

بهبود عملکرد آبیاری جویچه‌ای با تغییر سطح مقطع در طول جویچه

بیژن مجدزاده^{۱*}، تیمور سهرابی^۲ و فریبرز عباسی^۳

چکیده

آبیاری سطحی شناخته شده‌ترین نوع آبیاری در جهان و ایران است. در آبیاری جویچه‌ای به دلیل ایجاد رواناب، بازده مصرف آب بالا نیست. بهبود بازده با مسدود کردن انتهای جویچه احتمال سوختگی محصولات را به همراه دارد و روش‌های کنترل دبی ورودی نیازمند مهارت و ابزار پیچیده است. از متغیرهای قابل مدیریت، سطح مقطع جریان در جویچه می‌باشد. در دبی ثابت و سطح مقطع V شکل باریک سرعت پیشروی بیشتر و حجم نفوذ کمتر از سطح مقطع L شکل پهن است. برای تحقیق این اثر، جویچه‌های ۱۲۰ متری در خاک لوم سیلتی با دو شکل سطح مقطع متفاوت، در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در کرج احداث شد. سطح مقطع جویچه‌ها بوسیله یک شیاربازکن متصل به تراکتور بدون تعویض آن احداث شد. در دو نوبت آبیاری، داده‌برداری شد. نتایج نشان داد که، باریک شدن انتهای جویچه در آبیاری اول سبب کاهش ۵٪ در زمان پیشروی، ۳۶٪ در نسبت نفوذ و مقدار ضریب a معادله کوستیاکف شده و باعث افزایش ۱۰٪ در عمق جریان، ۱۹٪ در رطوبت خاک، ضریب k و ۴-۷٪ در توزیع یکنواختی می‌شود. با پهن شدن انتها نتایج عکس به دست آمد. کمترین رواناب (۱۹/۶٪ آب ورودی) در جویچه کاملاً پهن و جویچه‌های باریک که در انتها پهن شده است، تولید شد. تغییرات در آبیاری دوم کمتر بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، سطح مقطع متغیر جریان، توزیع یکنواختی، بازده مصرف آب.

ارجاع: مجدزاده موحد ب. سهرابی ت. و عباسی ف. ۱۳۹۰. بهبود عملکرد آبیاری جویچه‌ای با تغییر سطح مقطع در طول جویچه. مجله پژوهش آب ایران. ۵(۸): ۱۳-۲۲.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی دانشکده آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

۲- استاد گروه آبیاری و آبادانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج دانشگاه تهران

۳- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج)

*نویسنده مسئول: bijan_majd@hotmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۲/۲۷

مقدمه

آبیاری جویچه‌ای سازگارترین نوع آبیاری سطحی با توسعه کشاورزی مکانیزه است. در این روش به جای غرقاب کردن تمام سطح مزرعه، فقط آب درون جویچه‌ها جریان می‌یابد که در واحد عرض سبب کاهش مصرف آب در مقایسه با آبیاری کرتی و نواری می‌شود. طراحی شبکه آبیاری سطحی برای رسیدن به حداکثر بازده اقتصادی، شامل برآورد و گاهی بهینه‌کردن مقادیر اولیه (مشخصات نفوذ، ضریب زبری، شیب زمین، عرض پشته‌ها یا فاصله بین جویچه‌ها) برای تعیین و مدیریت متغیرها (دبی جریان، طول جویچه و زمان قطع) می‌باشد. روش‌های نوین آبیاری موجی، کابلی و کاهش دبی جریان، برای افزایش بازده نیازمند مهارت و وسایل دقیق است. معمولاً در محاسبات مشخصات نفوذ، سطح مقطع جریان و ضریب زبری را تمام سطح مزرعه ثابت در نظر می‌گیرند. اما این عوامل سبب تغییرات در مرحله پیشروی و اختلاف عمق آب نفوذ کرده در طول جویچه‌های مختلف یک مزرعه می‌شود (مایلهول و همکاران، ۲۰۰۶؛ چایلدرز و والندر، ۱۹۹۳). با توجه به رابطه بین فرصت نفوذ و حجم آب نفوذ یافته، اغلب تغییرات نفوذ تجمعی در جویچه‌ها را تنها با فرصت نفوذ شبیه‌سازی می‌کنند. اما با فرض محیط خیس شده ثابت، عمق نفوذ کمتری در ابتدای مزرعه و مقدار بیشتری را در انتهای مزرعه، نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده برآورد می‌شود (باتیستا و والندر ۱۹۹۳). تغییر در مشخصات خاک و بستر جریان سبب انحراف در نمودار سرعت پیشروی می‌گردد (رنالت و والندر، ۱۹۹۴). بنابراین می‌توان تمام تغییرات نفوذ را با تغییرات محیط خیس شده بیان کرد (اسکالویی و همکاران، ۱۹۹۵). با بررسی تأثیر دبی ورودی بر ضریب زبری، نشان داده شد که شکل و اندازه جویچه بر حجم آب نفوذ یافته مؤثر است و می‌تواند آن را افزایش دهد. زیرا مساحتی که آب با خاک در تماس است را کنترل می‌کنند (تروت، ۱۹۹۲). تغییرات تصادفی شکل هندسی جویچه سومین عامل مؤثر بر میانگین عمق نفوذ و یکنواختی توزیع می‌باشد که این مطلب نتیجه تأثیر مشترک دبی، نفوذ و شکل هندسی است (شوانکل و همکاران، ۲۰۰۰). هولدن و همکاران بیان کردند که مقطع V شکل باریک بازده کاربرد آبیاری بهتری نسبت به مقطع L شکل پهن دارد. آنها نشان دادند که مقطع

