

اثر شیب و دبی ورودی بر راندمان و یکنواختی توزیع آب در آبیاری جویچه‌ای نیشکر

مجید حمودی^۱، عباس ملکی^{۲*}، علی شینی دشتگل^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۱۲

چکیده

از میان روش‌های آبیاری سطحی، آبیاری جویچه‌ای متداول‌ترین و سازگارترین روش برای توسعه کشاورزی مکانیزه محسوب می‌شود. در این روش آبیاری عموماً شیب طولی جویچه‌ها یکنواخت و ثابت است و برای افزایش راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب و کاهش رواناب و نفوذ عمقی روش‌هایی همچون آبیاری موجی و کاهش دبی به کار می‌رود که همگی نیازمند به کار بردن تجهیزات خاص در دوره بهره‌برداری است. به‌منظور بررسی اثر متقابل شیب طولی و دبی ورودی در بافت خاک رسی سیلتی بر راندمان و یکنواختی توزیع آب آبیاری جویچه‌ای نیشکر، آزمایشی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در تابستان سال ۱۳۹۶ در کشت و صنعت سلمان فارسی اجرا گردید. فاکتور اصلی شیب طولی در سه سطح ۰/۴، ۰/۲ و ۰/۱ در هزار (S_{0.2}, S_{0.4}, S_{0.6}) و فاکتور فرعی دبی ورودی در سه سطح ۲/۵، ۲ و ۱/۵ لیتر بر ثانیه (Q_{1.5}, Q₂, Q_{2.5}) بود. نتایج نشان داد که اثر متقابل دو فاکتور، در شاخص زمان پیشروی آب معنی‌دار شد و تیمار (Q_{2.5}) در سطح سه شیب طولی حائز رتبه برتر است. در شاخص راندمان کاربرد آب اثر متقابل معنی‌دار نشده است. در شاخص یکنواختی توزیع آب، اثر متقابل در دو فاکتور معنی‌دار شد. با افزایش دبی ورودی به (Q_{2.5}) لیتر بر ثانیه در سه سطح شیب بالاترین یکنواختی توزیع آب به‌طور متوسط به میزان ۸۷ درصد بدست آمد، ولی در دیگر تیمارها، یکنواختی توزیع آب از حد قابل قبول بالاتر است. در تیمار فاکتور اصلی شیب طولی (S_{0.6}) و فاکتور فرعی دبی ورودی (Q_{1.5})، راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب به ترتیب ۸۵ و ۸۲ درصد به‌دست آمد که شیب طولی و دبی ورودی مذکور بدلیل دارا بودن راندمان و یکنواختی توزیع آب مطلوب در سیستم آبیاری جویچه‌ای اراضی نیشکر جنوب اهواز، قابل توصیه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: دبی ورودی، راندمان، شیب طولی، نیشکر و یکنواختی توزیع

مقدمه

عدم هم‌خوانی کامل شیب مزبور با شدت دبی ورودی به جویچه‌ها و عدم هم‌خوانی آنها با بافت خاک مزارع، باعث می‌شود که یکنواختی توزیع آب در طول جویچه‌ها تأمین نشده و در نتیجه یکنواختی توزیع آب و راندمان کاربرد کاهش می‌یابد. در سال‌های اخیر، در زمینه‌ی آبیاری جویچه‌ای پیشرفت‌های زیادی حاصل شده است که می‌توان به سهولت استفاده از لوله‌های درپچه‌دار (هیدروفلوم) در این روش آبیاری اشاره کرد. این روش، در سطح بیش از ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی زیر کشت نیشکر در استان خوزستان مورد استفاده قرار می‌گیرند. علی‌رغم تجهیز و نوسازی اراضی، این کشت و صنعت‌ها متهم به پایین بودن بازده آبیاری و تولید حجم زیادی از زه آب‌های کشاورزی هستند. بنابراین، اعمال مدیریت صحیح آبیاری با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد نیشکر از اهمیت خاصی برخوردار است (New L, 1971). مزارع نیشکری واحدهای هفت‌گانه شرکت توسعه نیشکر با روش جویچه‌ای انتها بسته و با عرض جویچه ۱/۸۳ متری و به‌طول ۲۵۰ متری آبیاری می‌شوند. به‌دلیل مشکلات تسطیح و غیریکنواختی آن و طبعاً غیریکنواختی شیب طولی جویچه و

روش آبیاری سطحی قدیمی‌ترین و در عین حال رایج‌ترین شیوه آبیاری در سراسر دنیا است. عدم یکنواختی و راندمان پایین در روش‌های آبیاری سنتی از جمله مشکلات رایج این روش آبیاری است. افزایش کارایی این روش با اجرای روش‌های مدیریتی بهینه مانند انتخاب صحیح دبی ورودی و زمان قطع جریان امکان‌پذیر است (Elliott et al., 1983). مزارع نیشکری واحدهای هفت‌گانه شرکت توسعه نیشکر با روش جویچه‌ای انتها بسته و با عرض جویچه ۱/۸۳ متری و به‌طول ۲۵۰ متری آبیاری می‌شوند. به‌دلیل مشکلات تسطیح و غیریکنواختی آن و طبعاً غیریکنواختی شیب طولی جویچه و

