کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه
۱۳ آذر ماه ۱۳۸۴

# تأثیر آبنمودهای مختلف جریان ورودی بر عملکرد آبیاری نواری

بهروز مصطفی‌زاده، جهانگیر عابدی کوپائی، مریم دهقانی[۱]

## چکیده

آبیاری نواری یکی از روش‌های متداول آبیاری سطحی است که عملکرد هیدرولیکی آن تحت تأثیر آبنمود جریان ورودی آب به نوار قرار دارد. در این مطالعه، حالت‌های مختلف آبنمود جریان ورودی آب به نوار شامل دبی ثابت، دبی تقلیل‌یابنده، دبی کاهش تدریجی، دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده و دبی کاهش تدریجی اصلاح شده در دو مزرعه آزمایشی آبیاری نواری متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان برای حجم یکسان آب آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت. آمار مزرعه‌ای از قبیل طول نوار، عرض نوار، شیب نوار، بافت خاک، رطوبت اولیه خاک قبل از آبیاری، زمان پیشروی، زمان پسروی، دبی‌ورودی و دبی خروجی از نوار اندازه‌گیری شدند. آبنمودهای جریان ورودی و جریان خروجی، منحنی‌های پیشروی و پسروی و توزیع رطوبت تحت‌الارضی برای هر یک از نوارهای مزارع آزمایشی رسم گردید. ضرایب و توان معادله نفوذ کوستیاکف–لوئیس به روش بیلان حجم برای هریک از مزارع آزمایشی تعیین گردید. نتایج نشان داد که در هر دو مزرعه آزمایشیِ ضریب یکنواختی برای تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده بیشتر از ۸۰ درصد می‌باشد. بطور کلی تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده به دلیل فرونشت عمقی کمتر و راندمان نیاز آبی ۱۰۰ درصد نسبت به سایر تیمارها عملکرد نسبی بهتری را نشان داد.

**واژه‌های کلیدی**: آبیاری نواری، آبنمود جریان ورودی، عملکرد هیدرولیکی

---

۱- به ترتیب دانشیار، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

## مقدمه

کاهش تلفات آب و افزایش بازده آبیاری یکی از اصول اساسی در توسعه کشاورزی است. بررسی عملکرد آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعان حاکی از آن است که بازده کاربرد آب در اکثر مناطق در حد قابل قبولی نیست. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که روش آبیاری، تأثیر بسزایی در افزایش بازده آبیاری داشته و تلفات آب در مزرعه عمدتاً ناشی از نفوذ عمقی آب به خارج از ناحیه توسعه ریشه است (۶).

روش‌های آبیاری تحت فشار، توزیع یکنواختی رطوبت را افزایش می‌دهند. اما به کارگیری این روش‌ها مستلزم انرژی و سرمایه‌گذاری اولیه نسبتاً زیادی است. در شرایط فعلی از نظر اقتصادی نیاز به روش‌های آبیاری سطحی برای کاهش سرمایه‌گذاری اولیه و صرفه‌جویی در انرژی امری ضروری به نظر می‌رسد. با وجود این برای تشویق زارعان به شیوه‌های جدید، این روش‌ها باید علاوه بر توزیع یکنواختی بالا، مستلزم صرف هزینه اولیه، هزینه نگهداری و کارگر کمتری باشند و مانعی برای عملیات زراعی ایجاد نکنند (۱).

به دلیل وضعیت خاص انرژی در جهان و در راستای پایداری اقتصادی مزارع آبی، محققان برای اصلاح، توسعه، بهبود و ابداع روش‌هایی که ضمن نیاز به سرمایه کمتر، بتوانند از نیروی ثقل استفاده نمایند و مصرف انرژی را کاهش دهند، تلاش زیادی به عمل آورده‌اند (۳). آبیاری موجی[1] و آبیاری کابلی[2] دو نمونه از این تحولات در زمینه بالا بردن بازده و خودکار نمودن روش‌های آبیاری سطحی‌اند (۱۳ تا ۱۵).

