بررسی عملکرد هیدرولیکی آبیاری جویچه‌ای در روش‌های مختلف مدیریت دبی جریان

بهروز مصطفی زاده [۱] و مسعود فرزام نیا [۲]

چکیده

در این تحقیق عملکرد هیدرولیکی آبیاری جویچه‌ای با سه روش مدیریت دبی جریان، شامل روش‌های اعمال شده توسط زارع (سنتی)، واکرو اسکوگربو، وکاهش دبی در سه مزرعه آزمایشی لورک، شرودان و دانشگاه صنعتی اصفهان، برای سه مرحله آبیاری مورد مقایسه قرار گرفت. در هر یک از مزارع آزمایشی، با در نظر گرفتن حداقل سه تکرار برای هر آزمایش، اطلاعات لازم برای هر یک از روش‌های فوق، شامل شکل هندسی، طول و شیب جویچه، بافت خاک، پیشروی سطحی آب، دبی ورودی و دبی خروجی جویچه جمع‌آوری گردید. پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف - لوییس، با استفاده از روش بیلان حجم تعیین شد. سپس نسبت نفوذ عمقی، نسبت پایاب و بازده کاربرد آب محاسبه گردید.

نتایج نشان داد که همواره نسبت نفوذ عمقی در روش کاهش دبی بیشتر از روش واکر و اسکوگربو (۱۸/۶ درصد در مقایسه با ۱۳/۷ درصد)، و نسبت پایاب در روش کاهش دبی کمتر از روش‌های واکر و اسکوگربو و سنتی (به ترتیب ۱۲/۴ درصد در مقایسه با ۱۶ و ۲۰/۶ درصد) است. تأثیر این دو عامل، یعنی نسبت نفوذ عمقی و نسبت پایاب، سبب گردید که بازده کاربرد در روش سنتی کمتر از روش‌های کاهش دبی و واکر و اسکوگربو (به ترتیب ۴۲/۷ درصد در مقایسه با ۶۹ و ۷۰ درصد) باشد. در مجموع، روش کاهش دبی در مزارع با بافت خاک سنگین، در مقایسه با مزارع با بافت خاک سبک، دارای بازده کاربرد بیشتری (۷۳/۹ درصد در مقایسه با ۵۱/۲ درصد) بود.

واژه‌های کلیدی: *آبیاری سطحی، هیدرولیک جویچه، بازده*

مقدمه

آبیاری سطحی رایج‌ترین شیوهٔ آبیاری است، که در آن آب به روش ثقلی در سطح زمین جریان می‌یابد، و سطح زمین به عنوان جذب کننده و انتقال دهنده آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. از محاسن عمدهٔ این روش آبیاری نسبت به روش‌های آبیاری تحت فشار، نظیر آبیاری بارانی و قطره‌ای، می‌توان پایین بودن هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، پایین بودن هزینه تأمین انرژی و استفاده از سیستم، سهولت عملیات، تعمیر و نگهداری، و هم چنین نیاز کمتر به آبیار متخصص رانام برد. گرچه در

۱. دانشیار آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. کارشناس ارشد آبیاری، مرکز تحقیقات کشاورزی کرمان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]

سیستم‌های آبیاری تحت فشار بازده آبیاری ممکن است بالا باشد، ولی افزایش هزینه‌های انرژی سبب گردیده که بسیاری از پژوهشگران (۵ و ۱۲) مطالعات قابل توجهی در زمینه افزایش بازده آبیاری سطحی انجام دهند، و این روش را به عنوان جای‌گزین مناسبی برای روش‌های آبیاری تحت فشار پیشنهاد نمایند.

متأسفانه در بسیاری از مزارع روش آبیاری سطحی به درستی اعمال نمی‌شود. در نتیجه نه تنها مقدار زیادی آب به هدر می‌رود، بلکه گاهی به گیاهان نیز صدمه وارد می‌شود. برای جلوگیری از بروز این مشکلات، باید به گونه‌ای عمل کرد که روش آبیاری سطحی به نحوی مطلوب طراحی و اجرا گردد تا نتایج خوبی در برداشته باشد.

در سال‌های اخیر رشد و توسعهٔ فناوری و مدیریت سیستم‌های آبیاری سطحی در جهان، موجب گردیده که اجرای آنها نسبت به سیستم‌های دیگر در اولویت قرار گیرد، به طوری که وسعت آبیاری سطحی، در دنیا بیش از ۲۰۰ میلیون هکتار، و در ایران ۵/۲ میلیون هکتار، یا حدود ۲/۶ درصد نسبت به سطح دنیا برآورد شده است (۱).

آبیاری جویچه‌ای نوعی روش آبیاری سطحی است که در آن به جای مستغرق نمودن تمام مزرعه آبراهه‌های کوچکی (جویچه) در جهت جریان آب احداث می‌گردد. انتقال آب به درون این جویچه‌ها مستقیماً از نهرهای روباز توسط سیفون و یا لوله‌های دریچه‌دار انجام می‌پذیرد. آب انتقال یافته به درون این جویچه‌ها به صورت عمودی و جانبی از محیط خیس شده جویچه به خاک نفوذ می‌نماید، و بدین ترتیب کمبود رطوبت خاک تأمین می‌گردد (۴).

