست آمد. در این نوع خاک باریک شدن انتهای جویچه از پهن شدن انتهای نتایج بهتری را بدست آورد. این تغییرات در آبیاری دوم کمتر بود.

کلمات کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، سطح مقطع جریان، توزیع یکنواختی، نسبت رواناب.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آبیاری زهکشی،
۲- استاد گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران،
۳- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج).

مقدمه

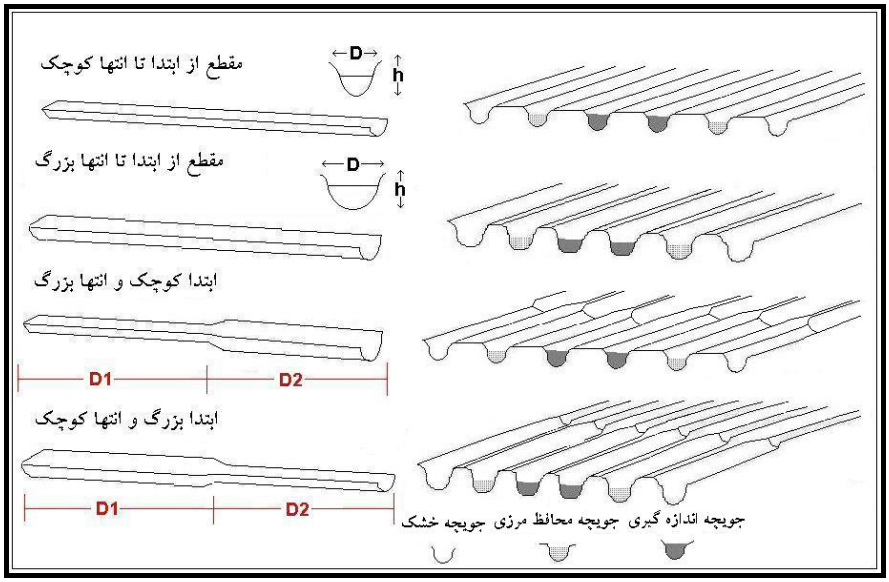
با افزایش جمعیت و کمی منابع آب جهت تولید بیشتر محصولات کشاورزی، بازده بهتر مصرف آب بیشتر مورد توجه محققین می‌باشد. آبیاری سطحی قدیمی‌ترین و متداول‌ترین روش آبیاری زمین‌های کشاورزی در سراسر دنیا و کشورمان است. سازگارترین نوع آن با توسعه کشاورزی مکانیزه آبیاری جویچه‌ای می‌باشد که به جای غرقاب کردن تمام سطح مزرعه به سادگی آب را در کانال‌های کوچکی به نام جویچه جریان می‌دهد. این کار سبب کاهش چشمگیر مصرف آب در واحد عرض مشابه با آبیاری کرتی و نواری می‌شود. هدف طراحی شبکه آبیاری سطحی تشخیص یا برآورد مقادیر اولیه (مشخصات نفوذ، ضریب زبری، شیب، فاصله بین جویچه‌ها، سطح مقطع جریان ...) برای تعیین و مدیریت متغیرها (دبی جریان، طول جویچه و زمان قطع) می‌باشد. بنابراین طراحی آبیاری سطحی با دیدگاه رسیدن به حداکثر بازده اقتصادی و حداقل هزینه سرمایه‌گذاری با بهینه کردن مقادیر اولیه و متغیرها می‌باشد. از طرفی فنون اخیر (آبیاری موجی، کابلی، کاهش دبی ...) برای بالا بردن بازده نیازمند مهارت و وسایل دقیق برای اجرا می‌باشد.

معمولاً مشخصات نفوذ، سطح مقطع جریان و ضریب زبری را در طول فصل کشت و در تمام سطح مزرعه ثابت در نظر می‌گیرند اما این عوامل ایجاد کننده تغییرات در مرحله پیشروی و به تبع آن سبب اختلاف عمق آب نفوذ کرده در طول جویچه‌های مختلف در یک مزرعه می‌شود [۰ و3]. بدلیل رابطه بسیار قوی فرصت نفوذ با حجم آب نفوذ یافته، می‌توان تغییرات نفوذ تجمعی در جویچه را به تنهایی با فرصت نفوذ توضیح داد. اما با فرض محیط خیس شده ثابت عمق نفوذ کمتری را در ابتدای مزرعه و مقدار بیشتری را در انتهای مزرعه نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده برآورد می‌شود [2]. همچنین تغییر در مشخصات خاک سبب انحراف در نمودار سرعت پیشروی می‌گردد [8]. تمام تغییرات نفوذ را می‌توان با تغییرات محیط خیس شده بیان کرد [9]. تروت که تاثیر دبی ورودی بر ضریب زبری را بررسی می‌کرد، نتیجه گرفت که شکل و اندازه جویچه بر حجم آب نفوذ یافته مؤثر و می‌تواند آن را افزایش دهد. زیرا مساحتی که بین آب و خاک در تماس است را کنترل می‌کنند [12]. تغییرات تصادفی شکل هندسی جویچه سومین عامل موثر بر میانگین عمق نفوذ و یکنواختی توزیع می‌باشد که این مطلب نتیجه تاثیر مشترک دبی، نفوذ و شکل هندسی می‌باشند [10]. هولدن و همکاران که در مزارع نیشکر تحقیق می‌کردند بیان نمودند که مقطع"V" شکل باریک بازده کاربرد آبیاری بهتری نسبت به مقطع "U" شکل پهن دارد. آنها نشان دادند که مقطع "V" شکل باریک فرصت نفوذ عمومی را محدود می‌کند. چون آب در این جویچه‌ها سریعتر از مقطع "U" شکل به انتها می‌رسد [4]. هولزاپفل و همکاران در بررسی شکل هندسی جویچه بیان می‌کنند که جویچه‌ای که محیط خیس شده بزرگتر دارد ؛ ظرفیت بیشتر برای نفوذ آب را نیز دارا می‌باشد. همچنین زمان پیشروی در جویچه باریک کمتر از زمان پیشروی در جویچه پهن است [5]. باکر و همکاران نیز در ارزیابی مزارع آبیاری جویچه‌ای در خاکی رسی به تغییر مقطع جویچه از "U" شکل پهن به "V" شکل عمیق برخوردند که سبب پیشروی سریعتر و نفوذ کندتر نسبت به جویچه‌ای با مقطع ثابت "U" شکل پهن می‌گردد [۰].