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه لرستان

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان

۳- رئیس اداره آبیاری و زهکشی مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر، دانشجوی

دکتری مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

(Email: dr.maleki38@yahoo.com)

*- نویسنده مسئول:

عدم هم‌خوانی کامل شیب مزبور با شدت جریان ورودی به جویچه‌ها و عدم هم‌خوانی آنها با بافت خاک مزارع، باعث می‌شود که یکنواختی توزیع آب در طول جویچه‌ها تأمین نشده و در نتیجه یکنواختی توزیع آب و راندمان کاربرد کاهش می‌یابد. تحقیقی در کشت و صنعت نیشکر امام خمینی (شعبیه) انجام شد و نتایج نشان داد که یکنواختی پروفیل رطوبتی و در پی آن یکنواختی توزیع آب در جویچه‌ها متأثر از دو عامل شیب کف جویچه‌ها و مقدار آب مصرفی (دبی و زمان آبیاری) است. راندمان یکنواختی توزیع آب در جویچه‌ها بین ۹۵ - ۸۱ درصد اعلام شد، آل کثیر و همکاران (۱۳۷۷). در تحقیقی اثر دبی جریان ورودی بر نفوذپذیری خاک در آبیاری جویچه‌ای نیشکر را در کشت و صنعت امیرکبیر مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که با افزایش دبی جریان ورودی از ۱ به ۱/۵ لیتر بر ثانیه، نفوذ تجمعی ۲۹/۴۲ درصد و با افزایش دبی جریان ورودی از ۱ به ۲ لیتر بر ثانیه، نفوذ تجمعی ۶۵ درصد افزایش داشت و به‌طور کلی مقدار متوسط تغییرات نفوذ در دبی جریان‌های مختلف از جویچه‌ای به جویچه دیگر ۲۵/۲۳ درصد است که قابل توجه بوده و در نظر نگرفتن آن باعث کاهش راندمان و توزیع یکنواختی در مزرعه می‌شود (ملکی و همکاران، ۱۳۸۳). تأثیر نوع شیب بر الگوی توزیع نفوذ آب در خاک در آبیاری جویچه‌ای را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که تیمار با شیب مقرر (کند شونده) دارای الگوی یکنواخت‌تر توزیع و نفوذ بیشتر بود (بخشی و همکاران، ۱۳۹۰). تأثیر شیب طولی متغیر جویچه در بافت خاک سیلتی‌لوم بر راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری جویچه‌ای را مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تیمار با شیب مقرر (کند شونده) با راندمان کاربرد و توزیع یکنواختی آب ۷۳ و ۹۲ درصد بهتر از تیمار شاهد تحت مدیریت یکسان بوده است (نوری امام‌زاده ائی و همکاران، ۱۳۹۳). تحقیقی با هدف ارزیابی وضعیت موجود و مدیریت آبیاری جویچه‌ای، شناخت نقاط ضعف و روش‌های بهبود مصرف آب در اراضی تحت کشت نیشکر خوزستان اجرا نموده‌اند. نتایج نشان داد که بازده کاربرد در مزارع مورد مطالعه به‌طور متوسط ۴۲/۵ درصد بود و یکنواختی توزیع آب در همه مزرعه تحت مطالعه زیاد و متوسط آن حدود ۹۲ درصد بود. تلفات آب در مزرعه به‌طور عمده ناشی از نفوذ عمقی بود (عباسی و شینی دشتگل، ۱۳۹۵). تحقیقی با هدف ارزیابی شاخص‌های عملکرد آبیاری جویچه‌ای با پوشش نیمه لوله پلی‌اتیلن سوراخ‌دار در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای معمولی در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای اجرا شد. در این پژوهش ارتباط میزان دبی عبوری از نیم لوله، شیب کف و مدت زمان کارکرد سیستم در مقایسه با حجم آب خروجی از سوراخ‌ها بررسی شد و نتایج نشان داد که بهترین یکنواختی توزیع آب، زمانی است که شیب ۲/۶۲ درصد، دبی ورودی ۳/۳۱ برابر دبی رواناب و مدت زمان کارکرد سیستم نیز ۳/۶۷ برابر زمان پیشروی باشد (صالحی و