در سیستم آبیاری جویچه‌ای تلفات آب عمدتاً به دو صورت نفوذ عمقی و رواناب سطحی از انتهای جویچه اتفاق می‌افتد. عملکرد ایده‌آل موقعی است که آبیاری کامل جویچه با حداقل تلفات انجام پذیرد. در روش واکر و اسکوگربو (۴)، با استفاده از معادلات شکل هندسی جویچه و روابط بیلان حجم آب، عملکرد هیدرولیکی سیستم آبیاری جویچه‌ای برای به حداقل رساندن این تلفات مورد بحث قرار گرفته است. در روش سنتی آبیاری جویچه‌ای انتقال آب به جویچه با یک دبی ثابت تا اتمام زمان آبیاری انجام می‌گیرد، که در این صورت تلفات آب از طریق فرونشت عمقی و رواناب انتهایی اجتناب‌ناپذیر است (۹، ۱۳ و ۱۶). برای به حداقل رساندن این تلفات روش‌های مختلفی نظیر روش کاهش دبی[1] (۶ و ۱۰)، روش متناوب یا سرج[2] (۸، ۱۲ و ۱۳)، روش استفاده مجدد از رواناب انتهایی (۴) و روش آبیاری کابلی (۳) پیشنهاد شده است.

ایزدی و همکاران (۱۲) در سال ۱۹۹۱ بازده کاربرد آب در یک مزرعه نیشکر در آمریکا را، که به طریق جویچه‌ای آبیاری می‌گردید، برای سه حالت آبیاری به صورت پیوسته (سنتی)، آبیاری به روش کاهش دبی و آبیاری به روش متناوب بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که در روش‌های کاهش دبی و متناوب، صرفه‌جویی در آب مصرفی، در مقایسه با روش سنتی آبیاری جویچه‌ای، حدود پنج تا هفت درصد بیشتر است. مطالعات گارتون (۱۱) نشان داد که در روش کاهش دبی، با صرفه‌جویی در آب انتقال یافته به جویچه‌ها می‌توان تعداد بیشتری از آنها را آبیاری نمود. باتیستا و والندر (۶) اظهار می‌دارند که زمان کاهش دبی روی بازده کاربرد و یک‌نواختی توزیع آب در سیستم آبیاری جویچه‌ای اثر می‌گذارد، و نتایج رضایت بخش هنگامی است که جریان ورودی پس از رسیدن آب به انتها کاهش داده شود. ساکس و هارت (۱۵) اظهار می‌دارند که غیر یک‌نواختی توزیع آب در مزارع به علت نامساوی بودن زمان تماس آب در نقاط مختلف جویچه می‌باشد، که روش کاهش دبی این نقیصه را تا حدی برطرف می‌سازد. بروز و ویرسما (۷) یک سیستم کاهش دبی خودکار طراحی نمودند، و در یک مزرعه که با این سیستم کار می‌کرد، بازده کاربرد آب را ۸۶ درصد و بازده توزیع آب را ۷۷ درصد به دست آوردند.

آلازبا و فانگمیر (۵) تأثیر هیدروگراف جریان ورودی را بر بازده کاربرد آب در مزرعه آبیاری نواری، برای مقادیر مختلف

1. Cut-back 2. Surge

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]

نفوذ، شیب، ضریب زبری، طول نوار و حجم آب کاربردی مطالعه نمودند. نتایج آنها نشان داد که بازده کاربرد در حالت هیدروگراف ثابت ۶۸ درصد، کاهش دبی ۷۷ درصد، کابلی ۵۹ درصد، کاهش دبی اصلاح شده ۸۰ درصد و کابلی اصلاح شده ۷۸ درصد می‌باشد. هیدروگراف ثابت نشان می‌دهد که جریان ورودی آب در تمام مدت آبیاری ثابت است. هیدروگراف کاهش دبی نشان دهندهٔ این است که جریان ورودی آب در شروع آبیاری ثابت بوده و پس از مدتی کاهش پیدا می‌کند. هیدروگراف کابلی بیان می‌کند که جریان ورودی آب از اولین لحظه آبیاری شروع به کم شدن نموده، بالاخره در پایان آبیاری به صفر می‌رسد. هیدروگراف کاهش دبی اصلاح شده گویای آن است که جریان ورودی آب از همان ابتدای آبیاری شروع به کم شدن نموده، ولی پس از مدتی تا آخرین لحظه آبیاری ثابت می‌شود، و بالاخره هیدروگراف کابلی اصلاح شده بیانگر این است که جریان ورودی آب از ابتدا شروع به کم شدن می‌کند تا به نصف حداکثر شدت جریان برسد.

با توجه به محدود بودن منابع آب در کشور و بالا بودن هزینه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، و با توجه به این که اکثر زمین‌های تحت آبیاری در ایران به روش سطحی آبیاری می‌گردند، ضرورت دارد که روش‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای به منظور کاهش اتلاف و در نتیجه افزایش بازده آبیاری مورد مطالعه قرار گیرد.