در آبیاری موجی که در سال ۱۹۷۹ پیشنهاد و معرفی شد به جای جریان پیوسته آب به جویچه‌ها (شیارها) و نوارهای مزرعه، از جریان منقطع استفاده می‌شود. جریان منقطع سبب افزایش سرعت پیشروی آب و در نتیجه توزیع یکنواخت‌تر رطوبت در طول مزرعه می‌گردد (۵). در این روش آبیاری با تعیین طول دوره قطع و وصل مناسب، می‌توان رواناب را کنترل نمود و مقدار آن را کاهش داد (۶). آبیاری موجی، نوع متناوب از آبنمود[3] (هیدروگراف) جریان ورودی است که آثار آن بویژه در کاهش حجم آب لازم برای تکمیل مرحله پیشروی بر محققان آشکار است. تحقیقات متنوعی در زمینه آبیاری موجی از نظر تأثیر بر نفوذپذیری خاک، افزایش سرعت پیشروی، توزیع مجدد آب، مدل‌سازی جریان، خودکار نمودن انتقال آب و حتی جایگزینی آن با آبیاری قطره‌ای انجام شده است (۱۶،۱۰،۴).

آبیاری کابلی که در سال ۱۹۸۱ ابداع شد نوعی آبیاری جویچه‌ای است که در آن از لوله‌های دریچه‌دار استفاده می‌شود (۱۱). در این روش، افزایش بازده آبیاری از طریق کاهش تدریجی جریان ورودی امکان‌پذیر است (۸، ۹، ۱۲).

1. Surge irrigation
2. Cablegation irrigation
3 . Hydrograph

با تأمل در توسعه آبیاری سطحی به این نکته پی می‌بریم که یکی از مسائل مهم و اساسی در شیوه‌های متعدد آبیاری نواری، تفاوت این روش‌ها در نحوه ورود آب به داخل نوار است. لذا می‌توان آنها را در قالب آبنمود جریان ورودی مورد بحث و بررسی قرار داد. در این مورد به چند تحقیق اشاره می‌شود.

جریان ورودی پیوسته و ثابت[1] به واحدهای تحت آبیاری سطحی، غالب‌ترین شکل آبنمود جریان ورودی در نظام‌های آبیاری سطحی از گذشته‌های دور تا کنون بوده است. با این حال، این باور حتمی است که این رژیم جریان، عملکرد بهینه‌ای برای آبیاری نخواهد داشت (۷).

روش‌های عمده و متداول آبیاری سطحی از نظر نوع رژیم جریان ورودی عبارتند از: روش جریان ثابت و روش جریان کات بک یا تقلیل‌یابنده[2] که هر دو روش در مقایسه با جریان سرج جزء روش‌های جریان پیوسته محسوب می‌گردند. در روش جریان ثابت از ابتدا تا پایان عمل آبیاری، دبی ورودی ثابت است که در این حالت، ایجاد رواناب سطحی و یکنواخت نبودن نفوذ در طول مزرعه، اجتناب‌ناپذیر است. در جریان کات بک، پیشروی آب با یک دبی غیر فرسایشی صورت می‌گیرد. سپس برای به حداقل رسانیدن رواناب، دبی وارده به نوار به مقدار طراحی شده یا در حد نصف کاهش داده می‌شود (۶، ۸).

ایزدی و همکاران (۱۰) با استفاده از مدل موج جنبشی[3] ، آبنمودهای مختلف جریان ورود آب به جویچه را شامل جریان ثابت، جریان تقلیل‌یابنده و جریان سرج (موجی) شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که با استفاده از جریان‌های تقلیل‌یابنده و سرج در مقایسه با جریان پیوسته می‌توان بین ۵ تا ۷ درصد در حجم آب کاربردی صرفه‌جویی کرد.