همکاران، ۱۳۹۶). در مطالعات میدانی با هدف بررسی تغییرات حجم آبیاری، کاربرد کود و شیب در کشت ذرت با استفاده از آبیاری جویچه‌ای در یک خاک لومی‌رسی در منطقه شیبین‌الکوم، در شمال مصر انجام شد و نتایج نشان داد که عملکرد ذرت به میزان ۸/۹۰، ۵/۳۹ و ۵/۷۴ درصد در شیب جویچه ۰/۰۵ درصد و حجم ۵/۳۵ مترمکعب در هکتار نسبت به شیب ۰/۱ درصد و حجم ۱۰/۷۱ مترمکعب در هکتار افزایش یافت. همچنین عملکرد ذرت در استفاده از کود در زمان یک دوم میزان پیشروی آب در جویچه بیشتر از تیمار دیگر بود (Amer et al., 2017). در تحقیقی با هدف ارزیابی اثرات شیب، طول جویچه و دبی جریان آبیاری بر کارایی آبیاری و عملکرد نیشکر در اتیوبی انجام شد و نتایج نشان داد که اثر متقابل طول ۲۰۰ متری و دبی جریان ۶ لیتر بر ثانیه یکنواختی توزیع آب و عملکرد بهتری و شیب ۰/۰۸ درصد برای کشت نیشکر در اتیوبی توصیه می‌شود (Assefa et al., 2017). مسئله بهینه‌سازی پارامترهای طراحی آبیاری جویچه‌ای در تحقیقات زیادی مورد توجه محققان قرار گرفته است. در مطالعه‌ای در خصوص بهینه‌سازی آبیاری جویچه‌ای تحت شرایط اجرا شده در کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی با استفاده از نرم افزار WinSRFR، ده مقدار مختلف برای دبی ورودی و چهار مقدار مختلف برای شیب جویچه که مقادیر آن‌ها نزدیک به دبی و شیب‌های اجرا شده در کشت و صنعت نیشکر بود در نظر گرفته شد. بهینه‌ترین دبی ورودی شیب جویچه برای به‌دست آوردن بالاترین راندمان در شرایط اجرا شده در کشت و صنعت نیشکر به‌دست آمد (مرید نژاد و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه دیگری، در جهت افزایش راندمان و یکنواختی توزیع آب در آبیاری جویچه‌ای نیشکر، تعیین مقادیر بهینه پارامترهای طراحی آبیاری جویچه‌ای در اراضی مزارع نیشکر جنوب اهواز توسط مدل WinSRFR مورد انجام گرفت و طبق نتایج این تحقیق، برای آبیاری مزارع کشت و صنعت امیرکبیر بهترین گزینه برای جویچه انتها بسته به‌دست آمد (قهرمان نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیقی به‌منظور بهینه‌سازی آبیاری سطحی بر اساس متغیرهای آبیاری و هندسی جویچه با مدل SIRMOD انجام گرفت و نتایج نشان داد که در جویچه‌های مورد آزمایش با بافت خاک لوم شنی، با کفایت آبیاری ۱۰۰ درصد با انتخاب دبی ۱/۲ لیتر بر ثانیه و زمان قطع جریان ۱۷۰ دقیقه، یکنواختی توزیع آب و راندمان کاربرد به‌ترتیب ۸۴ و ۶۰ درصد می‌باشد (آزاد طلاتپه و همکاران، ۱۳۹۶). در حال حاضر مصرف بالای آب در زراعت نیشکر به دلیل دبی ورودی نامناسب و غیر هم‌خوان با شیب طولی جویچه و پایین بودن راندمان کاربرد آب و غیر یکنواختی توزیع آب، این امکان را به ما می‌دهد تا بتوانیم در میزان برخی عوامل تأثیرگذار در این خصوص دستکاری قابل توجهی بنماییم؛ لذا کنترل میزان آب مصرفی برای یک دوره رشد نیشکر و ارائه راه‌کارهای لازم در مدیریت آب از طریق افزایش یکنواختی توزیع آب و راندمان مصرف آب از ضروریات است. در این

از واحدهای هفت‌گانه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان است، به اجرا در آمد. وسعت این کشت و صنعت در حدود ۱۴۰۰۰ هکتار است که مساحت خالص اراضی آن ۱۲ هزار هکتار و بقیه کانال، جاده، ساختمان و کارخانه است که سالانه ۱۰۰۰۰ هکتار آن کشت می‌شود و ۲۰۰۰ هکتار آن در حال آیش و کشت مجدد است. منطقه مورد آزمایش دارای اقلیم گرم و نیمه‌خشک است. کشت و صنعت سلمان فارسی در ۴۵ کیلومتری جنوب اهواز واقع شده است که از شمال به کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی و از شرق به جاده اهواز - آبادان محدود می‌شود. موقعیت کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی نسبت به طرح‌های توسعه نیشکر پیرامون آن در شکل شماره (۱)، نشان داده شده است.

تحقیق، با ایجاد شیب‌های طولی متفاوت، دبی‌های ورودی مختلف در اراضی نیشکر، عملاً شرایط هیدرولیکی جریان طوری مدیریت و تنظیم می‌شود تا راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب بهتری را در طول جویچه داشته باشیم. هدف از این تحقیق، تعیین مطلوب‌ترین شیب طولی و دبی ورودی هم‌خوان با بافت خاک جهت افزایش راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب در آبیاری جویچه‌ای اراضی نیشکر جنوب اهواز انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در یکی از مزارع بدون کشت (آیش) کشت و صنعت نیشکری سلمان فارسی که یکی



شکل ۱- موقعیت کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی نسبت به کشت و صنعت‌های اطراف.