هدف از مطالعه حاضر مقایسه روش سنتی آبیاری جویچه‌ای اعمال شده توسط زارع با روش‌های واکر و اسکوگربو و کاهش دبی از نظر عملکرد هیدرولیکی در سه مزرعه مختلف آبیاری جویچه‌ای است.

مواد و روش‌ها

سه مزرعه آزمایشی که از نظر بافت خاک، شیب جویچه و سایر شرایط هیدرولیکی جویچه با هم متفاوت بودند انتخاب گردیدند، که مشخصات آنها در جدول ۱ ارائه شده است. مزارع آزمایشی عبارت بودند از مزرعه لورک، مزرعه شرودان و مزرعه دانشگاه صنعتی اصفهان. در هر یک از مزارع محل مناسب انجام آزمایش انتخاب گردید، و عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و ایجاد جویچه توسط جوی‌کن، با فواصل مشخص جویچه‌ها انجام گرفت. فاصله جویچه‌ها ۷۰ سانتی‌متر و طول آنها با توجه به شرایط مزارع آزمایشی انتخاب گردید. با استفاده از نمونه‌های برداشت شده از خاک مزرعه و انجام آزمایش به روش هیدرومتری، بافت خاک برای هر یک از مزارع آزمایشی مشخص شد.

اندازه‌گیری معیارهای مورد نظر در آبیاری‌های اول، دوم و سوم انجام گرفت. این آبیاری‌ها عبارت بودند از آبیاری در اول، اواسط و آخر فصل رشد گیاه. هر سه مزرعه آزمایشی تحت کشت ذرت بود. پس از آماده سازی مزارع آزمایشی، دستگاه انتقال آب به جویچه شامل موتور، پمپ، مخزن آب، شیر کنترل و لوله و اتصالات مربوطه، در هر یک از مزارع مورد مطالعه نصب گردید (۲).

برای اندازه‌گیری دبی ورودی جویچه‌ها، ابتدا از طریق حجمی، با استفاده از ظرف مدرج و کرونومتر، دبی ورودی در حد مورد نظر ثابت گردید. سپس پارشال فلوم‌های یک اینچی که قبلاً واسنجی گردیده و معادله واسنجی آنها تعیین شده بود، در ابتدا و انتهای جویچه‌های انتخابی، به منظور اندازه‌گیری جریان ورودی و خروجی نصب گردید. دبی ورودی جویچه‌ها بین ۰/۰۶ تا ۰/۰۸ متر مکعب در دقیقه، بسته به خصوصیات مزارع آزمایشی و غیر فرسایشی بودن دبی تعیین شد (۲ و ۴).

جویچه‌ها از محل نصب پارشال فلوم ورودی به سمت پایین دست، به فواصل هفت متر ایستگاه‌بندی شدند. قبل از شروع آزمایش، نمونه‌های خاک به منظور تعیین میزان رطوبت اولیه از اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک، با استفاده از آگر برداشت شد.

معیارهای مربوط به معادلات توانی شکل هندسی جویچه شامل سطح مقطع، محیط خیس شده و عرض بالایی نسبت به عمق، با استفاده از تجزیه و تحلیل ارقام اندازه‌گیری شده دستگاه مقطع سنج جویچه تعیین گردید (۱۴).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]

معادله پیشروی جبهه آب در جویچه به صورت تابع توانی زیر تعیین شد:

$$X=P\,t^{r} \qquad [۱]$$

که در آن:

X = فاصله پیشروی جبهه آب در مدت زمان t

r و P = معیارهای تجربی معادله‌اند که برای مزارع آزمایشی محاسبه شدند.

برای تعیین سرعت نفوذ نهایی جویچه (f_0)، از روش جریان ورودی - خروجی استفاده به عمل آمد. در این روش تمام جویچه به عنوان یک نفوذ سنج د رنظر گرفته می‌شود، و فرض می‌گردد که در اواخر آبیاری سرعت نفوذ آب به خاک به سرعت نفوذ نهایی می‌رسد، که در نتیجه f_0 از معادله زیر قابل محاسبه است:

$$f_0 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \qquad [۲]$$

که در آن:

Q_{in} = دبی جریان ورودی (متر مکعب در دقیقه)

Q_{out} = دبی جریان خروجی (متر مکعب در دقیقه)

L = طول جویچه (متر)

برای تعیین نفوذ آب به جویچه از معادله کوستیاکف - لوییس استفاده گردید:

$$Z= Kt^{a}+ f_0 t \qquad [۳]$$

که در آن:

Z = نفوذ تجمعی در پایان فرصت نفوذ t (متر مکعب بر متر طول جویچه)

f_0 = سرعت نفوذ نهایی خاک (متر مکعب در دقیقه بر متر)

K = ضریب معادله (متر مکعب بر متر بر دقیقه به توان a)

a = نمای معادله (بدون بعد)

لازم به ذکر است که از تقسیم Z بر فاصله جویچه، عمق آب نفوذ یافته به جویچه قابل محاسبه است.

