مجله پژوهش آب ایران
سال ششم/ شماره یازدهم/ پاییز و زمستان ۱۳۹۱ (۲۷-۳۴)

بهینه‌یابی طول جویچه و دبی جریان در آبیاری جویچه‌ای

مریم نوابیان[۱*] و مهرناز مسلمی کوچصفهانی[۲]

چکیده

آبیاری جویچه‌ای رایج‌ترین روش آبیاری است که بهینه کردن پارامترهای طراحی و مدیریتی آن برای دستیابی به راندمان بالا، اهمیت زیادی دارد. در این تحقیق با استفاده از مفهوم شبیه‌سازی- بهینه‌یابی، روش جدیدی برای تعیین طول و دبی بهینه جویچه تحت سه روش جریان پیوسته، کاهشی و موجی ارایه شد و با داده‌های صحرایی در خاک لوم رسی بررسی شد. برای بررسی اثر بافت خاک بر نتایج بهینه‌یابی، مراحل بهینه‌یابی در بافت‌های خاک لوم شنی و رسی تکرار شد. در بافت خاک لوم رسی برای روش کاهش جریان طول بهینه جویچه بیشتر از دو روش دیگر بود. روش موجی نسبت به دو روش دیگر دبی جریان ورودی بیشتر و طول جویچه کوتاه‌تر برای دستیابی به حداکثر راندمان نیاز داشت. همچنین بررسی روند تغییرات طول بهینه و راندمان آبیاری، نسبت به دبی نشان داد که در روش پیوسته، با افزایش دبی جریان، راندمان آبیاری کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج بررسی اثر نوع تابع هدف بر مقادیر بهینه طول جویچه، تابع هدف شامل راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع و یا رواناب و نفوذعمقی توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، پیوسته، راندمان، طول بهینه جویچه، کاهشی، موجی.

ارجاع: نوابیان م. و مسلمی کوچصفهانی م. ۱۳۹۱. بهینه‌یابی طول جویچه و دبی جریان در آبیاری جویچه‌ای. مجله پژوهش آب ایران. ۶(۱۱):۲۷-۳۴.

Archive of SID

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.
*** نویسنده مسئول:** navabian@guilan.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش:۱۳۹۰/۱۲/۲۱

www.SID.ir

مقدمه

آبیاری جویچه‌ای از قدیمی‌ترین روش‌های آبیاری سطحی است که در آن شکل هندسی، طول جویچه، فاصله بین جویچه، دبی جریان، زمان و شیب مزرعه، درجه خودکار شدن و مدیریت خوب تأثیر زیادی دارند. در آبیاری جویچه‌ای روش‌های مدیریتی متفاوتی را می‌توان به کار برد که بسته به نوع، مدت زمان و حجم آب مورد نیاز برای تأمین عمق آب مورد نیاز، متفاوت است. روش‌های جریان پیوسته[1]، کاهشی[2] و موجی[3] علاوه بر تفاوت‌هایی در درجه خودکار بودن، نیروی انسانی مورد نیاز و روش طراحی، عملکردهای متفاوتی در برابر تغییرات طول جویچه در دبی‌های یکسان ارایه می‌دهد (NRCS، ۲۰۰۳)[4]. تحلیل حساسیت پارامترهای طراحی و مدیریتی آبیاری جویچه‌ای، نشان می‌دهد که دبی جریان ورودی به جویچه و طول جویچه بر عملکرد سیستم آبیاری در روش‌های جریان پیوسته، کاهشی و موجی تأثیر به سزایی دارد (زریهان و همکاران، ۱۹۹۶). در روش سنتی، طول جویچه با توجه به شیب مزرعه، بافت خاک، دبی جریان ورودی به جویچه و روش آبیاری تعیین می‌شود (NRCS، ۲۰۰۳). بوهر (۱۹۷۴) با در نظر گرفتن شیب مزرعه، حداکثر دبی در دسترس، متوسط عمق آبیاری و بافت خاک، طول جویچه را بر اساس تجارب زارعین به دست آورد. با استفاده از روابط هیدرولیکی و بر اساس اصول دینامیکی سیالات، حداکثر طول مجاز جویچه‌ها برحسب شیب مزرعه، عمق آب آبیاری و بافت خاک در جدولی توسط مؤسسه حفاظت خاک آمریکا ارایه شده است. برای حل این مجموعه معادلات روشی نموداری نیز ارایه شده است که هر نمودار مربوط به حالت خاصی از شماره منحنی نفوذ، عمق آبیاری، شیب مزرعه، ضریب زبری مانینگ و فاصله بین جویچه‌ها است. گسترش مدل‌های شبیه‌سازی آبیاری جویچه‌ای در روش‌های مختلف، در کنار توسعه مفاهیم و مدل‌های بهینه‌سازی، امکان بهینه‌سازی پارامترهای طراحی از جمله طول جویچه را با توجه به اثرات متقابل پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد آبیاری فراهم ساخته است که می‌تواند بر عملکرد سیستم آبیاری نقش مؤثری داشته باشد. یزدی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از مدل موازنه حجم، مشخصات جویچه، محدوده مجاز دبی جریان و طول جویچه، مقادیر بهینه دبی جریان، طول جویچه، زمان پیشروی و زمان قطع جریان را با استفاده از تابع هدف زیر (معادله ۱) ارایه دادند:

$$Minimize: FF = (1 - E_a) + (1 - E_r) + DPR + TWR \qquad (۱)$$

که در آن، E_a، E_r، DPR و TWR به ترتیب راندمان کاربرد، راندمان ذخیره، نفوذ عمقی و رواناب هستند.

برای تعیین طول جویچه، ویو و لیانگ (۱۹۷۰) روش تعیین طول بهینه اقتصادی با توجه به بهینه‌یابی هزینه سیستم آبیاری را ارایه دادند. بهینه‌یابی اقتصادی طول جویچه با توجه به نوسانات هزینه‌های آبیاری در سال‌های مختلف نمی‌تواند طول مشخصی از جویچه ارایه کند. بنابراین بهینه‌یابی اقتصادی در مقایسه با بهینه‌یابی با استفاده از شاخص‌های آبیاری کارآیی کمتری دارد.

تعیین طول بهینه جویچه بر اساس حداکثر راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب، علاوه بر تأمین عمق مورد نیاز آبیاری، منجر به توزیع یکنواخت‌تر آب در طول جویچه خواهد شد. با توجه به پیچیدگی تعیین طول بهینه جویچه در روش‌های مختلف جریان (پیوسته، کاهشی و موجی)، در این تحقیق تعیین طول بهینه جویچه با استفاده از مدل شبیه‌سازی- بهینه‌یابی با هدف حداکثر کردن راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب در روش‌های مختلف جریان در بافت خاک لوم رسی، رسی و لوم شنی مدنظر قرار گرفت. برای بررسی تأثیر نوع تابع هدف بر مقادیر بهینه‌یابی، توابع هدف متفاوت شامل رواناب، نفوذ عمقی و یکنواختی توزیع آب تعریف و از شبیه‌سازی- بهینه‌یابی، مقادیر بهینه طول جویچه محاسبه و ارزیابی شدند. هدف از این تحقیق، ارایه طول بهینه جویچه و مناسب‌ترین روش آبیاری جویچه‌ای با توجه به طول مزرعه و دبی در دسترس است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق پارامترهای طول جویچه و دبی جریان به عنوان متغیرهای تصمیم انتخاب و مقادیر بهینه آن‌ها با استفاده از مدل شبیه‌سازی- بهینه‌یابی برآورد شدند.

در مدل اول، هدف مدل بهینه‌یابی حداکثر کردن راندمان کاربرد (AE) و یکنواختی توزیع آب (EU) است که به صورت زیر تعریف شد:

Model 1

Maximize : AE+ED (۲)

$$AE = 100\frac{V_{rz}}{V_{in}} \qquad (۳)$$

1- Continuous
2- Cutback
3- Surge
4- Natural Resources Conservation Service

Archive of SID

www.SID.ir

$$EU = \sum_{i=1}^{n} 100\left[1 - \frac{y_i}{d}\right] \quad (۴)$$

که در آن، V_{rz} حجم آب آبیاری ذخیره شده در ناحیه توسعه ریشه (m^3)، V_{in} حجم آب کاربردی (m^3)، d میانگین عمق آب ذخیره شده در طول آبیاری (m)، n تعداد نقاط مشاهداتی و y_i قدر مطلق انحراف عمق آب ذخیره شده از میانگین عمق آب ذخیره شده (m) هستند.

برای تعریف قیود مدل بهینه‌یابی، حدود مجاز متغیرهای تصمیم دبی ورودی (۰/۴ و ۴ لیتر بر ثانیه) و طول جویچه (۵۰ و ۵۵۰ متر) انتخاب شدند. مقادیر حداقل و حداکثر دبی جریان ورودی با توجه به شیب مزرعه و حداکثر دبی غیرفرسایشی (بوهر،۱۹۷۶)، و مقادیر حداقل و حداکثر طول جویچه با استفاده از جدول‌های طراحی بر اساس بافت خاک و شیب مزرعه تعیین شدند. برای رعایت کفایت آبیاری در شبیه‌سازی گزینه‌های مختلف، داده‌های منجر به عدم اعمال عمق مورد نیاز آبیاری در انتهای جویچه در دبی‌های جریان ورودی کم یا طول جویچه زیاد، از مجموع داده‌ها حذف شدند.