V شکل باریک اختلاف فرصت نفوذ را در طول جویچه کاهش می‌کند. چون آب در این جویچه‌ها سریعتر از مقطع L شکل به انتها می‌رسد (هولدن و همکاران، ۱۹۹۹). هولزایفل 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 (هولزایفل و همکاران، ۲۰۰۴). بیکر و همکاران نیز در ارزیابی مزارع آبیاری جویچه‌ای در خاکی رسی به تغییر مقطع جویچه از L شکل پهن به V شکل عمیق برخوردند که سبب پیشروی سریعتر و نفوذ کندتر نسبت به جویچه‌ای با مقطع ثابت L شکل پهن می‌شود (بیکر و همکاران، ۲۰۰۶).

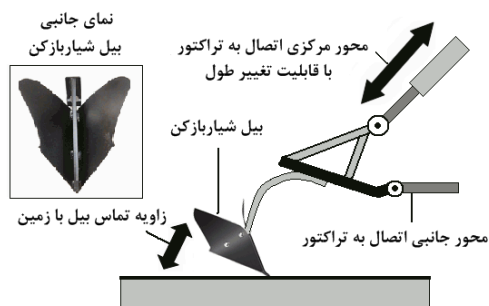
در طراحی آبیاری سطحی مقادیر اولیه مانند: شیب، ضریب زبری، سطح مقطع و مشخصات خاک عموماً ثابت در نظر گرفته می‌شوند. چون جویچه‌ها همیشه با یک شیار بازکن ایجاد می‌شود. سطح مقطع ثابت و یا در برخی مدل‌های شبیه‌سازی با توجه به زمان از شروع آبیاری و مکان از ابتدای جویچه متغیر فرض می‌شود. در این تحقیق طول جویچه به دو قسمت تقسیم شد و دو سطح مقطع متفاوت روی آن ایجاد شد و تأثیر تغییرات سطح مقطع جویچه بر پارامترهای آبیاری شامل: نفوذ، حجم رواناب، سرعت پیشروی، بازده کاربرد آب با ثابت نگه‌داشتن سایر عوامل مؤثر بررسی شد. هدف این تحقیق بررسی تغییرات سطح مقطع بر عملکرد آبیاری جویچه‌ای می‌باشد، تا امکان ارائه روشی مؤثر برای کاهش مصرف آب جستجو شود، به نحوی که نیازمند تغییر عمده‌ای در فرهنگ آبیاری کشاورزان نباشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج در تابستان ۱۳۸۵ انجام شد. منطقه دارای خاک لوم سیلتی (با میانگین ۳۱/۰۵٪ شن، ۴۷/۶۴٪ لوم و ۲۱/۳۱٪ رس) است و در طول جغرافیایی ۱۶' ۴۸" ۳۵° و عرض جغرافیایی ۱۴' ۵۷" ۵۰° واقع شده است. ابتدا از زمین نقشه‌برداری و شیب زمین تعیین شد. بعد از انجام شخم‌زنی و دو نوبت دیسک عمیق برای ایجاد خاکی یکنواخت جویچه‌های به طول ۱۲۰ متر در

چگونگی ایجاد جویچه‌ها

عموماً ابعاد جویچه بستگی زیادی به ابعاد و زاویه بیل شیاربازکن دارد. تمامی جویچه‌ها توسط یک شیاربازکن و با تغییر طول محور مرکزی اتصال به تراکتور که زاویه تماس بیل شیار بازکن را با زمین تغییر می‌دهد، ایجاد شدند. با کم شدن زاویه تماس بیل و زمین، سطح بیشتری از بال بیل در خاک درگیر شده که می‌تواند حجم بیشتری از خاک را جابه‌جا کند و سبب پهن‌تر شدن شکل هندسی جویچه شود. چگونگی تغییر زاویه در شکل ۲ بهتر نشان داده شده است. تغییر سطح مقطع جویچه‌ها به نحوی بود که در محل موردنظر با تغییر زاویه بیل شیاربازکن عرض پشته‌ها و نه فاصله بین جویچه‌ها تغییر می‌کرد. چهار تیمار برای یافتن بهترین طول تغییر سطح مقطع ایجاد شد. تغییرات سطح مقطع برای نصف و یک‌چهارم طول ابتدای جویچه اجرا شد. جدول ۱ بلوک‌های شاهد، آزمایشی و برخی مشخصات آنها را نشان می‌دهد.