آلازبا و فانگمیر (۷) تأثیر شکل آبنمود جریان ورود آب به نوار را بر راندمان کاربرد آب با استفاده از مدل اینرسی-صفر[4] شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی آنها نشان داد که راندمان کاربرد برای جریان تقلیل‌یابنده اصلاح شده بیشتر است.

هدف از این تحقیق بررسی اثر پنج شکل مختلف آبنمود جریان ورود آب به نوار بر عملکرد هیدرولیکی آبیاری نواری در دو مزرعه مختلف است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزارع آزمایشی متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان شامل مزرعه دانشگاه و مزرعه خزانه انجام گرفت. در جدول ۱ بعضی از خصوصیات مربوط به این مزارع آزمایشی ارائه شده است.

1. Continuous flow
2. Cut-back flow
3. Kinematic-wave model
4. Zero-inertia model

جدول ۱. برخی از خصوصیات مربوط به مزارع آزمایشی

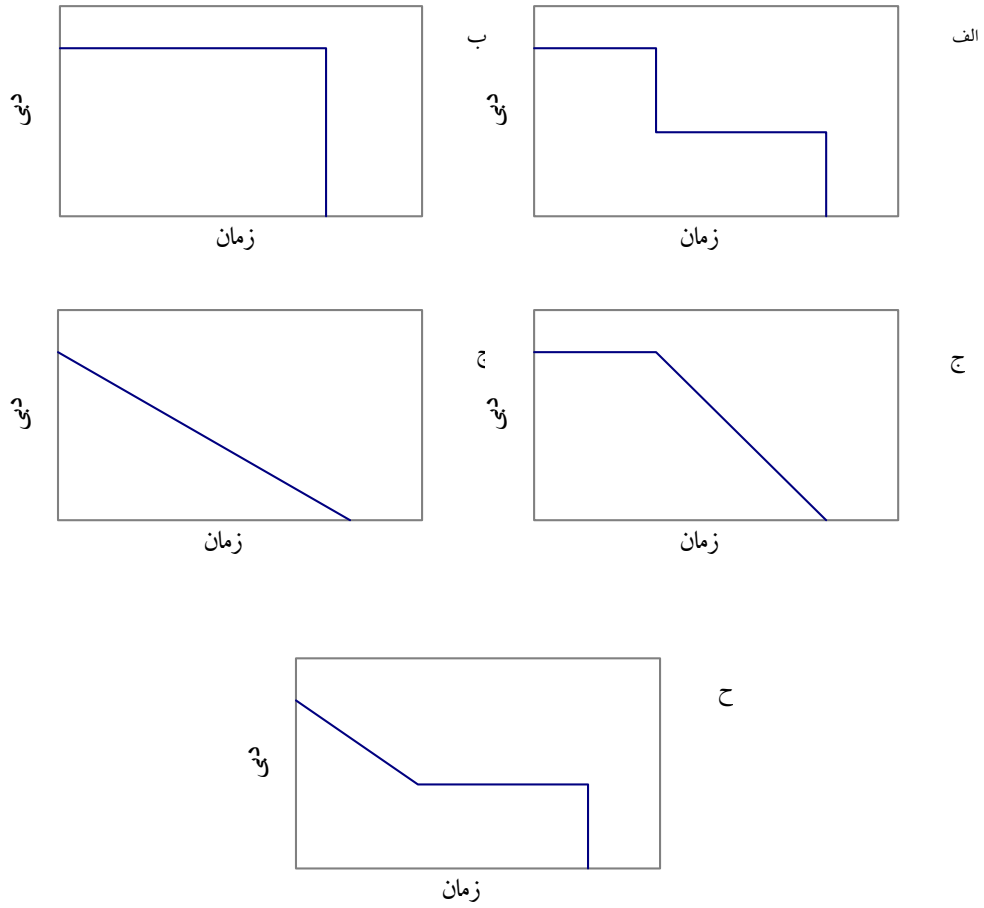
| مزرعه آزمایشی | درصد شن | درصد سیلت | درصد رس | بافت خاک | طول نوار (متر) | عرض نوار (متر) | شیب زمین (درصد) | رطوبت حجمی (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| دانشگاه | ۴۰ | ۳۰/۵ | ۲۹/۵ | لوم | ۴۰ | ۳/۸۵ | ۰/۵ | ۲ |
| خزانه | ۳۶ | ۳۷ | ۲۷ | لوم رسی | ۴۰ | ۳/۸۵ | ۰/۷ | ۱/۵ |