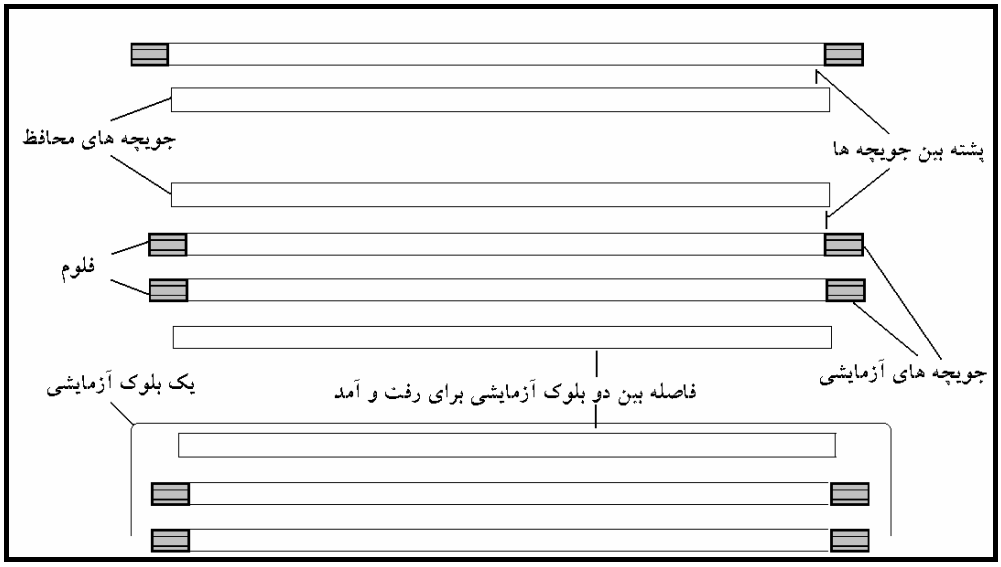
در طراحی آبیاری سطحی مقادیر اولیه ؛ شیب، ضریب زبری، سطح مقطع و مشخصات خاک عموماً ثابت در نظر گرفته می‌شوند. تا کنون تحقیقاتی برای بهبود ضریب زبری و در نظر گرفتن تأثیر تغییرات شیب و مشخصات خاک انجام شده است. اما صرفاً چون همیشه ایجاد جویچه‌ها توسط یک شیارکن انجام می‌شود ؛ سطح مقطع ثابت و یا در برخی مدل‌های شبیه‌سازی با توجه به زمان از شروع آبیاری و مکان از ابتدای جویچه متغیر فرض می‌شود. در این تحقیق با ایجاد مقطعی در ابتدای جویچه و مقطع دیگر در انتها تاثیر تغییرات سطح مقطع جویچه در روند آبیاری (نفوذ، حجم رواناب، سرعت پیشروی، بازده کاربرد آب ...) با ثابت نگه داشتن سایر عوامل موثر بررسی می‌شود. هدف این تحقیق ارائه روشی مؤثر برای بالا بردن بهره‌وری مصرف آب با تغییر در شکل هندسی جویچه است، به نحوی که نیازمند تغییر عمده‌ای در فرهنگ آبیاری کشاورزان نباشد.