برای تعیین پارامترهای معادله ۳ به روش بیلان حجم، معادلهٔ بیلان حجم برای هر زمان به صورت زیر نوشته شد (۴).

$$Q_0 t = \delta_y A_0 X + \delta_z K t^{a} X + \frac{f_0 t X}{1+r} \qquad [۴]$$

که در آن:

A_0 = سطح مقطع جریان در قسمت ورودی جویچه (متر مربع)

Q_0 = دبی جریان ورودی جویچه (متر مکعب در دقیقه)

t = زمان پس از شروع آبیاری (دقیقه)

δ_y = ضریب شکل ذخیره سطحی، که بین ۰/۷ تا ۰/۸ متغیر است

δ_z = ضریب شکل ذخیره تحت الارضی، که به صورت زیر تعریف می‌شود (۴):

$$\delta_z = \frac{a+r(1-a)+1}{(1+a)(1+r)} \qquad [۵]$$

سپس با داشتن معادله پیشروی آب در جویچه و نوشتن معادله بیلان حجم برای دو نقطه، پیشروی تا وسط جویچه و پیشروی تا انتهای جویچه، و حل هم‌زمان دو معادله حاصله، ضرایب معادله کوستیاکف- لوییس تعیین گردید (۴).

برای تعیین زمان قطع جریان ورودی (T_{c_0}) از معادله زیر استفاده گردید (۱۲):

$$T_{c_0} = T_{ad} + T_{req} - \Delta T_r \qquad [۶]$$

که در آن:

T_{ad} = زمان پیشروی تا انتهای جویچه (دقیقه)

T_{req} = زمان لازم برای نفوذ آب مورد نیاز (دقیقه)

ΔT_r = زمان پسروی در انتهای جویچه (دقیقه)

لازم به ذکر است که در آزمایش‌های این تحقیق، به سبب کوچک بودن طول جویچه‌ها، و نیز باز بودن ته آنها، زمان پسروی ناچیز بود و در تمام تکرارها ΔT_r برابر با صفر منظور گردید.

برای تعیین بازده کاربرد (E_a)، درصد نفوذ عمقی (DPR) و درصد رواناب (TWR) از روابط زیر استفاده گردید (۴ و ۱۲):

$$V_{in}= T_{c_0} \times Q_{in} \qquad [۷]$$

$$DPR = \frac{V_{dp}}{V_{in}} \times ۱۰۰ \qquad [۸]$$

$$TWR= \frac{V_{out}}{V_{in}} \times ۱۰۰ = ۱۰۰ - E_a - DPR \qquad [۹]$$

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]

$$E_a = \frac{V_{in} - V_{out} - V_{dp}}{V_{in}} \times ۱۰۰ \qquad [۱۰]$$

که:

Q_{in} = دبی جریان ورودی (متر مکعب در دقیقه)

V_{in} = حجم آب ورودی به جویچه (متر مکعب)

V_{dp} = حجم آب نفوذ کرده به خاک دور از دسترس گیاه (متر مکعب)

V_{out} = حجم آب خروجی از جویچه (متر مکعب)

هم‌چنین، برای تعیین دبی کاهش یافته در روش کاهش دبی از معادله ۱۱ استفاده شد (۴ و ۱۲):

$$Q_{cb} = ۱/۱ f_o L \qquad [۱۱]$$

که در آن:

Q_{cb}= دبی کاهش یافته (متر مکعب در دقیقه)

ضریب ۱/۱ در معادله ۱۱ یک ضریب تجربی است که بزرگ‌تر از یک در نظر گرفته شده، زیرا لازم است دبی کاهش یافته بزرگ‌تر از سرعت نفوذ نهایی آب به جویچه باشد تا تمام جویچه خیس گردد (۴).

عمق خالص آبیاری با توجه به اطلاعات مربوط به کمبود رطوبت خاک قبل از آبیاری، ظرفیت زراعی مزرعه، عمق ریشه و جرم مخصوص ظاهری خاک تعیین شد. در روش‌های واکر و اسکوگربو و کاهش دبی با در نظر گرفتن آبیاری کامل انتهای جویچه، Z از حاصل‌ضرب عمق خالص آبیاری در فاصلهٔ جویچه‌ها محاسبه گردید (۴). با معلوم بودن Z و جای‌گزینی آن در معادله ۳، و با معلوم بودن ضرایب و نمای این معادله، T_{req} به دست آمد. سپس با داشتن T_{req} و اطلاعات پیشروی آب تا انتهای جویچه، زمان قطع جریان ورودی با استفاده از معادله ۶ محاسبه گردید. هیدروگراف‌های جریان ورودی - خروجی هر جویچه ترسیم، و با استفاده از قانون ذوزنقه حجم آب ورودی (V_{in}) و حجم آب خروجی (V_{out}) تعیین گردید. با داشتن زمان تماس آب با خاک در فواصل مختلف در طول جویچه و استفاده از معادله ۳، عمق آب نفوذ یافته در فواصل مختلف در طول جویچه محاسبه شد. سپس با ترسیم نیم‌رخ عمق آب نفوذ یافته به جویچه و استفاده از قانون ذوزنقه، حجم فرونشت عمقی (V_{dp})به دست آمد. در روش‌های واکر و اسکوگربو و کاهش دبی، آبیاری بر اساس تأمین کمبود رطوبت خاک در انتهای جویچه، یعنی آبیاری کامل جویچه انجام گرفت. ارزیابی نتایج حاصله با استفاده از معادلات ۱ تا ۱۱ انجام شد و بازده کاربرد آنها با استفاده از معادله ۱۰ محاسبه شد. در روش سنتی، آبیاری جویچه‌ها توسط زارع و به طریق متداول انجام (به صورت تجربی و بدون هیچ گونه استفاده از اصول طراحی علمی) و سپس با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده، بازده کاربرد با استفاده از معادله ۱۰ تعیین گردید. برای توضیح بیشتر راجع به روش‌ها و اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق به منابع علمی مورد استفاده (۲ و ۴) رجوع شود.