جدول ۱- مشخصات بافت خاک و جرم مخصوص ظاهری در سه عمق

ردیف	عمق (cm)	ظرفیت زراعی (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	رس	سیلت	شن	بافت خاک
۱	۰-۳۰	۲۱/۳۶	۱/۴۸	۴۲/۱۰	۴۲/۸۷	۱۵/۰۳	رسی سیلتی
۲	۳۰-۶۰	۲۱/۵۸	۱/۵۲	۴۴/۱۰	۴۲/۱۷	۱۳/۷۳	رسی سیلتی
۳	۶۰-۹۰	۲۱/۷۹	۱/۶۲	۴۴/۷۷	۴۲/۸۷	۱۲/۷۳	رسی سیلتی
میانگین	۰-۹۰	۲۱/۵۷	۱/۵۴	۴۳/۶۶	۴۲/۶۳	۱۳/۷۱	رسی سیلتی

عملیات صحرائی آزمایش مطابق شکل (۲) به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شیب طولی در سه سطح ۰/۶، ۰/۴ و ۰/۲ در هزار ($S_{0.2}$, $S_{0.4}$, $S_{0.6}$) و فاکتور فرعی دبی ورودی در سه سطح ۲/۵ و ۲ و ۱/۵ لیتر بر ثانیه ($Q_{1.5}$, Q_2 , $Q_{2.5}$) است. روش آبیاری جویچه‌ای انتها بسته بود که آب از طریق لوله‌های درپچه دار وارد جویچه‌ها می‌شد. مزرعه مورد مطالعه دارای سیستم زهکشی زیرزمینی است.

برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی خاک، قبل از شروع آزمایش از خاک مزرعه در سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نمونه‌های خاک تهیه شد. برای تهیه نمونه از مته نمونه‌برداری خاک (اگر^۱) استفاده شد. نتایج مربوط به ویژگی‌های فیزیکی خاک مزرعه در اعماق مختلف، در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

1- Auger

(امداد، ۱۳۸۷)، (Mostafazadeh, 1991) و (Elliot and Walker, 1982). چون در این آزمایش‌ها تأمین نیاز آبی هیچ گیاهی هدف نبوده است، لذا در اینجا dn عمق مورد نیاز (نیاز خالص) براساس رطوبت قبل از آبیاری، نقطه ظرفیت زراعی (f_c)، جرم مخصوص ظاهری (ρ_b)، بافت خاک مزرعه، d_{tz} عمق معادل توسعه ریشه گیاه نیشکر لحاظ گردید و dg عمق ناخالص آب از ضرب دبی ورودی در مدت زمان قطع جریان محاسبه گردید. برای تعیین شاخص‌های ارزیابی شامل راندمان کاربرد آب در مزرعه و راندمان یکنواختی توزیع آب از معادله‌های (۲) تا (۳) استفاده شد:

$$E_a = \frac{dn}{dg} \times 100 \quad (2)$$

$$DU = \frac{Zq}{Z} \times 100 \quad (3)$$

که در آن‌ها: E_a : راندمان کاربرد آب (درصد)، dn : عمق خالص آب مورد نیاز (میلی‌متر)، dg : عمق آب ورودی (نیاز ناخالص) (میلی‌متر)، Z : متوسط عمق آب نفوذ کرده در خاک (میلی‌متر) Zq : میانگین عمق آب نفوذ کرده در چارک پایین مزرعه (میلی‌متر) و DU : راندمان یکنواختی توزیع آب (درصد) هستند. تجزیه و تحلیل نتایج به کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD انجام شد.

طول جویچه‌ها ۲۴۰ متر و عرض جوی و پشته‌ها ۱۸۳ سانتی‌متر می‌باشند. هندسه جویچه‌ها در تمام تیمارها یکسان و مدیریت یکنواختی و مدت زمان آبیاری ثابت ۶ ساعته در هر کلیه تیمارها اعمال گردید. در تمام تیمارها، شیب جویچه اعمال شده با تبعیت از شیب عمومی واحد زراعی و اجرا شده در کشت و صنعت انتخاب گردید. پس از آماده‌سازی تیمارها و قبل از برداشت داده‌های صحرائی، یک دور عملیات آبیاری با دبی غیر فرسایشی برای تثبیت وضعیت عمومی انجام گردید. قبل از انجام عملیات آزمایش‌های مزرعه‌ای، با انجام میخ‌کوبی مسیر طولی جویچه، به فاصله‌ی ۱۰ متر میخ‌کوبی شد و دبی ورودی با فلوم‌های WSC تیپ ۳ (معادله ۱) اندازه‌گیری و محاسبه، داده‌های صحرائی شامل دبی ورودی، زمان پیشروی و زمان پسروی سنجش گردید (اشرفی و همکاران، ۱۳۷۵):

$$Q = 0.00372 \times H^{2.63} \quad (1)$$

که H ارتفاع آب در محل نصب اشل در فلوم برحسب سانتی‌متر و Q دبی جریان ورودی بر حسب لیتر بر ثانیه است. در این آزمایش‌ها، دبی ورودی در تمام طول آزمایش ثابت نگه داشته شد. پس از برداشت داده‌های صحرائی به روش دو نقطه‌ای (الیوت و واکر) ضرایب معادله کوستیاکف-لوئیس (f_0 و k, a) برآورد گردید. لازم به ذکر است که ارجحیت معادله کوستیاکف-لوئیس در استفاده از معادله‌های بیلان حجم توسط محققین متعددی به اثبات رسید