مواد و روش‌ها

در تابستان ۱۳۸۵ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران که در طول جغرافیایی $35^{o}48'16''$ و عرض جغرافیایی $50^{o}57'14''$ واقع شده است، بعد از انجام شخم‌زنی و دو نوبت دیسک عمیق برای تولید خاکی یکنواخت جویچه‌های به طول ۱۲۰ متر در خاک سیلتی لومی (با میانگین ۳۱/۰۵٪ شن، ۴۷/۶۴٪ لوم و ۲۱/۳۱٪ رس) ایجاد گردید؛ تغییر سطح مقطع جویچه‌ها به نحوه بود که عرض پشته‌ها و نه فاصله بین جویچه‌ها تغییر می‌کرد. اندازه‌گیری‌ها در دو جویچه کنار هم انجام شد. برای ایجاد شرایط نزدیکتر به آبیاری مزرعه و نفوذ دو بعدی متقارن، دو جویچه محافظ در دو طرف جویچه‌های اندازه‌گیری ایجاد شده بودند که طول، دبی، زمان قطع و سطح مقطع مشابه داشتند، ولی داده‌برداری در آنها انجام نمی‌شد. تمامی جویچه‌های شاهد و تیمار توسط یک شیارکن و با تغییر طول محور مرکزی اتصال به تراکتور که زاویه تماس بیلهای شیار بازکن را با زمین تغییر می‌دهد ایجاد شدند. با کم شدن زاویه تماس بیل با زمین سطح بیشتری از بال بیل در خاک درگیر شده که می‌تواند حجم بیشتری از خاک را جابجا کند و سبب پهن‌تر شدن شکل هندسی جویچه شود. این چهار جویچه به صورت بلوکی واحد همزمان آبیاری می‌شدند. شکل -۱ این تغییر سطح مقطع را بهتر نشان می‌دهد. نحوه گرفتن بلوک‌های آزمایشی در شکل -۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمونه جویچه‌های ایجاد شده در مزرعه



شکل ۲- نحوه ایجاد جویچه‌های آزمایشی، محافظ و فاصله بین بلوک‌های آزمایشی

تیمارهای مختلف برای یافتن بهترین طول تغییر سطح مقطع ایجاد شد. تغییرات سطح مقطع برای نصف و $\frac{1}{4}$ طول جویچه انجام شد. جدول (۱) بلوک‌های شاهد و آزمایشی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ترتیب جویچه‌های آزمایشی

آبیاری دوم (m^3)		آبیاری اول (m^3)			نام گذاری	تیمارها
خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	شیب (m/m)		
۲/۱۸۲	۴/۲۳۶	۱/۸۳۰	۵/۶۵۵	۰/۰۰۸۵	NARROW	از ابتدا تا انتها باریک
۱/۹۸۵	۴/۲۱۸	۱/۱۶۴	۵/۵۲۶	۰/۰۰۹۲	30N90W	۳۰ متر اول باریک ۹۰ متر دوم پهن
۲/۲۴۹	۴/۳۲۷	۱/۵۵۰	۵/۲۲۰	۰/۰۰۹۱	60N60W	۶۰ متر اول باریک ۶۰ متر دوم پهن
۲/۱۶۵	۵/۶۶۲	۱/۳۸۸	۷/۰۷۴	۰/۰۰۹۴	WIDE	از ابتدا تا انتها پهن
۲/۷۰۱	۵/۵۰۳	۲/۹۸۷	۷/۱۷۹	۰/۰۰۹۵	30W90N	۳۰ متر اول پهن ۹۰ متر دوم باریک
۲/۶۹۴	۵/۶۶۱	۲/۶۹۹	۷/۱۸۷	۰/۰۰۹۵	60W60N	۶۰ متر اول پهن ۶۰ متر دوم باریک

همچنین در تمام موارد آزمایش دو نوبت آبیاری انجام شد تا تاثیر تغییرات سطح مقطع در آبیاری دوم که عموماً سطح مقطع تثبیت شده‌تری می‌باشند، دیده شود. در حین و بعد از آبیاری پارامترهای قابل اندازه‌گیری آبیاری اندازه گرفته شده که شامل موارد زیر بود:

۱- اندازه‌گیری زمان پیشروی و پسروی در هر پنج متر طول جویچه

۲- اندازه‌گیری دبی ورودی و خروجی

۳- اندازه‌گیری شکل هندسی جویچه قبل و بعد از هر نوبت آبیاری در هر ده متر طول جویچه و یک متر قبل و بعد از محل تغییر سطح مقطع و اندازه‌گیری سطح عرض فوقانی و عمق جریان در مدت آبیاری

برخی از عوامل موثر در روند آبیاری مانند شیب و بافت خاک غیر قابل تغییر یا بسیار پر هزینه برای تغییر بودند که صرفاً به اندازه‌گیری آنها بسنده شد. شیب را برای هر ده متر طول جویچه (بوسیله دوربین نقشه‌برداری) محاسبه شد. بافت خاک مزرعه با نمونه‌برداری در نقاط و اعماق مختلف زمین یکنواخت فرض گردید. با استفاده از مخازن کنترل‌کننده سطح آب نوسانات ایجاد شده از دبی توسط پمپی که آب را از کانال بالا دست مزرعه برداشت می‌کرد کنترل می‌شد و در ضمن هر گونه تغییرات دبی ورودی در ابتدای جویچه‌ها با دو فلوم قرائت می‌گردید. در ابتدا و انتهای جویچه‌ها فلوم‌های تیپ II از نوع WSC که برای اندازه‌گیری دبی بین ۰/۰۳ – ۳/۶ L/s ساخته شده‌اند، نصب شد.

دبی ورودی از مهمترین عوامل طراحی آبیاری جویچه‌ای است. هر چه مقدار دبی ورودی بیشتر باشد، مرحله پیشروی زودتر تمام خواهد شد. جداول و روابطی برای یافتن حداکثر دبی غیر فرسایشی وجود دارد. اما توصیه می‌شود که با یافتن تخمینی از دبی ورودی، آنرا به همراه چند دبی نزدیک به آن انتخاب و در مزرعه آزمایش تا بهترین دبی با توجه به شرایط انتخاب گردد [15]. هولزاپفل و همکاران نیز در تحقیقی که دو مقطع بزرگ و کوچک جویچه را برای یافتن پارامترهای نفوذ بررسی می‌کردند با شیب

طولی ۰/۰۰۵۴ برای جویچه پهن ۱/۴ و برای جویچه باریک ۱/۰۷ L/S را انتخاب کردند [5]. مشابه روش آنها برای مزرعه مورد آزمایش در شیب عمومی ۰/۰۰۹۳ دبی ۱/۳ L/S برای جویچه‌های ابتدا پهن ۱ L/S برای جویچه‌های ابتدا باریک مناسب تشخیص داده شد.