در هر دو مزرعه آزمایشی عملیات تهیه زمین شامل شخم و دیسک به وسیله تراکتور انجام شد و نوارهایی به طول ۴۰ متر و عرض ۳/۸۵ متر آماده شد. آبیاری برای اولین بار انجام می‌شد و ضریب زبری مزرعه ۰/۰۴ در نظر گرفته شد. پنج حالت مختلف آبنمود جریان ورود آب به نوار در هر دو مزرعه آزمایشی برای حجم یکسان آب ورودی (تقریباً برابر ۶/۵۲ مترمکعب در واحد عرض نوار) ایجاد شد (شکل ۱). این آبنمودها عبارت بودند از: آبنمود جریان ثابت، آبنمود جریان تقلیل‌یابنده، آبنمود جریان کاهش تدریجی[1]، آبنمود جریان تقلیل‌یابنده اصلاح شده[2] و آبنمود جریان کاهش تدریجی اصلاح شده[3] . در تیمار اول دبی جریان ورودی آب به نوار در طول آبیاری ثابت بود. در تیمار دوم بعد از رسیدن آب به انتهای نوار دبی جریان ورودی آب به نوار به اندازه نصف مقدار دبی اولیه رسید و این مقدار تا آخر زمان آبیاری ثابت بود. در تیمار سوم دبی جریان ورودی آب به نوار از شروع آبیاری به‌تدریج کم شد به طوری که در پایان زمان آبیاری به صفر رسید. در تیمار چهارم دبی جریان ورودی آب به نوار تا پایان زمان پیشروی ثابت بود و بعد از آن به صورت تدریجی کم شد تا در پایان آزمایش دبی به صفر رسید. در تیمار پنجم از ابتدای شروع آبیاری دبی ورودی به نوار به تدریج کم شد تا اینکه وقتی دبی ورودی به اندازه نصف مقدار اولیه‌اش رسید بقیه آزمایش با همان دبی نصف شده تا پایان زمان آبیاری ادامه یافت. ایجاد آبنمودهای مختلف برای نوارهای آزمایشی، از طریق تنظیم دریچه انتقال آب که در کانال بالادست نوارها قرار داشت انجام می‌شد.

قبل از انجام هر آزمایش در سه نقطه مختلف نوار از عمق ۳۰ سانتی‌متری برای تعیین رطوبت اولیه خاک، نمونه برداری شد. شیب هر مزرعه آزمایشی با استفاده از دوربین نقشه‌برداری تعیین گردید. برای هر نوار ایستگاه‌بندی به فواصل ۵ متر از ابتدای نوار انجام شد. در ابتدا و انتهای هر نوار آزمایشی به منظور تعیین دبی ورودی و خروجی فلوم‌های اندازه‌گیری نصب شدند. سپس دبی ورودی مورد نظر از طریق فلوم وارد نوار شد و ارتفاع آب در هر فلوم نسبت به زمان در طول مدت آبیاری یادداشت شد.

1. Gradual reducing flow
2. Modified cut-back flow
3. Modified gradual reducing flow

برای تعیین فرصت نفوذ برای قسمت‌های مختلف نوار زمان رسیدن آب به هر یک از ایستگاه‌های مختلف یادداشت شد. معمولاً جریان ورودی و خروجی آب از آغاز آبیاری تا پایان آن دارای تغییراتی بود که در دوره‌های مختلف زمانی ازشروع آزمایش اعداد مربوط به اشل فلوم ورودی ثبت می‌گردید و بعد از رسیدن آب به انتهای نوار برای فلوم خروجی همین عمل صورت می‌گرفت. این عملیات تا به صفر رسیدن مقدار دبی ورودی و خروجی در نوار ادامه یافت و زمان ناپدید شدن آب یا پسروی در هر ایستگاه نیز ثبت شد.