برای شبیه‌سازی شاخص‌های تابع هدف مدل بهینه‌یابی، از مدل شبیه‌ساز آبیاری سطحی NRCS-SURFACE نسخه ۲۰۰۶ استفاده شد. مدل بهینه‌یابی به روش الگوریتم ژنتیک حل و مناسب‌ترین گزینه طول جویچه و دبی جریان ورودی برآورد شد.

آزمایش‌های مزرعه‌ای: برای استخراج داده‌های مورد نیاز واسنجی مدل شبیه‌ساز NRCS-SURFACE، آزمایش‌های صحرایی آبیاری جویچه‌ای در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. در ساختار فیزیکی مدل صحرایی، برای شبیه‌سازی شرایط واقعی آبیاری جویچه‌ای، سه جویچه ایجاد شد که جویچه میانی به عنوان جویچه‌ای که آزمایش در آن صورت می‌گیرد و جویچه‌های جانبی به عنوان جویچه‌های بافر[1]، در نظر گرفته شدند. بافت خاک مزرعه، لوم رسی بود. در روش جریان پیوسته، دبی جریان ورودی به جویچه، مدت زمان آبیاری و دوره تناوب آبیاری به ترتیب ۰/۴۵ لیتر بر ثانیه، ۲۷۰ دقیقه و ۶ روز بودند. در روش کاهش جریان دبی جریان آب ورودی به جویچه پس از تکمیل فاز پیشروی به نصف کاهش و زمان آبیاری تا ۴۲۰ دقیقه افزایش یافت. به منظور کنترل دبی جریان ورودی به جویچه، آب آبیاری از رایزر شبکه آبرسانی تأمین شده و پس از عبور از مخزن تثبیت کننده سطح آب، توسط لوله به جویچه‌ها منتقل شدند. دبی جریان ورودی به جویچه به روش حجمی و جریان خروجی از جویچه با استفاده از فلوم WSC اندازه‌گیری شدند. پارامترهای ورودی در مدل شبیه‌سازی شامل مشخصات هیدرولیکی و شکل هندسی جویچه، پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف اصلاح شده و ضرایب منحنی پیشروی آب به ترتیب با استفاده از دستگاه مقطع‌سنج، روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر (۱۹۸۲) و تحلیل رگرسیونی داده‌های فاز پیشروی تعیین شدند. در جدول ۱ ویژگی‌های خاک و آبیاری در مزرعه آزمایشی آمده است. مدل شبیه‌سازی با استفاده از داده‌های رواناب و نفوذعمقی مشاهده شده در مزرعه، ارزیابی و واسنجی شد.

به منظور بررسی اثر بافت خاک بر طول و دبی ورودی بهینه جویچه، پس از واسنجی مدل شبیه‌ساز، این پارامترها تحت روش‌های مختلف جریان (پیوسته، کاهشی و موجی) در بافت‌های خاک لوم شنی، لوم رسی و رسی با شماره منحنی‌های نفوذ ۰/۸، ۰/۳ و ۰/۱ (به عنوان نماینده‌های بافت سبک، متوسط و سنگین)، شبیه‌سازی و بهینه‌یابی شدند. مشخصات جویچه در بافت‌های دیگر نیز مشابه با جویچه‌های مزرعه تحقیقاتی در نظر گرفته شدند. پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکوف اصلاح شده برای خاک‌های مورد بررسی با توجه به شماره منحنی نفوذ از جدول موجود در مدل به دست آمدند.

برای تعیین مدت زمان آبیاری برای روش‌های جریان پیوسته و کاهش جریان، مدت زمان لازم برای تکمیل فاز پیشروی و تأمین عمق مورد نیاز آبیاری در ناحیه توسعه ریشه، از معادله‌های ۵ تا ۸ استفاده شد:

$$T_{co} = T_n + T_t \quad (۵)$$

که در آن، T_t مدت زمان پیشروی (min)، T_n مدت زمان نفوذ خالص (min) و T_{co} مدت زمان آبیاری برحسب (min) هستند. مدت زمان پیشروی و نفوذ خالص از معادله‌های زیر به دست می‌آیند (سازمان حفاظت خاک آمریکا، ۱۹۸۳):

$$T_n = \left[\frac{i\left(\frac{w}{p}\right) - c}{a}\right]^{\frac{1}{b}} \quad (۶)$$

$$T_t = \frac{x}{f}\exp\left[gx \Big/ Q\sqrt{s}\right] \quad (۷)$$

1- Buffer furrow

Archive of SID

www.SID.ir

$$p = 0.265\left[\frac{Qn}{\sqrt{s}}\right]^{0.425} + 0.227 \qquad (۸)$$

که در آن، x فاصله از ابتدای جویچه)m(، f و g ضرایب ثابت پیشروی که بسته به نوع خاک متفاوت است، Q دبی جریان ورودی آب)l/s(، s شیب طولی مزرعه)m/m(، w فاصله بین جویچه‌ها)m(، P محیط خیس شده جویچه)m(، I مقدار آب نفوذیافته)cm(و a)cm/min^b(، b و c)cm(پارامترهای معادله نفوذ هستند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری و جویچه آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی

پارامتر	واحد	مقدار
ρ_1	$m^{3.33-2\rho2}$	۰/۲۶۴
ρ_2	–	۲/۶۹۵
δ_1	$m^{-2.49+1.5\ \rho2}$	۰/۹۲۴۸
δ_2	–	۰/۲۰۸۶
شیب طولی مزرعه	–	۰/۰۰۳۵
فاصله بین جویچه‌ها	M	۰/۷۵
α	–	۰/۱۳۴
k	$m^3.\ min^{-a}.\ m^{-1}$	۰/۰۰۱۱۴
f_0	$m^3.\ min^{-1}.\ m^{-1}$	۰/۰۰۰۱۰۷۱
ضریب زبری مانینگ، n	$min\ m^{-1/3}$	۰/۰۴
هدایت آبی اشباع،K_s	cm/d	۲۰/۵۶
p	–	۰/۲۶۴
r	–	۰/۷۷۵
بافت خاک		لوم رسی
میزان شن	٪	۲۵/۲
میزان سیلت	٪	۴۷/۴
میزان رس	٪	۲۷/۴
رطوبت ظرفیت زراعی	٪	۳۷
رطوبت نقطه پژمردگی	٪	۱۸
شوری عصاره اشباع خاک	dS/m	۲

در روش کاهشی، نسبت کاهش جریان مقدار متعارف ۰/۵ در نظر گرفته شد. با توجه به متغیر بودن دبی جریان در روش کاهش جریان، برای محاسبه مدت زمان پیشروی و نفوذ خالص از دبی جریان ورودی مربوط به هر مرحله استفاده شد. در آبیاری موجی، موج‌های با مدت زمان متغیر اعمال شد که به برای تعیین تعداد و مدت موج‌ها از مطالعات هامفریس (۱۹۸۹) استفاده شد. با توجه به بافت خاک مزرعه، دبی، تعداد و طول مدت موج‌ها به ترتیب برابر با ۰/۴ لیتر بر ثانیه، ۲۳ عدد و ۱۵ دقیقه بعد از تکمیل فاز پیشروی در نظر گرفته شد. پس از محاسبه تابع هدف مدل بهینه‌یابی شماره یک، نمودارهای سه بعدی برای بررسی روند تغییرات تابع هدف نسبت به دبی جریان ورودی به جویچه و طول جویچه در روش‌های مختلف جریان رسم شدند.

برای کاهش نفوذ عمقی در ابتدای جویچه و در نتیجه افزایش یکنواختی توزیع آب در طول جویچه کوتاه‌تر و دبی جریان ورودی به جویچه افزایش داده می‌شود. این در حالی است که طول کوتاه جویچه و یا افزایش دبی جریان ورودی به جویچه باعث افزایش رواناب در سیستم آبیاری سطحی می‌شود. از آنجا که این تضاد می‌تواند باعث تأثیر و تعدیل در مقادیر بهینه طول و دبی جریان ورودی به جویچه شود، در این تحقیق توابع هدف مختلف در مدل بهینه‌یابی تعریف و تأثیر آن‌ها بر مقادیر بهینه طول و دبی جریان ورودی به جویچه تعیین شدند. در جدول ۲، مدل‌های ۲ تا ۴ بر اساس توابع هدف متفاوت ارایه شده است.

جدول ۲- نوع تابع هدف مدل بهینه‌یابی در این تحقیق

شماره مدل	AE	ED	TWR	DPR
۲	–	–	حداقل‌سازی	–
۳	–	حداکثرسازی	–	–
۴	–	–	حداقل‌سازی	حداقل‌سازی

نتایج و بحث

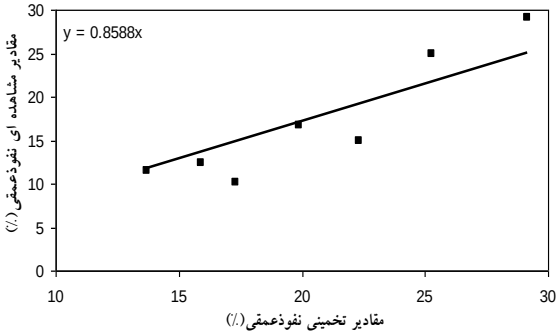
برای نمونه، نتایج واسنجی مدل برای روش جریان پیوسته در شکل‌های ۱و ۲ ارایه شده است.

با توجه به شکل‌های ۱ و ۲، مدل با ضریب تبیین بالا (R^2=۰/۹۷-۰/۸۵) رواناب و نفوذعمقی در آبیاری جویچه‌ای را شبیه‌سازی می‌کند. این روند در روش‌های دیگر نیز وجود داشت. مقادیر بهینه طول جویچه و دبی جریان ورودی به جویچه در روش‌های جریان پیوسته، کاهشی و موجی در بافت خاک لوم رسی در جدول ۳ ارایه شده است.