شکل هندسی جویچه‌ها هر ده متر از طول و یک متر قبل و بعد از تغییر سطح مقطع با نیمرخ‌سنج جویچه‌ای قرائت شد و با روش ذوزنقه‌ای واکر – اسکوگربو (۱۹۸۷) که در اکثر مدل‌ها آبیاری جویچه‌ای مورد استفاده می‌باشد [13، 14 و16]، پارامترهای هیدرولیکی مورد نیاز محاسبه گردید. سه تعریف سطح مقطع عبارتند از:

$$A_o = \sigma_1 y^{\sigma_2} \qquad (۱)$$

که در آن y = عمق جویچه (m)، A_o = مساحت سطح مقطع جریان (m^2) ، σ_1 و σ_2 = عوامل هندسی

$$A_o{}^2 R^{3/4} = \rho_1 A_o{}^{\rho_2} \qquad (۲)$$

که در آن R = شعاع هیدرولیکی (m)، ρ_1 و ρ_2 = عوامل هیدرولیکی

$$WP = \gamma_1 y^{\gamma_2} \qquad (۳)$$

که در آن WP = محیط خیس شده (m) می باشند؛ γ_1 و γ_2 ضرایب تجربی می‌باشند [15 و 13].

شبیه‌سازی جریان هیدرولیکی بر اساس قانون بقای جرم و موازنه حجم انجام شد که معادله نفوذ را از داده‌های مرحله پیشروی بدست می‌آورند. پارامترهای معادله کوستیاکف- لویس که مرسومترین و ساده‌ترین معادله مورد استفاده در آبیاری جویچه‌ای می‌باشد، با دو روش یک نقطه‌ای [11] و دو نقطه‌ای [5 و15] محاسبه گردید. در نهایت آبیاری‌های انجام شده به سه روش زیر ارزیابی شدند.

الف- توزیع یکنواختی: متوسط عمق آب نفوذ در چارک پایین تقسیم بر متوسط عمق آب نفوذ کرده در طول مزرعه می‌باشد. گاهی کمترین عمق نفوذ را بر عمق متوسط نفوذ تقسیم می‌کنند که به آن توزیع یکنواختی واقعی می‌گویند. اندازه‌گیری ضریب یکنواختی با نمونه‌برداری از خاک برای تعیین افزایش رطوبت و استفاده از ضریب کریستیانسن در آبیاری جویچه‌ای کاری دشوار است و محدود به آزمایشات خاص می‌باشد. معمولا با بدست آوردن رابطه نفوذ برای جویچه عمق نفوذ را برای هر نطقه در طول محاسبه می‌کنند. از این داده‌ها می‌توان ضریب یکنواختی را محاسبه کرد.

ب- نسبت نفوذ: نسبت حجم آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه به مقدار آب ورودی به مزرعه می‌باشد [13]. بدلیل انجام آزمایش در شرایط بدون کشت محاسبه بازده کاربرد بدلیل نداشت عمق مورد نیاز آبیاری مقدور نبود، بنابراین از رابطه – ۴ نسبت نفوذ محاسبه گردید.

$$Ea = \frac{V_{\inf}}{V_{in}} 100 \qquad (۴)$$

پ- نسبت رواناب: نسبت حجم رواناب تولید شده به حجم آب ورودی می‌باشد. این نسبت از رابطه - ۵ محاسبه می‌شود [13].

$$R_{tw} = \frac{V_{out}}{V_{in}} 100 \qquad (۵)$$

نتایج و بحث

مشخصات شکل هندسی جویچه

برای محاسبه پارامترهای سطح مقطع جریان ابعاد شکل هندسی مورد نیاز است که از داده‌های قرائت شده شکل هندسی بعد از آبیاری و عمق جریان در حین آبیاری استفاده شد. میانگین اعداد آن برای هر بخش در جدول - ۲ آورده شده است. که در آن علامت ($\pm$) میانگین خطا[1] می‌باشد.

با توجه به اعداد این جدول تغییر ابعاد سطح مقطع جریان در هر بخش مشخص می‌شود. تغییرات ابعاد در آبیاری دوم به مراتب کمتر از آبیاری اول بود. عوامل هیدرولیکی و هندسی و ضرایب تجربی با با استفاده از نرم افزار NRSC-SURFACE محاسبه گردید [7]. جهت اختصار اعداد مربوط به آبیاری دوم در جدول (۲) آورده نشده است.