نتایج و بحث

برای ارزیابی سه روش واکر و اسکوگربو، کاهش دبی و سنتی، در هر یک از مزارع آزمایشی معیارهای نسبت نفوذ عمقی، نسبت پایاب و بازده کاربرد محاسبه گردید. نتایج این محاسبات برای مزرعه آزمایشی لورک با بافت خاک سنگین، برای هر سه مرحله آبیاری در جداول ۲ تا ۴ ارائه شده است. نتایج جداول ۲ تا ۴ بیانگر آن است که نسبت نفوذ عمقی در روش کاهش دبی بیشتر از روش واکر و اسکوگربو می‌باشد. زیرا در روش کاهش دبی نسبت به روش واکر و اسکوگربو آب کمتری به جویچه وارد می‌شود. این در حالی است که زمان آبیاری جویچه‌ها که از معادله ۶ محاسبه گردید، برای هر دو روش یکسان است. بنابراین، با توجه به حجم کمتر آب آبیاری در روش کاهش دبی نسبت نفوذ عمقی در این روش، در مقایسه با روش واکر و اسکوگربو بیشتر می‌باشد. هم‌چنین، نسبت پایاب در روش واکر و اسکوگربو بیشتر از روش کاهش دبی است، زیرا زمان آبیاری جویچه‌ها در این دو روش برابر بود ولی دبی ورودی به جویچه‌ها تفاوت داشت. در روش کاهش دبی هنگامی که آب به انتهای جویچه می‌رسید دبی جویچه‌ها کم می‌شد، در حالی که در روش واکر و اسکوگربو، در تمام مدت آبیاری دبی ثابت می‌ماند، در نتیجه آب بیشتری به صورت رواناب به هدر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]

جدول ۱. معیارهای مربوط به خاک و جویچه در مزارع آزمایشی

مزرعهٔ آزمایشی	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	شیب زمین (درصد)	طول جویچه (m)	عرض جویچه (m)
لورک	۲۳	۴۸/۵	۲۸/۵	لوم رسی	۱/۳	۲۷	۰/۳	۵۱	۰/۷
شرودان	۲۴	۴۸	۲۸	لوم رسی	۱/۴	۲۵	۰/۴	۵۶	۰/۷
دانشگاه	۵۹	۱۸/۲	۲۲/۸	لوم رسی شنی	۱/۶	۱۳	۰/۵	۵۶	۰/۷

جدول ۲. بازده آبیاری اول در مزرعهٔ آزمایشی لورک

روش	حجم ورودی (لیتر) (V_{in})	حجم خروجی (لیتر) (V_{out})	حجم نفوذ عمقی (لیتر) (V_{dp})	نسبت نفوذ عمقی (درصد) (DPR)	نسبت پایاب (درصد) (TWR)	بازده کاربرد (درصد) (Ea)
واکر و اسکوگربو	۲۱۲۳	۳۴۱	۲۹۲	۱۳/۷	۱۶	۷۰
کاهش دبی	۱۵۶۶	۱۹۴	۲۹۲	۱۸/۶	۱۲/۴	۶۹
سنتی	۳۳۲۲	۶۸۷	۱۲۱۶	۳۶/۶	۲۰/۶	۴۲/۷

جدول ۳. بازده آبیاری دوم در مزرعهٔ آزمایشی لورک

روش	حجم ورودی (لیتر) (V_{in})	حجم خروجی (لیتر) (V_{out})	حجم نفوذ عمقی (لیتر) (V_{dp})	نسبت نفوذ عمقی (درصد) (DPR)	نسبت پایاب (درصد) (TWR)	بازده کاربرد (درصد) (Ea)
واکر و اسکوگربو	۳۴۵۰	۱۱۳۶	۱۴۴	۴/۲	۳۳	۶۲/۹
کاهش دبی	۱۷۰۸	۳۰۲	۱۴۴	۸/۴	۱۷/۷	۷۳/۹
سنتی	۳۱۶۷	۱۹۹۸	۰	۰	۶۳/۱	۳۶/۹