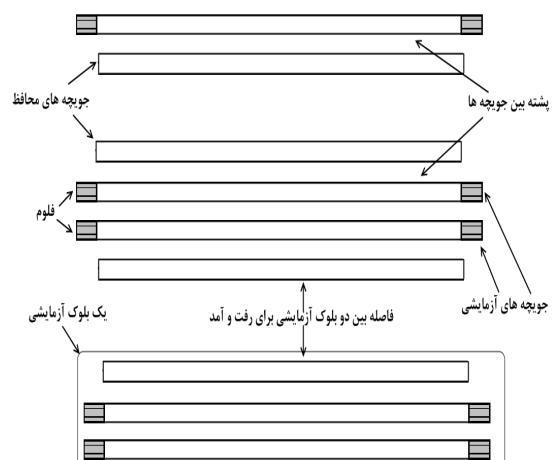
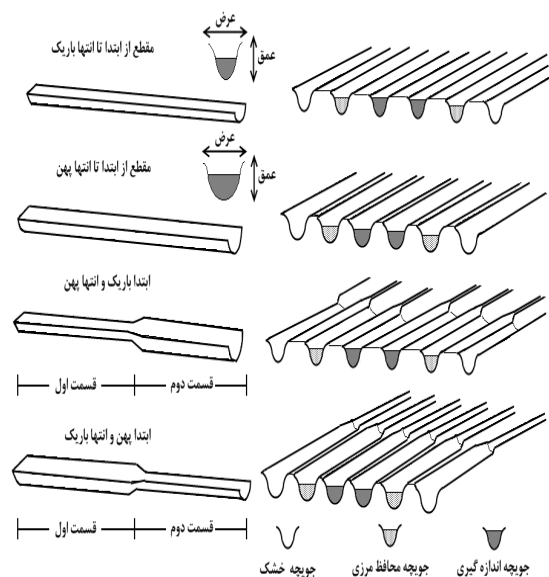


شکل ۲- نحوی ایجاد تغییر مقطع توسط بیل شیاربازکن

داده‌برداری

تمام تیمارها دو نوبت آبیاری شدند، تا تأثیر تغییرات سطح مقطع در آبیاری دوم که سطح مقطع تثبیت شده‌تر می‌باشد، دیده شود. پارامترها بدین شرح اندازه‌گیری شد: طول جویچه هر پنج متر نشانه‌گذاری گردید و با توجه به این تقسیم‌بندی منحنی زمان پیشروی و پسروی ترسیم شد، دبی ورودی و خروجی با فلوم، 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 عرض فوقانی و عمق جریان در مدت آبیاری. برخی از عوامل مؤثر در روند آبیاری مانند شیب و بافت خاک غیر قابل تغییر یا بسیار پرهزینه برای تغییر بودند که به اندازه‌گیری آنها بسنده شد.

حفر شد. برای ایجاد شرایط نزدیکتر به آبیاری مزرعه و نفوذ متقارن دو بعدی، چهار جویچه کنار هم در نظر گرفته شد که دو جویچه کناری نقش محافظ و شبیه‌سازی شرایط مزرعه را داشتند و اندازه‌گیری‌ها در دو جویچه میانی کنار هم انجام شد. این چهار جویچه به صورت بلوکی واحد با طول، دبی، زمان قطع و سطح مقطع مشابه و همزمان آبیاری می‌شدند. برای آزمایش‌ها چهار بلوک تیمار و دو بلوک شاهد در نظر گرفته شد. شکل ۱ ترتیب جویچه‌هایی که در آنها اندازه‌گیری انجام شده و جویچه‌های محافظ را نشان می‌دهد. همچنین بلوک‌های شاهد و تیمار با جویچه‌هایی با سطح مقطع ثابت و متغیر و نحوه قرار گرفتن هر بلوک آزمایشی را نشان داده است.



شکل ۱- نحوه ایجاد جویچه‌های آزمایشی، محافظ و فاصله بین بلوک‌های آزمایشی

جدول ۱- ترتیب جویچه‌های آزمایشی

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

* W حرف ابتدای کلمه لاتین پهن و N حرف ابتدای کلمه لاتین باریک می باشد، اعداد بیانگر متر طول پهن یا باریک بودن جویچه می‌باشند.

که در اکثر مدل‌های آبیاری جویچه‌ای استفاده می‌شود (واکر، ۱۹۸۹ واکر، ۲۰۰۳ و راهنمای نرم‌افزار WINSRFR، ۲۰۰۶)، پارامترهای هیدرولیکی مورد نیاز محاسبه شد. سه تعریف سطح مقطع مورد استفاده عبارتند از:

$$A_b = \sigma_1 y^{\sigma_2} \quad (1)$$

$$A_b^2 R^{3/4} = \rho_1 A_b \rho_2$$

$$WP = \gamma_1 y^{\gamma_2}$$

که در آن: y عمق جویچه (m)، A_b مساحت سطح مقطع جریان (m^2)، σ_1 و σ_2 پارامترهای تجربی، R شعاع هیدرولیکی (m)، ρ_1 و ρ_2 پارامترهای تجربی، WP محیط خیس شده (m) می‌باشند؛ γ_1 و γ_2 ضرایب تجربی (واکر و اسکوگرو، ۱۹۸۷ و واکر، ۱۹۸۹). شبیه‌سازی جریان هیدرولیکی براساس قانون بقای جرم و موازنه حجم توسط نرم‌افزار NRCS surface انجام شد که معادله نفوذ کوستیاکف-لویس، را از داده‌های مرحله پیشروی با روش دو نقطه‌ای (هولزایفل و همکاران ۲۰۰۴ و واکر و اسکوگرو ۱۹۸۷) به‌دست می‌آورند. روش یک نقطه‌ای (شیپارد و همکاران ۱۹۹۳) نیز از داده‌های پیشروی محاسبه شد. معادله کوستیاکف-لویس به‌صورت زیر است.

$$Z = kt^a + f_0 t \quad (2)$$

که در آن Z عمق آب نفوذ کرده در داخل خاک، k, a پارامترهای تجربی و f_0 مقدار نفوذ پایه از اختلاف دبی ورودی و خروجی جویچه محاسبه می‌شود. جویچه‌های آبیاری شده به سه روش زیر ارزیابی شدند.