پیشروی

در این تحقیق، تلاش شد که تاثیر این عوامل به غیر از تغییرات سطح مقطع به حداقل رسانده شود. مدت زمان پیشروی در جدول (۳) آورده شده است. در آبیاری اول با افزایش طول پهن‌شدگی در انتهای جویچه برای ۹۰ و ۶۰ متر به ترتیب ۱۹/۸۵٪ و ۷/۲۰٪ افزایش زمان پیشروی نسبت به جویچه‌ای که مقطع ثابت باریک دارد ؛ مشاهده گردید. برعکس این مطلب با افزایش طول باریک شدگی در انتهای جویچه زمان پیشروی کاهش یافت. برای ۹۰ و۶۰ متر طول باریک شدگی در انتهای جویچه به ترتیب ۱۶/۲۰٪ و ۴/۵۵٪ کاهش در زمان پیشروی مشاهده گردید. این روند در آبیاری دوم نیز که بعد از هفت روز برای هر جویچه تکرار شد، مشاهده گردید. ولی میزان تغییرات آن کمتر و مقدار میانگین زمان پیشروی در حدود نصف زمان میانگین پیشروی در آبیاری اول گردید.

1- Absolute distribution uniformity = $\frac{1}{n}\sum\left|x-\bar{x}\right|$

جدول ۲- مشخصات شکل هندسی و پارامترهای لازم برای محاسبات شبیه‌سازی

تیمارها		آبیاری اول										آبیاری دوم
		عمق جریان	عرض سطح	عرض میانه	عرض کف	ρ_1	ρ_2	σ_1	σ_2	γ_1	γ_2	سطح مقطع
NARROW		۰/۷ ± ۳/۴۴	۲/۲ ± ۱۶/۴۲	۲/۹ ± ۱۲/۳۲	۱/۸۹ ± ۵/۰۷	۰/۹۳۵	۲/۸۵۲	۰/۵۱۵	۱/۳۸۳	۱/۱۴۹	۰/۵۰۰	۴۸/۱۵۳ ± ۱۶/۱۰۴	۳۶/۴۲۰ ± ۱۰/۱۷۳
30N90	بخش اول	۰/۳۵ ± ۳/۳	۱/۳۷ ± ۱۵/۲۵	۲/۰۳ ± ۱۱/۳۷	۲/۳۷ ± ۷/۶۲	۰/۶۹۹	۲/۸۱۶	۰/۲۹۹	۱/۲۸۲	۱/۰۹۸	۰/۵۰۵	۳۹/۷۴۸ ± ۴/۱۸۰	۲۶/۴۳۲ ± ۳/۹۰۰
	بخش دوم	۰/۶۳ ± ۳/۴۸	۱/۶ ± ۱۷	۱/۶۸ ± ۱۳/۵۷	۱/۵۵ ± ۹/۱	۰/۸۵۵	۲/۸۷۵	۰/۳۱۴	۱/۲۴۰	۰/۹۶۵	۰/۴۳۱	۵۰/۵۰۱ ± ۱۴/۴۲۴	۳۴/۹۷۲ ± ۸/۹۸۷
60N60W	بخش اول	۰/۹۲ ± ۳/۴۸	۲/۰۴ ± ۱۷	۲/۴۲ ± ۱۳/۵۷	۳/۳ ± ۹/۱	۰/۶۹۷	۲/۸۱۴	۰/۴۶۷	۱/۳۷۶	۱/۴۵۲	۰/۵۲۲	۵۰/۳۹۷ ± ۱۷/۶۳۰	۳۵/۴۵۵ ± ۷/۳۰۶
	بخش دوم	۰/۵ ± ۳/۷۵	۱/۹۷ ± ۲/۶۴	۳/۰۴ ± ۱۶/۴۶	۳/۸۴ ± ۱۰/۶۷	۰/۸۵۲	۲/۸۸۶	۰/۴۰۳	۱/۲۷۲	۱/۱۳۵	۰/۴۳۴	۵۹/۳۲۲ ± ۱۵/۹۳۷	۳۲/۸۹۶ ± ۳/۹۵۲
WIDE		۰/۶۹ ± ۳/۲۶	۳/۱۶ ± ۲۱/۶۱	۳/۴۲ ± ۱۷/۴	۴/۵۴ ± ۱۱/۹۶	۰/۸۷۰	۲/۹۱۰	۰/۴۱۸	۱/۲۵۲	۱/۰۶۳	۰/۴۱۰	۵۹/۴۲۰ ± ۱۹/۱۷۸	۳۵/۲۷۳ ± ۹/۸۵۰
30W90N	بخش اول	۳/۴۷ ± ۲/۴۵	۳ ± ۲۰/۲۵	۲/۸۷ ± ۱۶	۳/۹ ± ۱۲/۸۱	۰/۸۵۶	۲/۸۰۶	۰/۳۶۴	۱/۱۹۲	۱/۱۳۱	۰/۳۸۸	۴۸/۷۱۵ ± ۱۱/۴۳۳	۳۴/۰۰۶ ± ۷/۷۹۷
	بخش دوم	۰/۴ ± ۳/۰۵	۲/۱۷ ± ۱۶/۲۵	۲/۸۵ ± ۱۲	۳/۲ ± ۷/۴	۰/۸۰۳	۲/۸۲۰	۰/۴۲۹	۱/۳۴۲	۱/۷۱۰	۰/۵۳۶	۴۱/۹۳۳ ± ۷/۱۹۸	۳۵/۹۶۲ ± ۸/۸۸۴
60W60N	بخش اول	۰/۵۶ ± ۳/۰۱	۲/۷۵ ± ۲۰/۵۷	۲/۸۸ ± ۱۵/۳۵	۳/۲۱ ± ۸/۶	۰/۹۳۴	۲/۹۰۲	۰/۴۳۷	۱/۳۳۹	۰/۹۹۸	۰/۴۳۳	۵۳/۹۵۴ ± ۱۳/۸۷۹	۳۵/۴۶۶ ± ۹/۲۹۳
	بخش دوم	۰/۶۳ ± ۳/۳۲	۲/۵۱ ± ۱۵/۸۵	۲/۰۷ ± ۱۲/۳۲	۱/۶۹ ± ۵/۷۶	۱/۰۸۱	۲/۹۱۷	۰/۴۳۲	۱/۳۴۶	۰/۸۵۰	۰/۴۱۹	۴۷/۵۰۵ ± ۶/۵۵۲	۳۶/۹۵۸ ± ۸/۶۱۸