جدول ۴. بازده آبیاری سوم در مزرعهٔ آزمایشی لورک

روش	حجم ورودی (لیتر) (V_{in})	حجم خروجی (لیتر) (V_{out})	حجم نفوذ عمقی (لیتر) (V_{dp})	نسبت نفوذ عمقی (درصد) (DPR)	نسبت پایاب (درصد) (TWR)	بازده کاربرد (درصد) (Ea)
واکر و اسکوگربو	۳۵۴۱	۱۴۰۷	۶۵/۵	۱/۸	۳۹/۷	۵۸/۴
کاهش دبی	۱۴۶۰	۳۳۵	۶۵/۵	۴/۵	۲۲/۹	۷۲/۵
سنتی	۴۵۰۸	۱۹۷۲	۱۰۰	۲/۲	۴۳/۷	۵۴

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]

می‌رفت. جداول ۲ تا ۴ هم چنین نشان می‌دهند که تلفیق این دو معیار یعنی نسبت نفوذ عمقی و نسبت پایاب بر بازده کاربرد تأثیر می‌گذارد. به طور کلی، در مزرعه لورک، بازده کاربرد در آبیاری اول، در روش کاهش دبی تقریباً برابر با روش واکر و اسکوگربو، ولی در آبیاری‌های بعدی بیشتر از آن به دست آمد.

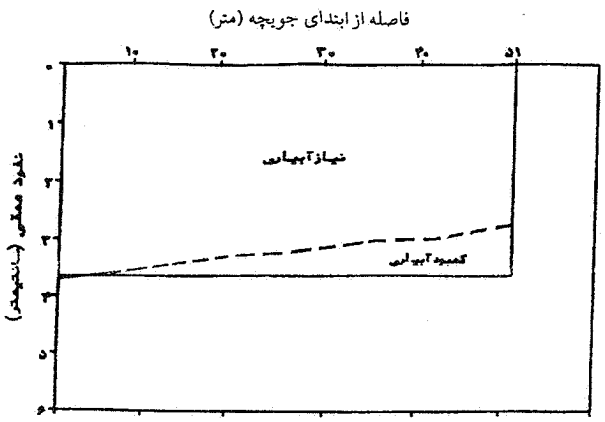
مقایسه سه روش در مزرعه آزمایشی لورک (جداول ۲ تا ۴) بیانگر آن است که به طور کلی در روش سنتی بازده کاربرد کمتر و نسبت پایاب بیشتر است. هم‌چنین، نسبت نفوذ عمقی در آبیاری اول در روش سنتی بیشتر از دو روش دیگر است، ولی در آبیاری‌های دوم و سوم این نسبت در روش سنتی بسیار کم می‌باشد. دلیل این امر این است که:

۱. در آبیاری دوم با توجه به شکل ۱، زارع کم آبیاری کرده و اجازه نداده تا آب به عمق لازم نفوذ کند. بنابراین فرونشت عمقی صفر شده است.

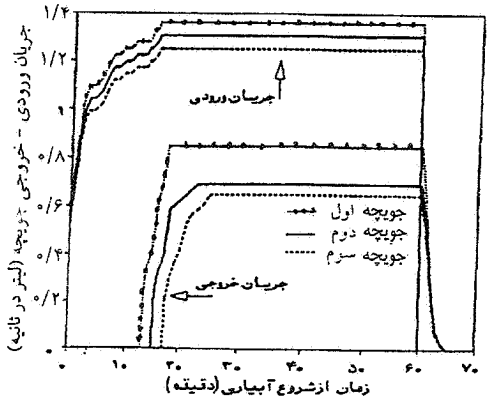
۲. در آبیاری سوم، زارع جویچه‌ها را با دبی زیاد آبیاری کرده، بنابراین آب قبل از این که فرصت نفوذ در جویچه را پیدا کند، از جویچه به شکل رواناب خارج شده است. این مسئله از شکل ۲ نیز قابل استنباط است.

ارقام حاصل از مزرعه آزمایشی شرودان با بافت خاک سنگین، و مزرعه آزمایشی دانشگاه صنعتی اصفهان با بافت خاک سبک‌تر نیز برای هر سه مرحله آبیاری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، که نتایج حاصله به ترتیب در جداول ۵ تا ۷ و جداول ۸ تا ۱۰ ارائه شده است. مقایسه نتایج جداول مذکور با نتایج حاصل از مزرعه لورک نشان می‌دهد که نتایج هر سه مزرعه آزمایشی تقریباً یکسان است. به طور کلی می‌توان گفت که در روش کاهش دبی بازده کاربرد از آبیاری اول به آبیاری‌های بعدی، به دلیل تثبیت جویچه و کاهش نفوذپذیری آن، افزایش می‌یابد، که این امر برتری روش کاهش دبی را نسبت به دو روش دیگر در آبیاری‌های بعدی نشان می‌دهد.