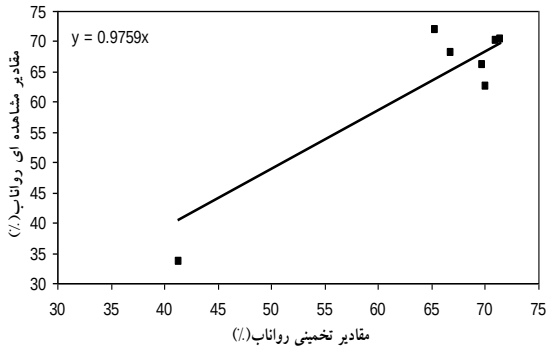
طول بهینه جویچه در روش جریان پیوسته بیشتر از دو روش دیگر بود. برای ایجاد حداکثر راندمان کاربرد آب و یکنواختی توزیع آب در روش موجی در مقایسه با دو روش دیگر دبی جریان ورودی بیشتر و طول جویچه کوتاه‌تر به دست آمد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- واسنجی مدل NRCS-SURFACE بر اساس رواناب در جویچه‌های آزمایشی برای روش جریان پیوسته



شکل ۲- واسنجی مدل NRCS-SURFACE بر اساس نفوذ عمقی در جویچه‌های آزمایشی در روش جریان پیوسته

جدول ۳- مقادیر بهینه طول جویچه و دبی جریان و تابع هدف ترکیبی راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب در آبیاری سوم (مدل ۱)

بافت خاک	روش	راندمان کاربرد (درصد)	یکنواختی توزیع (درصد)	مقدارتابع هدف (درصد)	طول بهینه (متر)	دبی ورودی (لیتر بر ثانیه)
لوم رسی	کاهشی	۶۹/۲۹	۹۴/۱۸	۱۶۳	۱۵۰	۰/۴
	پیوسته	۶۸/۱۱	۸۴/۱۹	۱۵۲	۲۵۰	۰/۴
	موجی	۶۹/۰۰	۹۶/۸۰	۱۶۶	۱۰۰	۰/۶ (تعداد ۲۳ موج و زمان ۱۰ دقیقه)

در جدول ۴ نتایج بهینه‌یابی مدل ۱ برای بافت‌های خاک سنگین (رسی) و سبک (لوم شنی) ارایه شده است. نتایج نشان می‌دهد که برای مشخصات یکسان جویچه، روش جریان پیوسته در بافت‌های خاک لوم رسی و بافت خاک رسی طول جویچه بهینه بیشتری نسبت به روش‌های کاهشی و موجی ارایه می‌دهد. در بافت خاک سبک، طول جویچه بهینه بیشتر مربوط به روش موجی است. دلیل این امر را می‌توان به توانایی روش موجی در کاهش نفوذ عمقی و افزایش یکنواختی توزیع آب نسبت داد.

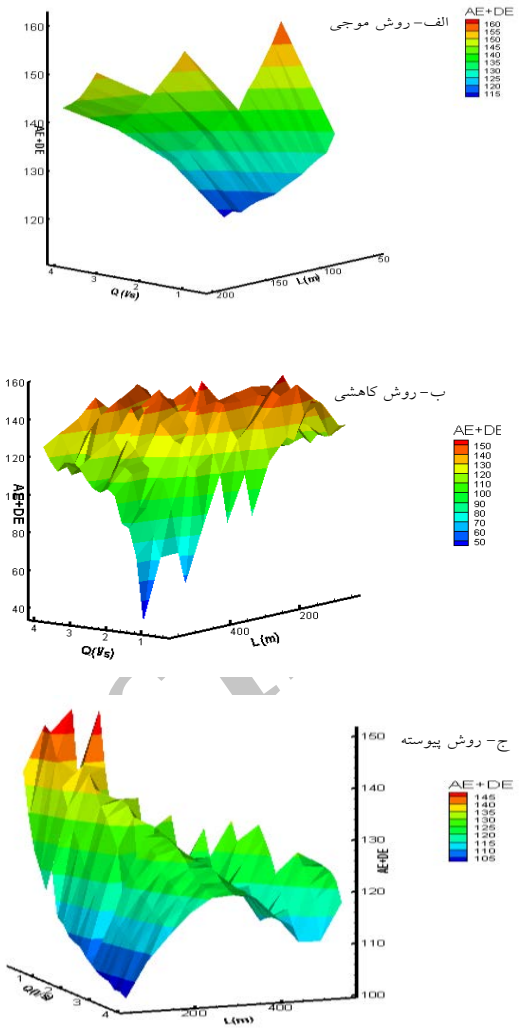
با توجه به جدول ۴، اگرچه راندمان کاربرد آب در روش موجی در مقایسه با روش پیوسته در بافت خاک لوم شنی، کمتر است اما یکنواختی توزیع بالا، عامل مثبتی در مدل بهینه‌یابی است. پس درصورت اعمال طول جویچه و دبی بهینه جریان ورودی به جویچه، انتخاب روش جریان بهینه در خاک‌های سبک اهمیت بیشتری نسبت به خاک‌های سنگین دارد. شکل ۳ تغییرات تابع هدف در روش‌های مختلف در بافت لوم شنی را نسبت به متغیرهای تصمیم طول جویچه و دبی جریان ورودی به جویچه نشان می‌دهد.