شکل ۱. پنج آبنمود مختلف جریان ورود آب به نوار شامل الف) جریان ثابت، ب) جریان تقلیل‌یابنده، ج) جریان کاهش تدریجی، چ) جریان تقلیل‌یابنده اصلاح شده و ح) جریان کاهش تدریجی اصلاح شده.

برای تعیین معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس[1] در هر یک از مزارع آزمایشی، یک آزمایش با دبی ورودی ثابت انجام شد که زمان آزمایش تا بعد از رسیدن به دبی خروجی ثابت ادامه یافت. سپس با داشتن اطلاعات اندازه‌گیری شده و استفاده از روش بیلان حجم معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس تعیین شد (۶).

1 . Kostiakov-Lewis

معادله نفوذ کوستیاکف–لوئیس به شرح زیر است:

$$Z = Kt^a + f_0 t \qquad [۱]$$

که در آن:

$Z$ = حجم آب نفوذ یافته در واحد طول و عرض نوار پس از زمان نفوذ $t$ (مترمکعب بر مترمربع)

$a$ = نمای معادله (بدون بعد)

$K$ = پارامتر معادله (مترمکعب بر متر مربع بر دقیقه به توان $a$)

$t$ = زمان نفوذ (دقیقه)

$f_0$ = سرعت نفوذ نهایی خاک (مترمکعب بر مترمربع بر دقیقه) که از معادله زیر محاسبه شد:

$$f_0 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \qquad (۲)$$

که در آن:

$Q_{in}$ = دبی ثابت جریان ورودی (مترمکعب بردقیقه در واحد عرض نوار)

$Q_{out}$ = دبی ثابت جریان خروجی (مترمکعب بر دقیقه در واحد عرض نوار)

$L$ = طول نوار (متر)

برای ارزیابی مزارع مورد مطالعه، آبنمودهای جریان ورودی و جریان خروجی نوارها رسم گردید و با تجزیه وتحلیل این آبنمودها حجم آب کاربردی و حجم رواناب برای هر نوار محاسبه شد. تفاوت زمان پیشروی با زمان پسروی هر ایستگاه در طول نوار برابر زمان نفوذ در نظر گرفته شد و با استفاده از معادله نفوذ، عمق آب نفوذ یافته در هر ایستگاه محاسبه گردید. در این مطالعه عمق آب مورد نیاز آبیاری برابر ۸ سانتی‌متر فرض شد. با ترسیم عمق آب نفوذ یافته به خاک در هر ایستگاه در طول نوار پروفیل رطوبت تحت‌الارضی به دست آمد که با انتگرال‌گیری آن حجم آب نفوذ یافته به نوار محاسبه شد. سپس شاخصهای ارزیابی با استفاده از معادلات زیر تعیین شدند (۶).

$$E_a = \frac{V_{st}}{V_{app}} \times ۱۰۰ \qquad (۳)$$

که درآن:

$E_a$ = راندمان کاربرد (درصد)

$V_{st}$ = حجم آب ذخیره شده در منطقه ریشه (مترمکعب در واحد عرض)

$V_{app}$ = کل حجم آب مصرفی که از اطلاعات آبنمود جریان ورودی محاسبه می‌شود (مترمکعب در واحد عرض)

$$E_r = \frac{V_{st}}{V_{rq}} \times ۱۰۰ \qquad (۴)$$

که در آن:

$E_r$ = راندمان نیاز آبی[1] (درصد)

$V_{rq}$ = حجم آبی که جهت تأمین نیاز آبی لازم است (مترمکعب در واحد عرض)

$$R_r = \frac{V_{ro}}{V_{app}} \times ۱۰۰ \qquad (۵)$$

که در آن:

$R_r$ = رواناب (درصد)

$V_{ro}$ = حجم رواناب که از اطلاعات آبنمود جریان خروجی محاسبه می‌شود (مترمکعب در واحد عرض)

$$D_r = \frac{V_{dp}}{V_{app}} \times ۱۰۰ \qquad (۶)$$

که در آن:

$D_r$ = فرو نشت عمقی (درصد)

$V_{dp}$ = حجم فرونشت عمقی (مترمکعب در واحد عرض)

$$D_u = \frac{Z_{lq}}{Z_L} \times ۱۰۰ \qquad (۷)$$

که در آن:

$D_u$ = ضریب یکنواختی (درصد)

$Z_{lq}$ = متوسط عمق آب نفوذیافته در یک چهارم پایین نوار

$Z_l$ = متوسط عمق آب نفوذیافته در کل نوار

بین حجم آب نفوذ یافته در مزرعه که با توجه به آبنمودهای جریان ورودی و جریان خروجی محاسبه می‌شود با حجم آب نفوذ یافته که با استفاده از منحنی پیشروی-پسروی و معادله نفوذ بدست می‌آید معمولاً اختلافی وجود دارد که این اختلاف به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{rr} = \frac{V_{inf} - (V_{app} - V_{ro})}{V_{app} - V_{ro}} \times ۱۰۰ \qquad (۸)$$

که در آن:

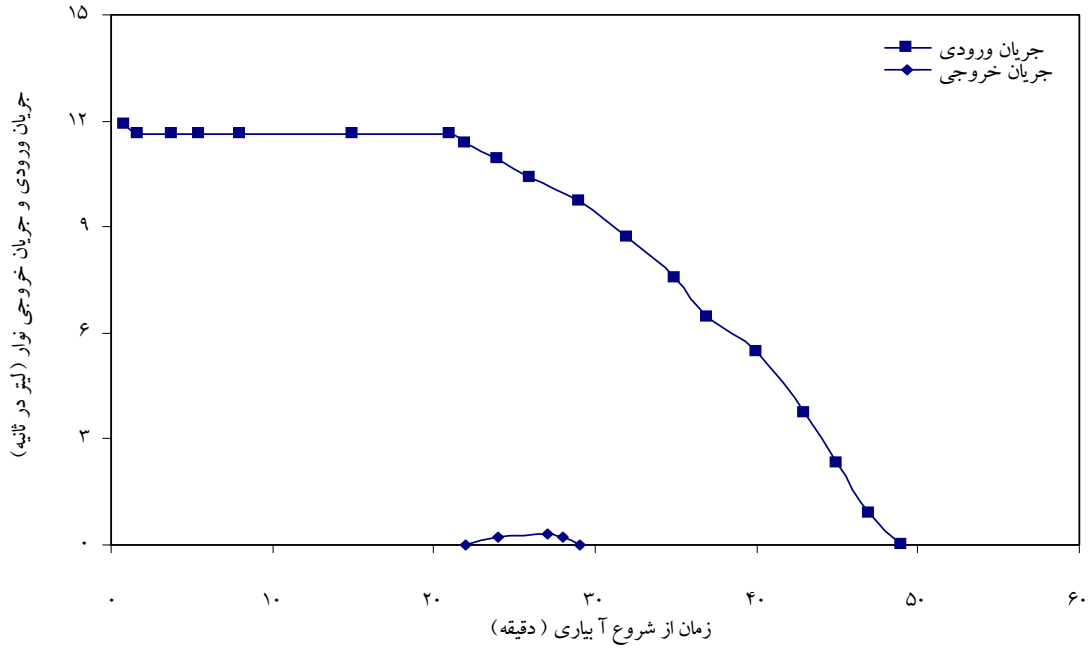
$E_{rr}$ = خطای بیلان حجمی (درصد)

$V_{inf}$ = حجم آب نفوذ یافته که از منحنی پیشروی- پسروی و معادله نفوذ محاسبه می‌شود (مترمکعب در واحد عرض)