نتایج تقریباً مشابه هر سه مزرعه آزمایشی نشان دهنده این است که به طور کلی روش کاهش دبی نسبت به روش واکر و اسکوگربو برتری دارد، و بازده آبیاری در روش سنتی کمتر از دو



شکل ۱. نیم‌رخ عمق آب نفوذ یافته در طول جویچه برای آبیاری دوم در مزرعهٔ آزمایشی لورک (روش سنتی)



شکل ۲. هیدروگراف‌های جریان ورودی - خروجی جویچه برای آبیاری سوم در مزرعهٔ آزمایشی لورک (روش سنتی)

روش دیگر است، که با مطالعات ایزدی و همکاران (۱۲) مطابقت کلی دارد. با در نظر گرفتن خصوصیات مربوط به خاک و جویچه‌های مزارع آزمایشی، و با توجه به نتایج حاصل برای هر یک از آنها، می‌توان نتیجه‌گیری کلی زیر را ارائه نمود:

۱. در مزارع با بافت خاک سنگین و با نفوذپذیری کم که دارای پتانسیل رواناب زیاد می‌باشند، به طور کلی روش کاهش دبی در مقایسه با روش‌های سنتی و واکر و اسکوگربو بازده کاربرد بیشتری دارد (جداول ۲ تا۷). زیرا در روش کاهش دبی پس از رسیدن آب به انتهای جویچه، دبی ورودی به جویچه کم می‌گردد، و درنتیجه مقدار تلفات از طریق رواناب کاهش می‌یابد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]

جدول ۵. بازده آبیاری اول در مزرعهٔ آزمایشی شرودان

روش	حجم ورودی (لیتر) (V_{in})	حجم خروجی (لیتر) (V_{out})	حجم نفوذ عمقی (لیتر) (V_{dp})	نسبت نفوذ عمقی (درصد) (DPR)	نسبت پایاب (درصد) (TWR)	بازده کاربرد (درصد) (Ea)
واکر و اسکوگربو	۲۲۶۸	۲۲۲/۵	۷۹۳/۶	۳۵	۹/۸	۵۵/۲
کاهش دبی	۲۰۷۸	۱۸۰	۷۹۳/۶	۳۸/۲	۸/۷	۵۳
سنتی	۳۶۶۹/۵	۴۴۵	۱۴۵۶/۵	۳۹/۷	۱۲	۴۸/۲

جدول ۶. بازده آبیاری دوم درمزرعهٔ آزمایشی شرودان

روش	حجم ورودی (لیتر) (V_{in})	حجم خروجی (لیتر) (V_{out})	حجم نفوذ عمقی (لیتر) (V_{dp})	نسبت نفوذ عمقی (درصد) (DPR)	نسبت پایاب (درصد) (TWR)	بازده کاربرد (درصد) (Ea)
واکر و اسکوگربو	۲۴۰۸	۴۵۰	۷۴۷	۳۱	۱۸/۷	۵۰/۳
کاهش دبی	۲۰۶۵	۱۸۷	۷۴۷	۳۶/۲	۹	۵۴/۸
سنتی	۲۵۰۷	۷۰۰	۵۰۰	۱۹/۹	۲۷/۹	۵۲/۱

جدول ۷. بازده آبیاری سوم در مزرعهٔ آزمایشی شرودان

روش	حجم ورودی (لیتر) (V_{in})	حجم خروجی (لیتر) (V_{out})	حجم نفوذ عمقی (لیتر) (V_{dp})	نسبت نفوذ عمقی (درصد) (DPR)	نسبت پایاب (درصد) (TWR)	بازده کاربرد (درصد) (Ea)
واکر و اسکوگربو	۲۵۷۴	۴۰۳	۶۶۲	۲۵/۷	۱۵/۷	۵۸/۶
کاهش دبی	۲۳۴۰	۲۱۴	۶۶۲	۲۸/۳	۹/۱	۶۲/۵
سنتی	۲۲۸۲	۴۳۰	۴۵۶	۲۰	۱۸/۸	۶۱/۲

جدول ۸. بازده آبیاری اول در مزرعهٔ آزمایشی دانشگاه صنعتی اصفهان

روش	حجم ورودی (لیتر) (V_{in})	حجم خروجی (لیتر) (V_{out})	حجم نفوذ عمقی (لیتر) (V_{dp})	نسبت نفوذ عمقی (درصد) (DPR)	نسبت پایاب (درصد) (TWR)	بازده کاربرد (درصد) (Ea)
واکر و اسکوگربو	۲۳۵۳	۵۵	۱۴۵۰	۶۱/۶	۲/۳	۳۶
کاهش دبی	۲۳۱۲	۲۷	۱۴۵۰	۶۲/۷	۱/۲	۳۶/۱
سنتی	۵۰۷۵	۴۸۳	۳۱۲۱	۶۱/۵	۹/۵	۲۹

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]

جدول ۹. بازده آبیاری دوم در مزرعهٔ آزمایشی دانشگاه صنعتی اصفهان

روش	حجم ورودی (لیتر) (V_{in})	حجم خروجی (لیتر) (V_{out})	حجم نفوذ عمقی (لیتر) (V_{dp})	نسبت نفوذ عمقی (درصد) (DPR)	نسبت پایاب (درصد) (TWR)	بازده کاربرد (درصد) (Ea)
واکر و اسکوگربو	۱۵۲۵	۹۳	۶۰۶	۳۹/۷	۶/۱	۵۴/۲
کاهش دبی	۱۴۰۶	۸۰	۶۰۶	۴۳/۱	۵/۷	۵۱/۲
سنتی	۱۸۵۲	۱۵۹	۸۷۹	۴۷/۵	۸/۶	۴۳/۹