با داده‌برداری از هر ده متر طول جویچه (به‌وسیله دوربین نقشه‌برداری) شیب کلی محاسبه شد. بافت خاک مزرعه با نمونه‌برداری در نقاط و اعماق مختلف زمین یکنواخت فرض گردید. آب برداشت شده توسط پمپ از کانال بالادست مزرعه به مخازن کنترل‌کننده نوسانات دبی با سطح آبی ثابت منتقل و سپس به لوله‌ای در ابتدای جویچه‌ها هدایت می‌گردید، در ابتدا و انتهای جویچه‌های آزمایشی فلوم‌های تیپ II از نوع WSC که برای اندازه‌گیری دبی بین ۰/۰۳ - ۳/۶ لیتر در ثانیه ساخته شده‌اند، مانند شکل ۲ نصب شد، و هرگونه تغییر دبی ورودی در ابتدای جویچه‌ها با دو فلوم قرائت می‌گردید، تا حجم دقیق آب ورودی و خروجی به‌دست آید. دبی ورودی از مهمترین عوامل طراحی آبیاری جویچه‌ای است. جداول و روابطی برای یافتن حداکثر دبی غیر فرسایشی وجود دارد. اما توصیه می‌شود با یافتن تخمینی از دبی ورودی، آن را به همراه چند دبی نزدیک به آن انتخاب و در مزرعه آزمایش شود تا بهترین دبی با توجه به شرایط انتخاب شود (واکر و اسکوگرو ۱۹۸۷). هولزایفل و همکاران (۲۰۰۴) 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 لیتر در ثانیه را انتخاب کردند. مشابه روش آنها برای مزرعه مورد آزمایش در شیب عمومی ۰/۰۰۹۳ دبی ۱/۳ لیتر در ثانیه برای جویچه‌های دارای ابتدا پهن، ۱ لیتر در ثانیه برای جویچه‌های دارای ابتدا باریک مناسب تشخیص داده شد. شکل هندسی جویچه‌ها با نیم‌رخ‌سنج جویچه‌ای قرائت شد و از روش ذوزنقه‌ای واکر و اسکوگرو (۱۹۸۷)

مؤثر بود که تغییر بزرگی در عمق جریان به وجود نیامد و فقط با پهن شدن جویچه عمق جریان کاهش و در اثر باریک شدن افزایش می‌یافت، این تغییرات عموماً کوچکتر از نیم سانتیمتر بودند. اما عرض سطح، میانه و کف جویچه‌ها به تناسب پهن و باریک شدن جویچه‌ها بزرگتر یا کوچکتر می‌شدند. همچنین این تغییرات سبب تغییر پارامترهای هیدرولیکی سطح مقطع جریان شد. پهن شدن سطح مقطع سبب افزایش ρ_1 به میزان ۲۲ درصدی در جویچه‌های ابتدا باریک و کاهش ۶ درصدی مقدار در جویچه‌های ابتدا پهن با باریک شدن انتها مشاهده شد، اما مقدار ρ_2 در هر حالت با تغییر سطح مقطع جریان افزایش اندکی حدود ۲ درصد می‌یابد. پارامترهای تجربی σ_1, σ_2 تغییرات منظمی در اثر این تغییر شکل نداشتند. ضرایب تجربی γ_1, γ_2 در اثر تغییر شکل هندسی در جویچه‌های ابتدا باریک با پهن شدن در انتها کاهش به میزان ۱۶ درصدی پیدا کردند، اما در اثر باریک شدن در جویچه‌های ابتدا پهن تغییرات منظمی نداشتند. با توجه به اعداد جدول ۲ و نتایج ارائه شده در این بخش، روش پیشنهادی برای تغییر سطح مقطع جویچه، تأثیری مشخص بر مقدار عددی پارامترهای هیدرولیکی مشخصات هندسی جویچه-ها دارد.

پیشروی، نفوذ و ارزیابی

با ایجاد شرایطی یکنواخت برای تمامی جویچه‌ها تأثیر عوامل مؤثر بر پیشروی جریان به غیر از تغییرات سطح مقطع جریان به حداقل رسانده شد. مدت زمان پیشروی در جدول ۳ و نمودار جبهه پیشروی در آبیاری در شکل 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 جویچه‌های شاهد که مقطع ثابت باریک دارد؛ مشاهده گردید. اما با افزایش طول باریک‌شدگی در انتهای برای ۹۰ و ۶۰ متر طول باریک‌شدگی 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، نیز مشاهده شد. ولی میزان تغییرات آن کمتر و مقدار میانگین زمان پیشروی در حدود نصف زمان پیشروی در آبیاری اول بود. تأثیر تغییر سطح مقطع جریان در سرعت پیشروی بهتر مشاهده می‌شود، سرعت پیشروی به روش رنالت و والندر محاسبه شد که نمودار سرعت

الف- توزیع یکنواختی چارک پایین: متوسط عمق آب نفوذ در چارک پایین تقسیم بر متوسط عمق آب نفوذ کرده در طول مزرعه است. اگر کمترین عمق نفوذ بر عمق متوسط نفوذ تقسیم شود، توزیع یکنواختی واقعی به دست می‌آید. اندازه‌گیری ضریب یکنواختی با نمونه‌برداری از خاک و تعیین افزایش رطوبت در آبیاری جویچه‌ای کاری دشوار است و معمولاً با به دست آوردن رابطه نفوذ برای جویچه عمق نفوذ را برای هر نقطه در طول محاسبه می‌کنند. از این داده‌ها می‌توان ضریب یکنواختی را محاسبه کرد.