$Q_{2.5} = 1.5 \text{ l/s}$	$Q_2 = 2 \text{ l/s}$	$Q_{1.5} = 1.5 \text{ l/s}$	$Q_{2.5} = 1.5 \text{ l/s}$	$Q_2 = 2 \text{ l/s}$	$Q_{1.5} = 1.5 \text{ l/s}$	$Q_{2.5} = 1.5 \text{ l/s}$	$Q_2 = 2 \text{ l/s}$	$Q_{1.5} = 1.5 \text{ l/s}$
$S_{0.2} = 0.0002 \text{ m/m}$			$S_{0.4} = 0.0004 \text{ m/m}$			$S_{0.6} = 0.0006 \text{ m/m}$		

شکل ۲- مشخصات تیمارهای آزمایش

اختلاف معنی‌داری وجود دارد، اثر متقابل فاکتور اصلی و فرعی در یکنواختی توزیع آب و زمان پیشروی آب اختلاف معنی‌داری وجود دارد ولی در راندمان کاربرد آب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه آماری مندرج در جدول (۲) نشان می‌دهد که فاکتور اصلی شیب طولی در زمان پیشروی و یکنواختی توزیع آب اختلاف معنی‌داری وجود دارد، ولی فاکتور فرعی دبی ورودی در تمام صفات

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در آزمایش

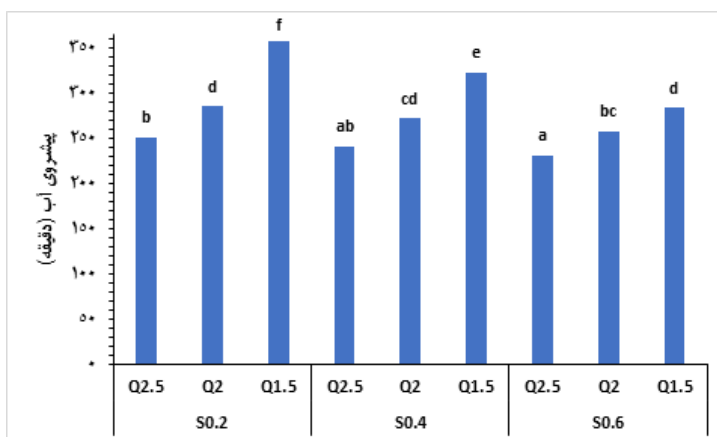
میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
یکنواختی توزیع آب (%)	راندمان کاربرد آب (%)	زمان پیشروی (دقیقه)		
۱۷/۰۷ ^{NS}	۲۰/۳۴ ^{**}	۱۷۰۳/۴*	۳	تکرار
۶۵/۵۸ ^{**}	۵۰/۳۶ ^{NS}	۵۰۰۴/۳ ^{**}	۲	شیب طولی
۱۰/۹۹	۲۷/۲۵	۳۱۳/۲	۶	خطا (الف)
۲۵۲/۵۸ ^{**}	۳۲۸۳/۰۲ ^{**}	۱۹۶۹۰/۷ ^{**}	۲	دبی ورودی
۲۲/۹۱*	۱/۲۳ ^{NS}	۸۴۹/۷ ^{**}	۴	اثر متقابل
۶/۳۲	۰/۶۱	۷۱/۷	۱۸	خطا (ب)
۳/۰۳	۱/۲۱	۳/۰۳	-	ضریب تغییرات (درصد)
۸۳	۶۴	۲۷۹	-	میانگین
۰/۶۶	۲/۰۰	۵/۶۴	-	انحراف معیار

NS، **، * : به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و معنی‌دار نشدن است.

زمان پیشروی آب

از نظر شاخص زمان پیشروی آب، اثر شیب طولی، دبی ورودی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). کمترین زمان پیشروی در تیمار شیب (S_{0.6}) و دبی ورودی (Q_{2.5}) به میزان ۲۳۱ دقیقه در جایگاه برتر و رتبه نخست را به خود اختصاص داد، در حالی که تیمارهای شیب (S_{0.4})، (S_{0.2}) در یک سطح دبی ورودی ۲/۵ لیتر بر ثانیه به ترتیب به میزان ۲۴۲ و ۲۵۲ دقیقه در رتبه دوم و سوم قرار گرفتند (شکل ۳). نتایج نشان می‌دهد که اثر متقابل شیب طولی

و دبی ورودی معنی‌دار شده است یعنی با افزایش شیب طولی و دبی ورودی، سرعت جریان بیشتر و زمان پیشروی آب در جویچه‌ها کاهش پیدا کرده است و باعث یکنواختی بیشتر توزیع آب خواهد شد. کاهش شیب طولی و دبی ورودی، زمان پیشروی زیاد می‌شود. تأخیر در تکمیل فاز پیشروی منجر به افزایش اختلاف فرصت نفوذ بین ابتدا و انتهای جویچه می‌گردد و به تبع آن عدم یکنواختی در توزیع عمقی رطوبت حاصل خواهد شد.