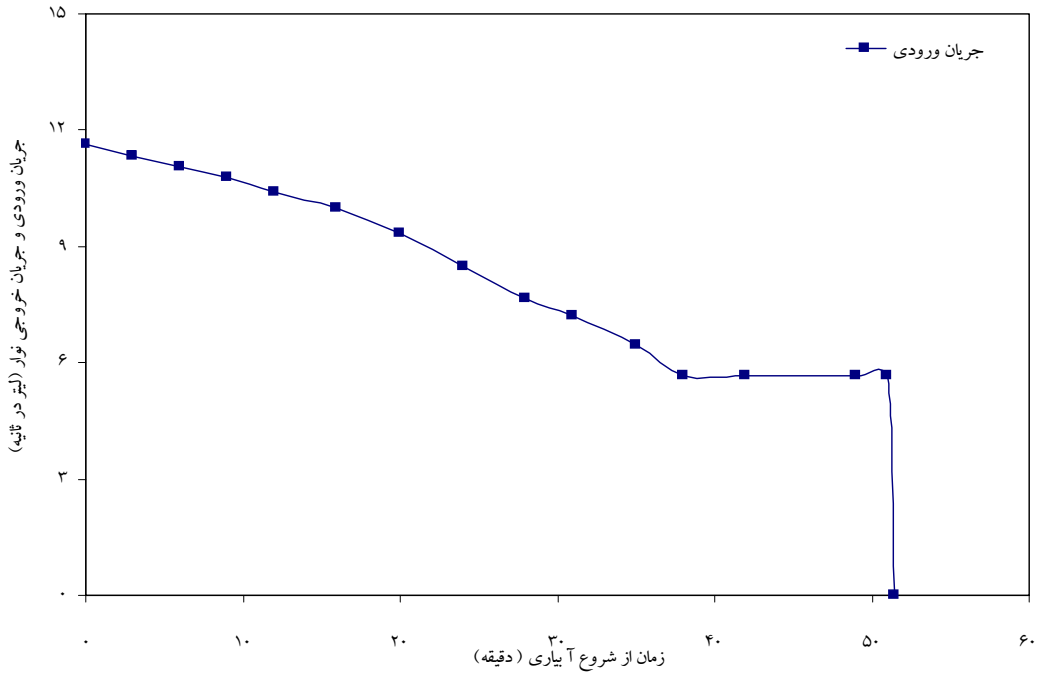
1. Water requirement efficiency

## نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل ارقام آزمایش‌های نفوذ (جدول ۲) حاکی از آن است که سرعت نفوذ نهایی نوار (د) برای هر دو مزرعه آزمایشی تقریباً مشابه یکدیگر هستند. نمای معادله نفوذ (ح) در مزرعه آزمایشی خزانه اندکی بیشتر از مزرعه آزمایشی دانشگاه است. ضریب معادله نفوذ (پ) در مزرعه آزمایشی خزانه کمتر از مزرعه آزمایشی دانشگاه می‌باشد. این ضرائب و نماها نشان می‌دهند که به‌طور کلی مقدار نفوذ تجمعی در مزرعه آزمایشی خزانه کمتر از مزرعه آزمایشی دانشگاه است. برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه، آبنمودهای جریان ورودی و جریان خروجی اندازه‌گیری شد که به طور مثال نمونه‌ای از آبنمودهای اندازه‌گیری شده برای تیمارهای ۴ و ۵ برای مزرعه آزمایشی خزانه در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه گردیده است. با استفاده از این آبنمودها و اطلاعات اندازه‌گیری شده، شاخصهای ارزیابی عملکرد هیدرولیکی برای هر یک از مزارع آزمایشی و برای هریک از تیمارهای مورد مطالعه محاسبه گردید که این نتایج به تفکیک برای مزرعه آزمایشی دانشگاه در جدول ۳ و برای مزرعه آزمایشی خزانه در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به اطلاعات ارائه شده در این دو جدول مشاهده می‌شود که تیمار ۱ یعنی دبی ورودی ثابت دارای درصد رواناب بیشتری نسبت به بقیه تیمارها است. فرزام نیا نتایج مشابهی برای آبیاری شیاری بدست آورد (۲). در تیمار ۲ یعنی دبی تقلیل‌یابنده، نسبت به تیمار دبی ثابت رواناب کاهش یافته است. در تیمار ۳ یعنی دبی کاهش تدریجی نسبت به بقیه تیمارها راندمان نیاز آبی کمتر و فرونشت عمقی بیشتر شده است. بنابراین در هر دو مزرعه آزمایشی تیمار دبی کاهش تدریجی دارای عملکرد مناسبی نبوده است. در تیمار ۴ یعنی تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده نسبت به بقیه تیمارها درصد فرونشت عمقی کاهش و ضریب یکنواختی افزایش یافته است. جداول ۳ و ۴ نشان می‌دهند که در هر دو مزرعه آزمایشی، به‌طور کلی تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده نسبت به بقیه تیمارها دارای عملکرد نسبی بهتری