ب- نسبت نفوذ: نسبت حجم آب ذخیره شده منطقه توسعه ریشه به آب ورودی به مزرعه است (واکر، ۱۹۸۹). آزمایش در شرایط بدون کشت انجام شد و به دلیل عدم وجود عمق مورد نیاز آبیاری محاسبه بازده کاربرد مقدور نبود. در رابطه ۳ E_a نسبت نفوذ به درصد و V_{inf} حجم آب نفوذ کرده در جویچه و V_{in} حجم آب ورودی به جویچه به متر مکعب می‌باشد.

$$Ea = \frac{V_{inf}}{V_{in}} \times 100 \quad (3)$$

پ- نسبت رواناب: نسبت حجم رواناب به حجم آب ورودی در معادله ۴ می‌باشد (واکر، ۱۹۸۹) که در آن R_{tw} نسبت رواناب به درصد V_{out} حجم آب خروجی از جویچه به متر مکعب است.

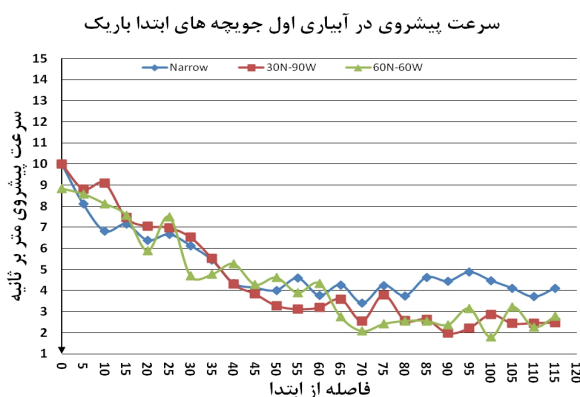
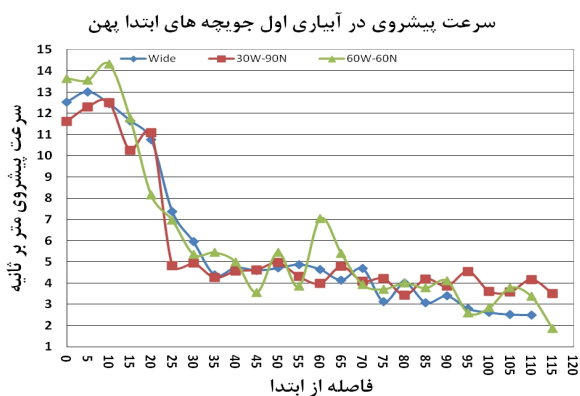
$$R_{tw} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100 \quad (4)$$

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 و میانگین آنها برای هر بخش در جدول ۲ آورده شده است. که در آن علامت (\pm) میانگین خطا^۱ می‌باشد. تغییرات ابعاد در آبیاری دوم به مراتب کمتر از آبیاری اول بود. عوامل هیدرولیکی و پارامترهای تجربی با استفاده از نرم‌افزار NRCS surface محاسبه شد (راهنمای نرم‌افزار NRCS surface ۲۰۰۴). برای اختصار اعداد مربوط به آبیاری دوم در جدول ۲ آورده نشده است. تغییر در شکل هندسی جویچه‌ها در ابعاد جویچه بدین گونه

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

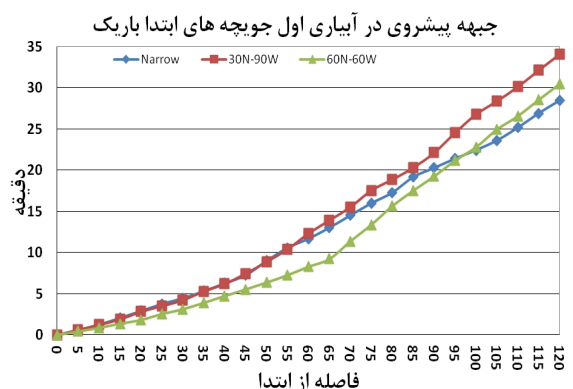
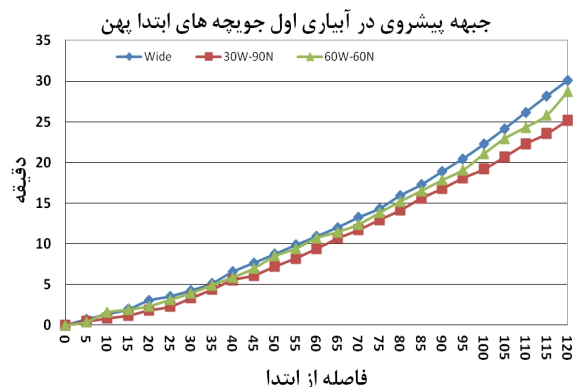


شکل ۴- سرعت پیشروی در آبیاری اول (میانگین دو جویچه آزمایشی)

همچنین از معادلات ۳ و ۴ نسبت نفوذ محاسبه شد که در شکل ۵ نشان داده شده است.