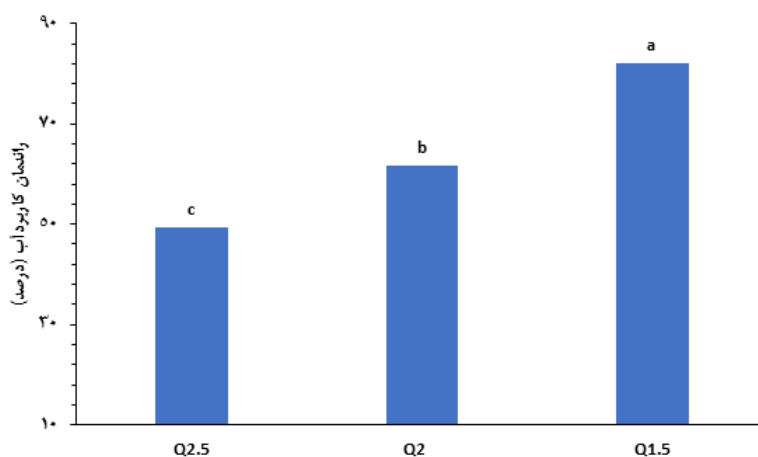
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل شیب طولی × دبی جریان ورودی در شاخص زمان پیشروی آب

راندمان کاربرد آب

از نظر شاخص راندمان کاربرد آب، اثر دبی ورودی در سطح یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر شیب طولی و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۲). معنی‌دار نشدن اثر متقابل شیب طولی و دبی ورودی به این معنی است که اثر دو فاکتور شیب طولی و اثر دبی ورودی تأثیر و تداخلی در روند تغییر راندمان کاربرد آب ندارند و در حقیقت هر دو فاکتور به موازات هم عمل می‌کنند. به عبارت دیگر، دو فاکتور اصلی و

فرعی روند تغییرات یکسانی دارند. در فاکتور اصلی شیب طولی همه تیمارها در یک سطح قرار گرفتند و هیچ تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها وجود نداشت و به میزان ۶۶/۵۸ و ۶۳/۵۸ و ۶۲/۶۷ درصد به ترتیب در سطح ۰/۶ و ۰/۲ و ۰/۴ است و در یک جایگاه قرار گرفتند. بررسی فاکتور فرعی دبی ورودی در تیمار (Q_{1.5}) به میزان ۸۲ درصد در رتبه نخست قرار دارد، و در تیمارها (Q₂) و (Q_{2.5}) به ترتیب ۶۱/۵۸ و ۴۹/۲۵ درصد در رتبه دوم و سوم قرار گرفتند (شکل ۴). به دلیل

نیشکر در شرایط اجرا شده در کشت و صنعت سلمان فارسی که ۱/۵ لیتر بر ثانیه بدست آوردند، همخوانی دارد. همچنین با نتایج قهرمان نژاد و همکاران (۱۳۹۵)، که بالاترین راندمان کاربرد بدست آمده در آبیاری جویچه انتها بسته کشت و صنعت نیشکری امیرکبیر در دبی ورودی ۱/۸ لیتر بر ثانیه است، همخوانی دارد.



شکل ۴- مقایسه میانگین راندمان کاربرد در سطح دبی ورودی مختلف

در آبیاری جویچه‌ای را با انتخاب دبی ۱/۲ لیتر بر ثانیه، بدست آمد، همخوانی دارد. همچنین با نتایج عباسی و شینی دشتگل، (۱۳۹۵) که در تحقیقی در مورد ارزیابی آبیاری جویچه‌ای نیشکر انجام دادند و نتایج نشان داد که یکنواختی توزیع آب در همه مزرعه تحت مطالعه زیاد و متوسط آن حدود ۹۲ درصد است، همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

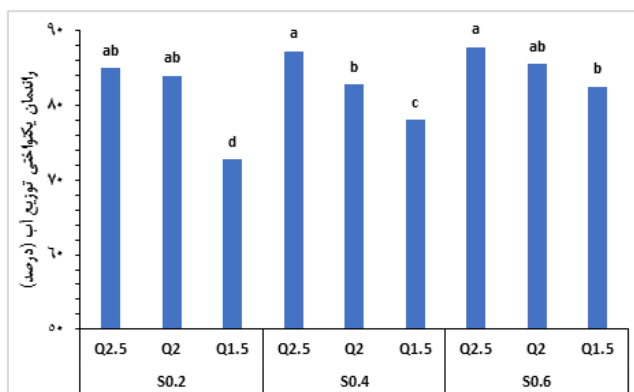
نتایج نشان داد که میانگین شاخص زمان پیشروی آب با مدت زمان ۲۳۱ دقیقه در تیمار فاکتور اصلی شیب طولی (S_{0.6}) و تیمار فاکتور فرعی دبی ورودی (Q_{2.5}) کمترین زمان پیشروی در بین تیمارها داراست که نشانگر اثر متقابل دو فاکتور روی زمان پیشروی معنی‌دار است و با افزایش شیب طولی و میزان دبی ورودی، زمان پیشروی آب کمتر شده و باعث توزیع مناسب یکنواختی آب در طول جویچه خواهد شد. شاخص اثرات متقابل راندمان کاربرد آب، معنی‌دار نشده است ولی بیشترین راندمان کاربرد در شیب (S_{0.6})، دبی ورودی (Q_{1.5}) به میزان ۸۵ درصد است. بیشترین یکنواختی توزیع آب در تیمار دبی ورودی (Q_{2.5}) در سه سطح شیب طولی می‌باشد که به‌طور متوسط ۸۶/۶۷ درصد است. افزایش دبی ورودی به جویچه کمک می‌کند تا مرحله پیشروی سریع‌تر انجام شود و در نهایت یکنواختی بیشتر توزیع آب را باعث گردد. توصیه می‌گردد که برای بررسی دیگر اثرات مثبت سیستم آبیاری جویچه‌ای نیشکر با شیب