سطح مقطع با بعد (cm^2) و سایر اعداد به سانتیمتر می‌باشند.

جدول ۳- مشخصات نفوذ محاسبه شده برای آبیاری اول و ارزیابی جویچه‌های آزمایشی

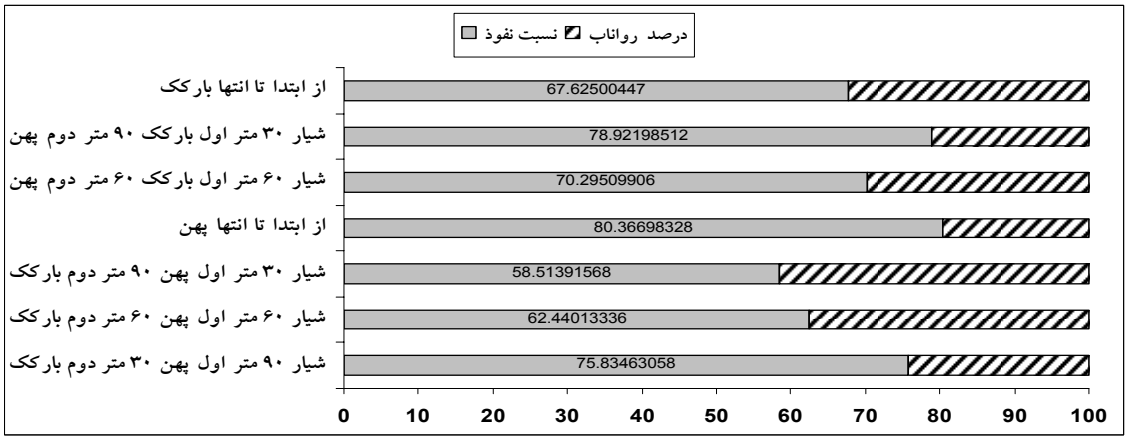
تیمارها	آبیاری اول										آبیاری دوم			
		دو نقطه‌ای			یک نقطه‌ای			ارزیابی				ارزیابی		
	پیشروی (دقیقه)	A	k	σ_z	a	K	σ_z	میانگین نفوذ (m)	DU (٪)	DU_a (٪)	پیشروی (دقیقه)	میانگین نفوذ (m)	DU (٪)	DU_a (٪)
NARROW	۲۸/۴	۰/۳۱۱	۰/۰۰۴۹۵	۰/۷۹۳	۰/۲۲۲	۰/۰۰۲۰۲	۰/۸۴۱	۰/۰۱۹۵	۹۷/۰۴	۹۵/۹۲	۱۴/۲	۰/۰۱۰۸	۹۸/۹۶	۹۸/۷۲
30N90W	۳۴/۱	۰/۴۲۰	۰/۰۰۴۱۴	۰/۷۵۹	۰/۳۱۸	۰/۰۰۰۶۸	۰/۸۰۴	۰/۰۲۶۳	۹۴/۳۳	۹۱/۶۷	۱۵/۱	۰/۰۱۹۳	۹۸/۰۵	۹۵/۹۴
60N60W	۳۰/۵	۰/۷۷۰	۰/۰۰۱۱۸	۰/۷۰۵	۰/۳۹۷	۰/۰۰۱۹۸	۰/۷۸۸	۰/۰۵۴۴	۹۰/۶۰	۸۶/۱۵	۱۴/۶	۰/۰۱۰۸	۹۸/۹۹	۹۷/۶۸
WIDE	۳۰	۰/۴۴۷	۰/۰۰۴۹۰	۰/۷۶۰	۰/۳۱۲	۰/۰۰۲۲۲	۰/۸۱۳	۰/۰۳۳۷	۹۵/۱۷	۹۲/۳۰	۱۳/۳	۰/۰۱۵۱	۹۹/۱۸	۹۸/۱۳
30W90N	۲۵/۱	۰/۳۸۳	۰/۰۰۵۰۰	۰/۷۷۵	۰/۲۸۷	۰/۰۰۲۴۳	۰/۸۱۸	۰/۰۲۷۳	۹۷/۰۲	۹۵/۳۱	۱۲/۸	۰/۰۱۴۲	۹۹/۰۱	۹۸/۴۸
60W60N	۲۸/۶	۰/۳۹۴	۰/۰۰۵۲۴	۰/۷۶۸	۰/۲۹۷	۰/۰۰۲۱۹	۰/۸۱۲	۰/۰۲۹۷	۹۶/۱۶	۹۳/۷۴	۱۲/۴	۰/۰۱۵۹	۹۹/۷۴	۹۸/۴۱
- واحد $m^2/min^a/m$: k														