عمق نفوذ برای هر ده متر طول جویچه با استفاده از پارامترهای معادلات نفوذ به دست آمده از روش دو نقطه‌ای واکر - الیوت (۱۹۸۲) و فرصت نفوذ محاسبه شد، سپس توزیع یکنواختی محاسبه گردید که مقادیر آن در جدول ۳ آورده شده است. ارقام جدول نشان می‌دهد که با پهن شدن انتهای جویچه توزیع یکنواختی کاهش به میزان ۴ تا ۷ درصدی می‌یابد و در باریک شدن انتهای جویچه، نتیجه برعکس است. در آبیاری دوم تغییر چندانی در توزیع یکنواختی مشاهده نمی‌شود.

پیشروی در آبیاری اول در شکل ۴ آورده شده است (رنالت و والندر، ۱۹۹۶).



شکل ۳- جبهه پیشروی در آبیاری اول (میانگین دو جویچه آزمایشی)

مقادیر ضرایب k ، a و σ_z محاسبه و برای آبیاری اول در جدول ۳ آورده شده است. اعداد جدول ۳ نشان می‌دهد که تغییر مقطع جریان در هر دو روش هنگام پهن‌شدگی در انتهای جویچه سبب افزایش مقدار a در اثر باریک‌شدگی سبب کاهش می‌شود. همچنین مقدار این تغییرات در آبیاری دوم کمتر از آبیاری اول است. تغییرات ضریب k مشخصتر می‌باشد. پهن‌شدن انتهای جویچه سبب کاهش و باریک‌شدگی سبب افزایش مقدار k می‌شود. مقدار ضریب ذخیره زیر سطحی σ_z در اثر تغییر سطح مقطع تغییر مشخصی نکرد. تغییرات در روش یک نقطه برای تمام موارد بزرگتر از روش دو نقطه‌ای محاسبه شد. مقدار نفوذ پایه f_0 برای هر جویچه به صورت جداگانه از هیدروگرافهای ورودی و خروجی محاسبه شد. از این اعداد برای محاسبات به روش یک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای استفاده شد. تغییرات زیادی در مقدار نفوذ پایه جویچه‌ها دیده نمی‌شد. با انتگرال گرفتن از منحنی‌های دبی، احجام ورودی و خروجی محاسبه شد که به صورت میانگینی از دو جویچه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات شکل هندسی جویچه‌های آزمایشی

تیماها	عمق جریان (سانتیمتر)	عرض سطح (سانتیمتر)	عرض میانه (سانتیمتر)	عرض کف (سانتیمتر)	ρ_1	ρ_2	σ_1	σ_2	γ_1	γ_2	آبیاری اول	آبیاری دوم	
											سطح مقطع (cm^2)	سطح مقطع (cm^2)	
N	0.17 ± 0.03	2.2 ± 1.6	2.9 ± 1.2	1.8 ± 0.5	0.935	2.852	-0.1515	1/383	1/149	-0.500	48.1 ± 1.6	36.4 ± 1.0	
30N90W	بخش اول	0.13 ± 0.03	1.37 ± 1.5	2.0 ± 1.1	2.3 ± 0.7	0.699	2.816	-0.299	1/282	1/098	-0.505	39.7 ± 0.4	26.4 ± 0.3
	بخش دوم	0.16 ± 0.03	1.6 ± 1.7	1.6 ± 1.3	1.5 ± 0.9	0.855	2.875	-0.314	1/240	-0.965	-0.431	50.5 ± 1.4	34.9 ± 0.8
60N60W	بخش اول	0.19 ± 0.03	2.0 ± 1.7	2.4 ± 1.3	3.3 ± 0.9	0.697	2.814	-0.467	1/376	1/452	-0.522	50.3 ± 1.7	35.4 ± 0.7
	بخش دوم	0.15 ± 0.03	1.9 ± 2.0	3.0 ± 1.6	3.8 ± 1.0	0.852	2.886	-0.403	1/272	1/135	-0.434	59.3 ± 1.5	32.8 ± 0.3
W	0.16 ± 0.03	3.1 ± 2.1	3.4 ± 1.7	4.5 ± 1.1	0.870	2.910	-0.418	1/252	1/063	-0.410	59.4 ± 1.9	35.2 ± 0.9	
30W90N	بخش اول	0.14 ± 0.03	3 ± 2.0	2.8 ± 1.6	3.9 ± 1.2	0.856	2.806	-0.364	1/192	1/131	-0.388	48.7 ± 1.1	34.0 ± 0.7
	بخش دوم	0.14 ± 0.03	2.1 ± 1.6	2.8 ± 1.2	3.2 ± 0.7	0.803	2.820	-0.429	1/342	1/710	-0.536	41.9 ± 0.7	35.9 ± 0.8
60W60N	بخش اول	0.15 ± 0.03	2.7 ± 2.0	2.8 ± 1.5	3.2 ± 0.8	0.934	2.902	-0.437	1/339	-0.998	-0.433	52.9 ± 1.3	35.4 ± 0.9
	بخش دوم	0.16 ± 0.03	2.5 ± 1.5	2.0 ± 1.2	1.6 ± 0.7	1/081	2.917	-0.432	1/346	-0.850	-0.419	47.5 ± 0.5	36.9 ± 0.8