راندمان یکنواختی توزیع آب

یکنواختی توزیع آب، شاخصی است که وضعیت توزیع آب را در مزرعه نشان می‌دهد. از نظر شاخص یکنواختی توزیع آب، اثر شیب طولی، اثر دبی ورودی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر متقابل، فاکتور فرعی دبی ورودی با سطح ۲/۵ لیتر بر ثانیه در هر سه سطح فاکتور اصلی شیب طولی بالا بوده و به‌طور متوسط به میزان ۸۶/۶۷ درصد و در رتبه نخست نسبت به دیگر تیمارها است. کمترین یکنواختی توزیع آب مربوط به فاکتور اصلی شیب طولی در تیمار (S_{0.2}) و فاکتور فرعی دبی ورودی تیمار (Q_{1.5}) است که به میزان ۷۲/۷۵ درصد است (شکل ۵). علت این امر زیاد بودن زمان پیشروی آب در طول جویچه و یکنواخت نبودن نفوذ آب در طول جویچه است، میزان یکنواختی توزیع آب این تیمار نسبت به دیگر تیمارها کمتر است. کاهش یکنواختی توزیع آب نسبی است ولی مقادیر شاخص یکنواختی همه تیمارهای آزمایشی از ۶۷ درصد یکنواختی توزیع آب که عموماً "قابل قبول" نیست، (Hart and Heermann, 1976). بالاتر هستند. با نتایج آل‌کثیر و همکاران (۱۳۷۷)، که راندمان توزیع آب در جویچه‌ها را از ۹۵ - ۸۱ درصد گزارش کردند، همخوانی دارد. نتایج آنها نشان داد که یکنواختی پروفیل رطوبتی و یکنواختی توزیع آب در جویچه‌ها در آبیاری جویچه‌ای نیشکر متأثر از دو عامل شیب جویچه‌ها و مقدار آب مصرفی (دبی و زمان آبیاری) است و همچنین با نتایج آزاد پلاتپه و همکاران، (۱۳۹۶) که اظهار نمودند، یکنواختی توزیع آب ۸۴ درصد

کشت شده انجام شود.

طولی و دبی های ورودی متفاوت، آزمایش‌های مشابهی در مزارع نیشکر، با خصوصیات متفاوت خاک (بافت) دیگر مزارع و در زمین



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل شیب طولی × دبی جریان ورودی در شاخص راندمان یکنواختی توزیع آب

علمی کشاورزی). ۳۷. ۴: ۱- ۹.

منابع

عباسی، ف و شینی دشتگل، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی و بهبود مدیریت آبیاری جویچه‌ای در اراضی تحت کشت نیشکر خوزستان، نشریه دانش آب و خاک. ۴/۲۶: ۱۰۹ - ۱۲۱.

ملکی، ع، برمندنسب، س، بهزاد، م، ناصری، ع. ع. ۱۳۸۳. بررسی تغییرات مکانی و زمانی نفوذ در آبیاری جویچه‌ای در اراضی نیشکر جنوب اهواز، رساله دوره دکتری، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۴۵ صفحه.

قهرمان نژاد، م، برومندنسب، س، شینی دشتگل، ع. ۱۳۹۵. تعیین مقادیر بهینه پارامترهای طراحی آبیاری جویچه‌ای توسط مدل WinSRFR 3.1 (مطالعه موردی: مزارع نیشکر جنوب اهواز)، نشریه دانش آب و خاک. ۲۶: ۱۱۷ - ۱۳۰.

صالحی، ع، محسنی موحد، س، ا، مظفری، ج. ۱۳۹۶. ارزیابی شاخص‌های عملکرد آبیاری جویچه‌ای با پوشش نیم لوله پلی اتیلن سوراخ‌دار در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای معمول، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۴.۵: ۲۶۷-۲۵۵.

مرید نژاد، ع، ر، کاوئی دیلمی، ر، سعدی، ع. ۱۳۸۹. بهینه سازی آبیاری شیاری تحت شرایط اجرا شده در کشت و صنعت سلمان فارسی با استفاده از نرم افزار WinSRFR 3.1، سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب، ۱۰ الی ۱۲ اسفند، اهواز.

Amer, K. H., Samak, A. A. and Hegazi, E. H. 2017. Managing furrow irrigation method in corn small holdings: Journal irrigation and drainage, Misr J. Ag. Eng., 34 (1): 137 – 156

Assefa, S., Kedir, Y and Alamirew, T. 2017. Effects of

اشرفی، ش، حیدری، ن، عباسی، ف. ۱۳۷۵. طراحی، ساخت و واسنجی فلوم WSC، دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور، تهران. ۲۰۶ - ۲۱۶.