جدول ۴- مقادیر بهینه طول جویچه و دبی جریان ورودی و تابع هدف ترکیبی راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب (مدل ۱)

بافت خاک	روش	راندمان کاربرد (درصد)	یکنواختی توزیع (درصد)	مقدارتابع هدف (درصد)	طول بهینه (متر)	دبی ورودی (لیتر بر ثانیه)
لوم شنی	کاهشی	۷۰/۵۰	۸۹/۸۲	۱۶۲/۳	۱۰۰	۱/۴
	پیوسته	۷۶/۳۵	۷۶/۳۹	۱۴۹/۶	۲۰۰	۰/۶
	موجی	۶۶/۸۲	۸۷/۷۹	۱۵۴/۶	۳۰۰	۲ (تعداد ۷ موج و زمان ۱۰۰ دقیقه)
رسی	کاهشی	۶۹/۷۸	۹۶/۰۰	۱۵۷/۴	۳۵۰	۰/۴
	پیوسته	۶۳/۱۲	۹۲/۱۰	۱۵۵/۲	۵۵۰	۰/۴
	موجی	۶۸/۹۰	۹۵/۱۴	۱۶۳/۹	۳۰۰	۲/۲ (تعداد ۷ موج و زمان ۳۰ دقیقه)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- تغییرات راندمان کاربرد نسبت به طول جویچه و دبی جریان ورودی درخاک با بافت لومی شنی (الف- روش موجی، ب- روش کاهشی و ج- روش پیوسته)

نتایج بررسی اثر نوع تابع هدف بر مقادیر بهینه طول جویچه در خاک لوم رسی در دبی جریان ورودی ۰/۶ لیتر بر ثانیه در جدول ۵ ارایه شده است. نتایج نشان داد که به استثنای تابع هدف یکنواختی توزیع (مدل ۳)، سایر توابع هدف مقادیر یکسانی از طول جویچه بهینه ارایه می‌کنند. اگرچه مقادیر طول جویچه بهینه حاصل از تابع هدف یکنواختی توزیع (مدل ۳)، باعث کاهش نفوذ عمقی و افزایش یکنواختی توزیع آب می‌شود اما به دلیل محدوده کم تغییرات این پارامتر کارآیی مناسبی ندارد. طول جویچه بهینه حاصل از حداقل سازی تابع هدف رواناب (مدل ۲) در بافت‌های خاک سبک، تلفات عمقی زیادی به همراه دارد، از این رو این تابع هدف نیز در تمام شرایط مناسب نیست. در مقایسه با مدل یزدی و همکاران (۱۳۸۷)، مدل ۱ و ۴ به دلیل نیاز به محاسبه پارامتر کمتر پیشنهاد می‌شود.

جدول ۵- مقادیر طول جویچه بهینه (متر) برای دبی جریان ورودی ۰/۶ لیتر بر ثانیه

روش جریان	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴	مدل یزدی و همکاران ۱۳۸۷
پیوسته	۳۵۰	۳۵۰	۵۰	۳۵۰	۳۵۰
کاهشی	۱۵۰	۱۵۰	۵۰	۱۵۰	۱۵۰
موجی	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰

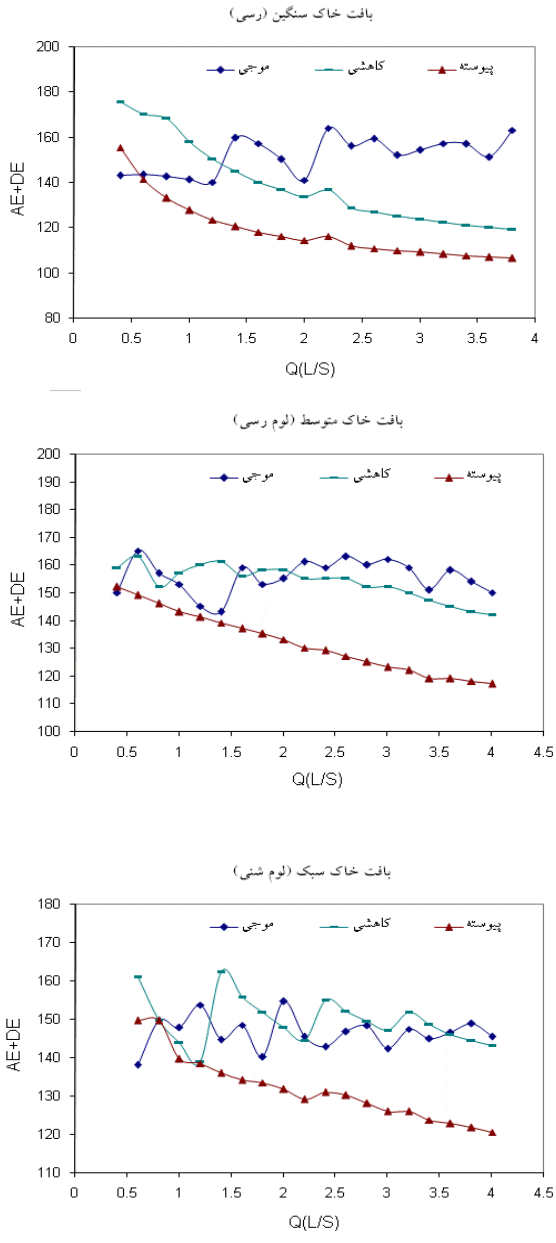
روند تغییرات مقادیر تابع هدف مدل بهینه‌یابی شماره یک (ترکیب راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع)، نسبت به دبی جریان در روش‌ها و بافت خاک‌های متفاوت در شکل ۴ ارایه شده است. با توجه به این شکل، در جریان پیوسته، در هر سه بافت خاک با افزایش دبی ورودی به جویچه، راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب کاهش یافت. این روند در روش کاهشی متغیر بوده اما در روش موجی بیشترین راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب مربوط به بیشترین دبی جریان ورودی به جویچه است. با توجه به نتایج ارایه شده برای طراحی روش پیوسته دبی‌های نزدیک به دبی حداقل و برای روش موجی دبی نزدیک به حداکثر دبی غیرفرسایشی توصیه می‌شود. این نتیجه تأییدی بر توصیه‌های طراحی آبیاری موجی است (هامفریس، ۱۹۸۹). با توجه به شکل ۴، درصورتی که در طراحی جویچه، دبی جریان ورودی مطابق با دبی در دسترس انتخاب شود، مقادیر تابع هدف مدل ۱ به شدت از نوع روش جریان تأثیر می‌گیرد. تفاوت در مقادیر تابع هدف در مقادیر بیشتر دبی جریان ورودی آب به جویچه، بیشتر مورد توجه است. بنابراین انتخاب روش جریان بهینه برای دستیابی به عملکرد بالای آبیاری اهمیت زیادی دارد.

شکل ۵، طول بهینه جویچه را در دامنه دبی‌های مجاز برای روند تغییرات نشان می‌دهد که بسته به بافت خاک و روش جریان، اعمال حداقل دبی جریان ورودی نیازمند طولی از جویچه است که ممکن است مطابق با ابعاد مزرعه نباشد. نتایج این تحقیق نشان داد که روش جریان را می‌توان به گونه‌ای انتخاب کرد که طول بهینه جویچه متناسب با ابعاد مزرعه انتخاب شود. برای مثال در بافت خاک لوم رسی به ازای حداقل دبی ۰/۴ لیتر بر ثانیه، حداقل طول بهینه جویچه در روش پیوسته ۲۵۰ متر است و این درحالی است که در روش موجی و کاهشی این مقدار ۱۰۰ متر است.

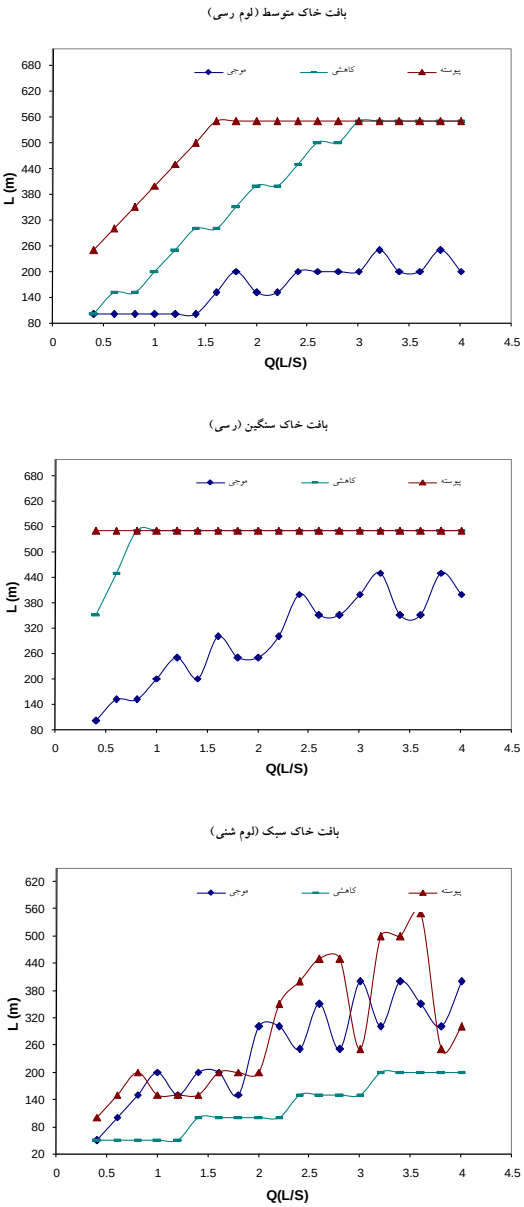
بنابراین انتخاب مناسب نوع جریان و دبی جریان ورودی با توجه به ابعاد مزرعه ضروری است. با توجه به شکل ۵، طول بهینه جویچه در روش موجی تفاوت زیادی با طول‌های جویچه جدول‌های پیشنهادی در روش جریان پیوسته دارد و