N-۱ مقطع باریک جویچه W-۲ مقطع پهن جویچه

جدول ۳- مشخصات پارامترهای نفوذ معادله کوستیاکف - لويس در جویچه‌های آزمایشی

تیماها	پیشروی (دقیقه)	a	k ($m^3/min^a/m$)	دو نقطه‌ای		یک نقطه‌ای		آبیاری اول			آبیاری دوم			
				σ_z	A	K ($m^3/min^a/m$)	σ_z	میانگین نفوذ (m)	DU ^۳ (%)	DU _a ^۴ (%)	پیشروی (دقیقه)	میانگین نفوذ (m)	DU (%)	DU _a (%)
N	28/4	-0.311	-0.0495	-0.793	-0.222	-0.0202	-0.841	-0.195	97/4	95/92	14/2	-0.108	98/96	98/72
30N90W	34/1	-0.420	-0.0414	-0.759	-0.318	-0.0068	-0.804	-0.263	94/33	91/67	15/1	-0.193	98/05	95/94
60N60W	30/5	-0.770	-0.0118	-0.705	-0.397	-0.0198	-0.788	-0.544	90/60	86/15	14/6	-0.108	98/99	97/68
W	30	-0.447	-0.0490	-0.760	-0.312	-0.0222	-0.813	-0.337	95/17	92/30	13/3	-0.151	99/18	98/13
30W90N	25/1	-0.383	-0.0500	-0.775	-0.287	-0.0243	-0.818	-0.273	97/02	95/31	12/8	-0.142	99/01	98/48
60W60N	28/6	-0.394	-0.0524	-0.768	-0.297	-0.0219	-0.812	-0.297	96/16	93/74	12/4	-0.159	99/74	98/41

DU_a-۴ توزیع یکنواختی واقعی

DU-۳ توزیع یکنواختی چارک پایین

W-۲ مقطع پهن جویچه

N-۱ مقطع باریک جویچه



شکل ۵- نسبت آب نفوذ کرده در دو آبیاری (میانگین دو جویچه آزمایشی)

تغییرات رطوبت بعد از آبیاری

تغییر رطوبت در جویچه‌ها با تغییر محیط خیس شده در هر بخش هماهنگ بود. اما به دلیل تغییر ساختمان و بافت خاک، نفوذ در طول جویچه روندی کاملاً منظم ندارد. میانگین افزایش رطوبت کل نقاط اندازه‌گیری شده در آبیاری اول جویچه‌های ابتدا باریک ۹/۶۸٪ و در جویچه‌های ابتدا پهن ۱۱/۶۸٪ می‌باشد. افزایش رطوبت در آبیاری دوم در تمامی موارد در حدود ۲۱ درصد کمتر از آبیاری اول بود. چرا که رطوبت پیش از آبیاری دوم در اثر آبیاری اول افزایش چشمگیری می‌کند. در آبیاری اول افزایش رطوبت در انتهای جویچه‌هایی که انتهایشان باریک شده بودند حدود ۱۹ درصد بیشتر بود، این مطلب را می‌توان به فرصت نفوذ نسبت داد. با توجه به اعداد جدول ۳ مربوط به پیشروی، این اختلاف مشخص می‌شود. اما به دلیل تعداد کم نقاط اندازه‌گیری (سه نقطه در طول و در سه عمق) نمودارها ارائه نشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تأثیر تغییر سطح مقطع در طول جویچه بر روند آبیاری که به دو صورت پهن شدگی و باریک شدگی انتهای جویچه که در طولهای مختلف ایجاد شد، بررسی گردید. دو سری آزمایش نسبت به دبی ورودی انجام شد، آزمایش اول با دبی ورودی ۱/۰۷ لیتر در ثانیه برای

جویچه‌هایی که ابتدایی باریک دارند و آزمایش دوم با دبی ورودی ۱/۴ لیتر در ثانیه برای جویچه‌هایی که ابتدایی پهن دارند. در مجموع دو آزمایش و خاک مورد آزمایش (سیلتی لومی)، بهترین گزینه جویچه‌ای است که از ابتدا تا انتها پهن باشد، چرا که بیشترین حجم آب نفوذ کرده را نسبت به سایر جویچه‌ها و توزیع یکنواختی مناسبی دارد. اما در آزمایش اول جویچه‌ای که دارای پهن شدگی در انتها می‌باشد، بهترین گزینه است که با وجود دبی ورودی کمتر حجم آب نفوذ کرده و توزیع یکنواختی بالایی را دارد. در مجموعه دو آزمایش بهترین پیشنهاد برای آبیاری همزمان تعداد مشابه‌ای جویچه، جویچه‌های می‌باشد که ابتدایی باریک و پهن شدگی در انتها دارند، چون دارای توزیع یکنواختی و نسبت نفوذ مناسب می‌باشند و حجم آب کمتری برای آبیاری کل مزرعه به نسبت سایر گزینه‌ها استفاده می‌کنند. بهترین محل برای تغییر شکل هندسی جویچه بعد از ربع اول طول است. از آنجا که پیدا کردن این طول عملاً مشکل می‌باشد، تغییر در نیمه طول جویچه‌ها پیشنهاد می‌شود. تغییرات دو عامل شیب و بافت خاک در مزرعه کنترل نشد. که این دو عامل بر نتایج به دست آمده مؤثر بودند. کوتاه بودن طول جویچه‌ها سبب بالا بودن توزیع یکنواختی گردید. باریک شدن انتهای جویچه سبب کاهش زمان پیشروی (۵/٪) و به تبع آن یکنواخت‌تر شدن فرصت نفوذ در طول جویچه شد، سطح