امداد، م، ۱۳۸۷. انتخاب معادله نفوذ مناسب با استفاده از معادله‌های بیلان حجمی در آبیاری جویچه‌ای. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. بهمن ماه، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

آزاد طلا تپه، ن، رضوردی نژاد، و، بشارت، س، بهمنش، ج، اشرف صدر الدینی، ع. ۱۳۹۶. بهینه‌سازی سیستم آبیاری موجی بر اساس متغیرهای آبیاری و هندسی جویچه با مدل SIRMOLD، مجله مدیریت آب و آبیاری. ۱۷: ۱۵۱-۱۶۶.

آل کثیر، ج، ماکنالی، ن، شهرپور، ر، موسوی، ا، ولدی، ا. ۱۳۷۷. بررسی کاربرد مقادیر مختلف آب آبیاری (دبی و زمان‌های مختلف آبیاری در ۹ تیمار) بر روی پروفیل رطوبتی، روند رشد، عملکرد نهایی محصول و کیفیت شهد نیشکر در سطح وسیع، سری مقالات نیشکر و تازه‌های جهانی، شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی (اداره مطالعات کاربردی کشت و صنعت امام خمینی).

بخشی، و، نوری امامزاده‌ی، م، ر، طباطبایی، ح، مرادی باصری، ح. ۱۳۹۰. تأثیر نوع شیب جویچه بر الگوی توزیع آب در خاک، دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، ۱۴-۱۲ شهریور ماه، تبریز.

نوری امامزاده‌ی، م، ر، بخشی، و، طباطبایی، س. ح. ۱۳۹۳. تأثیر شیب طولی متغیر جویچه بر راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری جویچه‌ای، مجله علوم و مهندسی آبیاری (مجله

- Water Distribution of Sprinkler Irrigation Systems. Technical Bulletin. No. 128. Colorado State University.
- Mostafazadeh Fard, B. 1991. Determination of Kostiakov-Lewis infiltration function parameters using volume balance equation for a furrow irrigation field at Isfahan. *Journal of Agricultural Science and Technology (JAST)*, 5(1): 101-112.
- New, L. 1971. Influence of alternate furrow irrigation and time of application on grain sorghum production. Texas Agricultural State Program Report No 2953.
- slopes, furrow lengths and Inflow rates on irrigation performances and yield of sugarcane plantation at metehara, Ethiopia. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*. 6:1
- Elliot, R. L., and Walker, W. R. 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 25(2):396-400.
- Elliott, R.L., Walker, W.R. and Skogerboe, G.V. 1983. Infiltration parameters from furrow irrigation advance data. *Trans. ASAE*, 26(6):1726-1731.
- Hart, W. E. and Heermann, D. F. 1976. Evaluating

Interaction of Slope and Input Flow on Efficiency and Uniformity of Water Distribution in Furrow Irrigation of Sugarcane

M. hamoodi¹, A. Maleki^{2*}, A. sheini dashtgol³

Recived: Sep.04, 2018

Accepted: Nov.03, 2018

Abstract

Among the surface irrigation methods, furrow irrigation is the most common and adapted method to mechanization for agricultural system. In this irrigation method longitudinal slope of furrow is uniform and constant. To increase application efficiency, more uniformity of water distribution and reducing runoff and deep percolation, techniques such as wave irrigation and reduced discharge is applied that all need special equipment. In order to investigate the interaction of longitudinal slope and input flow in clay-silt soil texture on the efficiency and uniformity of water distribution in sugarcane furrow irrigation, a split plot experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications in summer of 2017 in Salman Farsi agro-industry. The main factor of longitudinal slope was in three levels 0.2, 0.4 and 0.6 ($S_{0.2}$, $S_{0.4}$, $S_{0.6}$) per thousand, and sub factor of input flow in levels 1.5, 2 and 2.5 ($Q_{1.5}$, Q_2 , $Q_{2.5}$) liters per second. The results showed that the interaction of two factors in the index of water advancement time was significant and ($Q_{2.5}$) treatments was the highest rank in the 3-slope level. Interaction effect in the index of water efficiency was not significant. For the Index of uniformity of water distribution, interaction of two factors was significant. With increasing input flow to $Q_{2.5}$ (liters/s) at three levels of slope, the highest uniformity of water distribution was obtained 87%, but in other treatments the uniformity of water distribution was higher than acceptable level. At slope ($S_{0.6}$) and input flow ($Q_{1.5}$) treatments, the application efficiency and uniformity of water distribution were 85% and 82%, respectively. So $S_{0.6}$ longitudinal slope and input flow are recommended because of optimal efficiency and uniformity of water distribution in furrow irrigation of sugarcane fields of Ahwaz.

Keywords: Input flow, efficiency, Longitudinal Slope, sugarcane and uniformity of distribution

1- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, University of Lorestan

2- Author and Assistant Professor., University of Loresta

3- Head boss of Irrigation and Drainage Administration, Sugar Research and Training Institute, Ph.D. Student of Irrigation and Drainage of Shahid Chamran University of Ahwaz.

(*- Corresponding Author Email: dr.maleki38 @yahoo.com)