Archive
www.SID.ir

از آنجا که روند تغییرات طول بهینه جویچه از الگوی مشخصی تبعیت نمی‌کند، بنابراین استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی- بهینه‌یابی در طراحی و مدیریت آبیاری سطحی در روش جریان پیوسته اهمیت زیادی دارد. برای مثال با توجه به دبی در دسترس و راندمان آبیاری مورد انتظار (شکل ۵) می‌توان طول بهینه را در بافت مشخص برای روش‌های مختلف تعیین و با مقایسه طول بهینه و ابعاد مزرعه مناسب‌ترین روش آبیاری را پیشنهاد کرد.



شکل ۴- مقایسه تغییرات عملکرد آبیاری نسبت به دبی جریان ورودی برای روش‌های جریان پیوسته، کاهشی و موجی در بافت خاک‌های لومی رسی، رسی و لومی شنی



شکل ۵- مقایسه تغییرات طول بهینه نسبت به دبی در سه روش مختلف جریان در خاک‌های لومی رسی، رسی و لومی شنی

نتیجه‌گیری

نتایج بهینه‌یابی نشان داد که برای بافت‌های متفاوت خاک و روش‌های متفاوت آبیاری، مقادیر طول جویچه و دبی جریان ورودی بهینه متفاوتی به دست می آید. بنابراین استفاده توأم از شبیه‌سازی و بهینه‌یابی، ابزار مناسبی برای طراحی و مدیریت آبیاری جویچه‌ای برای افزایش راندمان و بهره‌وری آب در مزرعه است. نتایج بررسی اثر نوع تابع هدف بر مقادیر بهینه طول جویچه نشان داد که تابع هدف ترکیبی راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع (مدل ۱)، تابع هدف ترکیبی نفوذ عمقی و رواناب (مدل ۴) و تاع هدف یزدی و همکاران

www.SID.ir

قابل توصیه هستند اما در مقایسه با مدل یزدی و همکاران، مدل‌های ۱ و ۴ به دلیل نیاز به محاسبه پارامتر کمتر پیشنهاد می‌شود. استفاده از مدل شبیه‌سازی- بهینه‌یابی ارایه شده در این تحقیق را می‌توان برای توصیه مناسب‌ترین روش جریان تحت دو دیدگاه تعیین دبی جریان ورودی بهینه با توجه به دبی در دسترس و راندمان آبیاری مورد انتظار و تعیین طول بهینه جویچه متناسب با طول مزرعه و دبی در دسترس، استفاده کرد.

منابع

۱. یزدی ز. محسنی موحد س. ا. و حیدری م. ۱۳۸۷. تهیه مدلی جهت ارزیابی، طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد آبیاری جویچه‌ای. دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی. ۲ خرداد ماه.

2. Booher L. J. 1974. Surface irrigation. Rome: Food and Agriculture Organization. Agricultural Development. No. 95.

3. Booher L. J. 1976. Surface irrigation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

4. Elliot R. L. and Walker W. R. 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. Trans. ASAE. 25(2):396-400.

5. Humpherys A. S. 1989. Surge irrigation. ICID Bulletine. 38(2).35-48.

6. Natural Resources Conservation Service. 2003. National Engineering Handbook .Surface irrigation. Part 623. Chapter 4. Utah State University.

7. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Furrow irrigation. 1983. Section 15. Chapter 5. National Engineering Handbook.

8. Wu I. and Liang T. 1970. Journal of Irrigation and Drainage Division. 96(3):319-332.

9. Zerihun D. Feyen, J. and Mohan Reddy J. 1996. Sensivity analysis of furrow irrigation performance parameters. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 122(1):49-75.

Archive of SID

www.SID.ir