- 4- Holden J. Hussey B. McDougall. A. Mallon K. and Shannon E. 1999. Water check - improving irrigation efficiencies in the Queensland sugar industry. Proceeding of Australian Society Sugar Cane Technology. 20: 110-115.
- 5- Holzapfel E.A. Jara J. Zuniga I. M. Marino A. Paredes J. and Billib M. 2004. Infiltration parameters for furrow irrigation. Agricultural Water Management 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. Irrigation Science 24(1): 37-48.
- 7- NRCS. 2004. surface irrigation simulation, evaluation and design software user manual. NRCS National Engineering Handbook Part 623 irrigation.
- 8- Renault D. and Wallender W.W. 1994. Furrow advance solution for stochastic infiltration properties. Journal of Irrigation Drainage Engineering 120(3): 617-633.
- 9- Renault D. and Wallender W.W. 1996. Surface storage in furrow irrigation evaluation. Journal of Irrigation Drainage Engineering 123(6): 415-422.
- 10- Scaloppi E. J. Merkley G. P. and Willardson L. S. 1995. Intake parameters from advance and wetting phases of surface irrigation. Journal of Irrigation Drainage Engineering 121(1): 57-70.
- 11- Schwankl L. J. Raghuwanshi N. S. and Wallender W. W. 2000. Furrow irrigation performance under spatially varying conditions. Journal of Irrigation Drainage Engineering. 126(6): 355-361.
- 12- Shepard J. S. Wallender W. W. and Hopmans J. W. 1993. One-point method for estimating furrows infiltration. Trans action of the ASAE 36: 395-404.
- 13- Trout T. J. 1992. Furrow flow velocity effect on hydraulic roughness. Journal of Irrigation Drainage Engineering 118: 981-987.
- 14- Walker W. R. 1989. Guideline for designing and evaluatin surface irrigation systems. FAO. Corporate documents repository <http://www.fao.org/docrep/T0231E/t0231e00.htm>
- 15- Walker W. R. 2003. SIRMOD III Surface Irrigation Simulation Evaluation and Design; Guide and Technical Documentation. Utah State University.
- 16- Walker W. R. and Skogerboe G. V. 1987. Surface Irrigation: Theory and Practice. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 386 pp.
- 17- WINSRFR 1.0 User Manual-DRAFT 2006 U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Arid-Land Agricultural

مقطع جریان کاهش (۰.۱۱) پیدا کرد، این مقادیر در آبیاری دوم کاهش یافت. در آبیاری اول جویچه‌های با انتهای باریک حجم بیشتری (۰.۳۸) آب ورودی را تخلیه نمودند. مقدار ضریب a معادله کوستیاکوف در اثر باریک شدن انتهای جویچه کاهش یافت، اما سبب افزایش مقدار ضریب k گردید. مقدار ضریب شکل ذخیره زیر سطحی σ_z تغییر مشخصی پیدا نکرد و سبب افزایش توزیع یکنواختی شد.

پهن شدن انتهای جویچه سبب افزایش زمان پیشروی (۰.۷) و کاهش یکنواختی فرصت نفوذ گردید و سطح مقطع جریان افزایش (۰.۱۷) داشت. این تغییرات در آبیاری دوم کمتر بود. در آبیاری اول، جویچه‌های با انتهای پهن حجم کمتری (تا ۰.۳۰) از آب ورودی را تخلیه کردند. این مسئله سبب افزایش نسبت نفوذ شد. تغییرات نامنظم در مقدار ضریب a معادله کوستیاکوف به وجود آمد ولی مقدار ضریب k کاهش پیدا کرد. مقدار ضریب شکل ذخیره زیر سطحی σ_z در اثر تغییر سطح مقطع تغییر نکرد. پهن شدن انتهای جویچه سبب کاهش توزیع یکنواختی گردید. پیشنهاد می‌شود تأثیر تغییر سطح مقطع جریان در اثر تغییرات شکل هندسی جویچه در خاکهایی با بافتها و در شیبها و طولهای متفاوت و بلندتر بررسی گردد.

سپاس‌گزاری

این تحقیق در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد و هزینه‌های آن توسط دانشگاه تهران تحت عنوان پروژه علمی و پژوهشی پرداخت شد که بدین وسیله از آنها تشکر و قدرانی می‌شود.

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. Agricultural Water Management 83: 162-172.
- 2- Bautista E. and Wallender W. W. 1993. Numerical calculation of infiltration in furrow irrigation simulation models. Journal of Irrigation Drainage Engineering 119: 286-294.
- 3- Childs J. L. and Wallender W. W. 1993. Spatial and seasonal variation of furrow infiltration. Journal of Irrigation Drainage Engineering 119(1): 74-90.

Research Center, 21881 N. Cardon Lane,
Maricopa, AZ 5239.
<http://www.uswcl.ars.ag.gov>