نفوذ

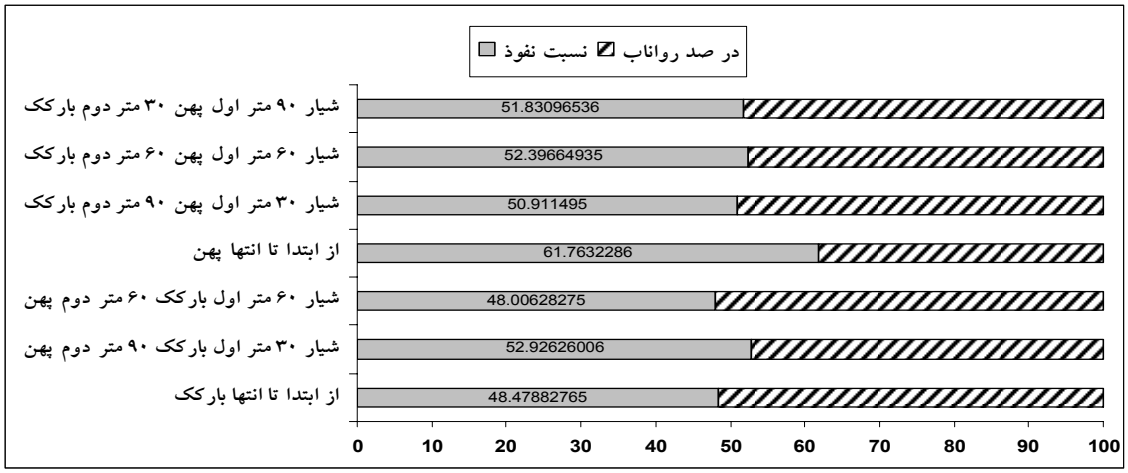
مقادیر ضرایب a، $k\,(m^3/m\min^a)$ و σ_z رابطه کوستیاکف از داده‌های پیشروی برای هر جویچه بوسیله روش‌های یک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای محاسبه گردید. نتایج این محاسبات برای آبیاری اول در جدول (۳) آورده شده است. اعداد جدول (۳) نشان می‌دهد که تغییر مقطع جریان در هر دو روش پهن شدگی سبب تغییرات زیادی در مقدار a در اثر باریک شدگی در انتهایی جویچه دیده می‌شود. همچنین مقدار این تغییرات در آبیاری دوم کمتر از آبیاری اول است. تغییرات در مقدار ضریب k بیشتر می‌باشد. پهن شدن انتهایی جویچه سبب کاهش و باریک شدگی سبب افزایش مقدار k می‌شود. مقدار فاکتور شکل ذخیره زیر سطحی σ_z در اثر تغییر سطح مقطع تغییر مشخصی نکرد و روش یک نقطه این مقدار را در تمام موارد بزرگتر از روش دو نقطه‌ای محاسبه می‌کند.

ارزیابی

دبی ورودی و خروجی هر جویچه توسط فلوم با زمان اندازه‌گیری شد، با انتگرال گرفتن از این گرافها با توجه به زمان می‌توان احجام آبهای ورودی و خروجی را محاسبه نمود. مقادیر محاسبه شده به صورت میانگینی از دو آزمایش در جدول - ۱ آورده شده است. همچنین از روابط ۵ و۶ نسبت نفوذ و رواناب محاسبه شد که در شکل‌های(۳) و (۴) نشان داده شده است.



شکل ۳- نسبت آب نفوذ کرده و رواناب در آبیاری اول میانگین دو جویچه آزمایشی



شکل ۴- نسبت آب نفوذ کرده و رواناب در آبیاری دوم میانگین دو جویچه آزمایشی

با استفاده از پارامترهای معادلات نفوذ بدست آمده از روش دو نقطه‌ای واکر – الیوت (۱۹۸۲) و محاسبه فرصت نفوذ برای هر ده متر طول جویچه از گرافهای پیشروی و پسروی عمق نفوذ محاسبه شد از این دو عمق آب نفوذ کرده در نقطه محاسبه شد و از آنها توزیع یکنواختی برای کل طول جویچه محاسبه گردید که مقادیر آن در جدول (۳) آورده شده است. ارقام جدول نشان می‌دهد که با پهن شدن انتهای جویچه توزیع یکنواختی کاهش می‌یابد و در باریک شدگی انتهای جویچه، نتیجه بر عکس می‌باشد. در آبیاری دوم تغییر چندانی در توزیع یکنواختی مشاهده نمی‌شود. همچنین بالا بودن مقدار توزیع یکنواختی محاسبه شده بدلیل کوتاه بودن طول جویچه‌های آزمایشی(۱۲۰ متر) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تاثیر تغییر سطح مقطع در طول جویچه بر روند آبیاری بررسی گردید. این تغییر به دو صورت پهن شدگی و باریک شدگی انتهای جویچه در طول‌های مختلف ایجاد شد. در خاک آزمایش (سیلتی لومی) بهترین گزینه جویچه‌ای می‌باشد که از ابتدا تا انتها پهن باشد. تغییرات در اثر دو عامل شیب و بافت خاک در مزرعه کنترل نشده بود که این دو عامل بر نتایج بدست آمده موثر بودند. بالا بودن توزیع یکنواختی مربوط به کوتاه بودن طول جویچه‌ها می‌باشد.