جدول ۱۰. بازده آبیاری سوم در مزرعهٔ آزمایشی دانشگاه صنعتی اصفهان

روش	حجم ورودی (لیتر) (V_{in})	حجم خروجی (لیتر) (V_{out})	حجم نفوذ عمقی (لیتر) (V_{dp})	نسبت نفوذ عمقی (درصد) (DPR)	نسبت پایاب (درصد) (TWR)	بازده کاربرد (درصد) (Ea)
واکر و اسکوگربو	۱۷۰۵	۲۸۷	۴۸۴	۲۸/۴	۱۶/۸	۵۴/۸
کاهش دبی	۱۳۶۲	۱۱۳	۴۸۴	۳۵/۵	۸/۳	۵۶/۲
سنتی	۲۰۹۲	۳۵۰	۴۳۹	۲۱	۱۶/۷	۶۲/۳

۲. با سبک‌تر شدن بافت خاک و در نتیجه افزایش نفوذپذیری خاک، اختلاف بازده‌کاربرد بین روش‌های واکر و اسکوگربو و کاهش دبی کمتر می‌شود (جداول ۸ و ۹)، زیرا مقدار رواناب در خاک‌های سبک‌تر کمتر از خاک‌های سنگین‌تر است. این موضوع به خصوص در آبیاری‌های اول که قابلیت نفوذ خاک بیشتر است مشهودتر می‌باشد.

۳. از آبیاری اول به آبیاری‌های بعدی، به دلیل کاهش نفوذپذیری جویچه‌ها، برتری روش کاهش دبی به دو روش دیگر نمایان‌تر است (جداول ۲ تا ۴). این موضوع به ویژه در خاک‌های با بافت سنگین‌تر حائز اهمیت بیشتری است.

منابع مورد استفاده

۱. اردشیری، م. ۱۳۷۳. نگرشی بر آمار اراضی کشاورزی آبی برخی از کشورهای جهان. ماهنامه آب، خاک، ماشین ۲: ۱۰-۱۴.

۲. فرزام‌نیا، م. ۱۳۷۶. مقایسهٔ عملکرد هیدرولیکی آبیاری شیاری تحت روش‌های کات بک، واکر و اسکوگربو و سنتی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. نی‌ریزی، س.، ت. سهرابی، م. ماهرانی و ن. حیدری. ۱۳۷۶. آشنایی با آبیاری کابلی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو. صفحات ۱-۱۰

۴. واکر، و. آر. و گ. وی. اسکوگربو. ۱۳۷۵. آبیاری سطحی: تئوری و عمل (ترجمهٔ ب. مصطفی‌زاده و ف. موسوی). انتشارات فرهنگ جامع. ۴۹۷ صفحه.

5. Alazba, A. A. and D. D. Fangmeier. 1995. Hydrograph shape and border irrigation efficiency. J. Irrig. and Drain. Div., ASCE 121(6): 452-457.

6. Bautista, E. and W. W. Wallender. 1993. Optimal management strategies for cut-back furrow irrigation. J. Irrig. and Drain. Eng., ASCE 119(6): 1099-1115.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]

7. Brosz, D. D. and J. L. Wiersma. 1971. Evaluation and functional operation of irrigation systems. National Technical Information Service, PB-206124, 34p.

8. Coolidge, P. S., W. R. Walker and A. A. Bishop. 1982. Advance and runoff-surge flow furrow irrigation. J. Irrig. and Drain. Div., ASCE 108(3): 179-195.

9. Elliott, R. L. and W. R. Walker. 1982. Field evaluation of furrow infilteration and advance function. Trans. ASAE 25(2): 396-400.

10. Evans, R. G. 1977. Improved semi-automatic gates for cut-back surface irrigation systems. Trans. ASAE 20(1): 105-108.

11. Garton, J. E. 1966. Designing an automatic cut-back furrow irrigation system. Bull. B. 651, Oklahoma Agric. Exp. Station, Oklahoma State Univ., Stillwater, Ok.

12. Izadi, B., D. Studer and I. Mc Cann. 1991. Maximizing set wide furrow irrigation application efficiency under full irrigation strategy. Trans. ASAE 34(5): 2006-2014.

13. Izadi, B. and W. W. Wallender. 1985. Furrow hydraulic characteristics and infiltration. Trans. ASAE 28(6): 1901-1908.

14. Mostafazadeh, B. and W. R. Walker. 1987. Furrow geometry under surge and continuous flow. Iran Agric. Res. 6(2): 57-71.

15. Sakkas, J. G. and W. E. Hart. 1968. Irrigating with cut-back furrow streams. J. Irrig. and Drain. Div., ASCE 94(1): 91-96.

16. Sohrabi, T. and A. Keshavarz. 1994. Surface irrigation system evaluation under farmers management. XII Congress on Agric. Eng., Milano, Italy.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1379.4.3.1.8]