باریک شدن انتهای جویچه سبب کاهش زمان پیشروی (۵٪) و به تبع آن یکنواخت تر شدن فرصت نفوذ در طول جویچه گردید. سطح مقطع جریان کاهش (۱۱٪) پیدا نمود. این مقادیر در آبیاری دوم کاهش یافت. در آبیاری اول جویچه‌های با انتهای باریک حجم بیشتری (۳۸٪) آب ورودی را تخلیه نمودند. مقدار ضریب a معادله کوستیاکف در اثر باریک شدگی انتهایی جویچه کاهش یافت، اما باریک شدگی سبب افزایش مقدار

ضریب k گردید. مقدار فاکتور شکل ذخیره زیر سطحی σ_z در اثر تغییر سطح مقطع تغییر مشخصی پیدا نکرد. باریک شدن انتهای جویچه سبب افزایش توزیع یکنواختی شد.

پهن شدن انتهای جویچه سبب افزایش زمان پیشروی (۷٪) و کاهش یکنواختی فرصت نفوذ گردید. سطح مقطع جریان افزایش (۱۷٪) داشت. این تغییرات در آبیاری دوم کمتر بود. در آبیاری اول، جویچه‌های با انتهای پهن به نسبت طول پهن شدگی حجم کمتری (۳۰٪) از آب ورودی را تخلیه کردند. این مسئله سبب افزایش نسبت نفوذ شد. سبب تغییرات نامنظم در مقدار ضریب a معادله کوستیاکوف شد اما مقدار ضریب k کاهش پیدا کرد. مقدار فاکتور شکل ذخیره زیر سطحی σ_z در اثر تغییر سطح مقطع تغییر نکرد. پهن شدگی انتهای جویچه سبب کاهش توزیع یکنواختی گردید.

پیشنهاد می‌شود که تاثیر تغییر سطح مقطع جریان در اثر تغییرات شکل هندسی جویچه در خاک‌های با بافت‌ها و در شیب‌ها و طول‌های متفاوت و بلندتر بررسی گردد.

منابع

1. Bakker, D.M., Sherrard, J., and Plunkett, G. (2006). “Application efficiencies and furrow infiltration functions of irrigations in sugar cane in the Ord River Irrigation Area of North Western Australia and the scope for improvement.” Agri. Water Manag. 83, 162–172.
2. Bautista, E., and Wallender, W. W. (1993). “Numerical calculation of infiltration in furrow irrigation simulation models.” J. Irrig. Drain. Eng., 119, 286-294.
3. Childs, J. L., and Wallendr, W. W. (1993). “Spatial and seasonal variation of furrow infiltration.” J. Irrig. Drain. Eng., 119(1), 74-90.
4. Holden, J., Hussey, B., McDougall. A., Mallon, K., and Shannon, E. (1999). “Water check - improving irrigation efficiencies in the Queensland sugar industry.” Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol. 20, 110–115.
5. Holzapfel, E.A., Jara, J., Zuniga, l. M., Marino, A., Paredes, J., and Billib, M. (2004). “Infiltration parameters for furrow irrigation.” Agri. Water Manag. 68, 19-32.
6. Mailhol, J.C., Ruelle, P., and Popova, Z. (2006). “Simulation of furrow irrigation practices (SOFIP): A field-scale modeling of water management and crop yield for furrow irrigation.” Irig. Sci., 24(1), 37-48.
7. Nrcs surface irrigation simulation, evaluation and design software user manual (2004). NRCS National Engineering Handbook Part 623 irrigation.
8. Renault, D. and Wallender, W.W. (1994). “Furrow advance solution for stochastic infiltration properties.” J. Irrig. Drain. Eng., 120(3), 617-633.
9. Scaloppi, E. J., Merkley, G. P., and Willardson, L. S. (1995). “Intake parameters from advance and wetting phases of surface irrigation.” J. Irrig. Drain. Eng., 121(1), 57-70.
10. Schwankl, L. J., Raghuwanshi, N. S., and Wallender, W. W. (2000). “Furrow irrigation performance under spatially varying conditions.” J. Irrig. Drain. Eng., 126(6), 355-361

11. Shepard, J. S., Wallender, W. W., and Hopmans, J. W., (1993). “One-point method for estimating furrows infiltration.” Trans. ASAE, 36, 395–404
12. Trout, T. J. (1992). “Furrow flow velocity effect on hydraulic roughness.” J. Irrig. Drain. Eng., 118, 981–987.
13. Walker, W. R. (1989). “Guideline for desiging and evaluatin surface irrigation systems.” FAO.
Corporate doucument repository, http://www.fao.org/docrep/T0231E/t0231e00.HTM
14. Walker, W. R. (2003). “SIRMOD III Surface Irrigation Simulation Evaluation and Design; Guide and Technical Documentation.” Utah State University.
15. Walker, W. R., and Skogerboe, G. V. (1987). “Surface Irrigation: "Theory and Practice".” Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jeresy. 386 pp.
16. WINSRFR 1.0 User Manual-DRAFT 2006 U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Arid-Land Agricultural Research Center, 21881 N. Cardon Lane, Maricopa, AZ 85239. http://www.uswcl.ars.ag.gov/