می‌باشد. آلازبا و فانگمیر (۷) که با استفاده از مدل اینرسی-صفر شرایط مزرعه‌ای آبیاری نواری را شبیه‌سازی کردند نتیجه گرفتند که راندمان کاربرد آب برای جریان تقلیل‌یابنده اصلاح شده بیشتر است. در تیمار ۵ یعنی دبی کاهش تدریجی اصلاح‌شده نسبت به تیمار کاهش تدریجی یعنی تیمار ۳ راندمان نیاز آبی افزایش یافته است. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که آبنمود کاهش تدریجی بدلیل داشتن راندمان پایین نسبت به بقیه تیمارها نمی‌تواند موجب بهبود کارآیی آبیاری نواری گردد.




شکل ۱. نمونه‌ای از هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی برای مزرعه آزمایشی خزانه، تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده




شکل ۲. نمونه‌ای از هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی برای مزرعه آزمایشی خزانه، تیمار دبی کاهش تدریجی اصلاح شده

به دلیل تشابه روند کاهشی آبنمود کاهش تدریجی با روند نزولی سرعت نفوذ آب در خاک، انتظار می‌رود روند تغذیه و مصرف آب توسط خاک یکسان گشته و در نتیجه بازده آبیاری افزایش یابد. لیکن در عمل آشکار گشت که در این طرز تفکر مطلبی مورد توجه قرار نگرفته است، زیرا هر چند حالت ایده‌آل آن خواهد بود که دبی ورودی، به طور پیوسته کاهش یابد تا در اثر تغییرات کاهشی نفوذ، اتلاف آب از طریق رواناب و فرونشت عمقی حداقل شود، اما این پدیده در یک محدوده خاص مثلاً در اطراف یک نقطه از خاک بیشتر روی می‌دهد. اگر در این نقطه ابتدا با شدت بالا و بتدریج با شدتهای کمتر آب به خاک تزریق شود (به عبارت دیگر تغییرات شدت جریان ورودی متناسب با تغییرات شدت نفوذ آب به داخل خاک باشد) مشاهده خواهد شد روانابی در اطراف نقطه مذکور ایجاد نمی‌شود. پس برای ایجاد و رسیدن به چنین حالتی که نزدیک به شرایط ایده‌آل است باید این عمل را در طول نوار و برای کل نقاط نوار به وجود آورد. لذا، در آبنمود کاهش تدریجی و حالت اصلاح شده آن‌که کاهش شدت جریان فقط در نقطه ابتدائی نوار رخ می‌دهد نمی‌توان بازده مطلوب را برای کل نوار ایجاد کرد. به طور کلی این آبنمود جریان ورودی به نوار، هر چند رواناب را به علت کاهش سرعت پیشروی آب کم می‌کند، برای تأمین کمبود رطوبت خاک در انتهای نوار، درصد فرونشت عمقی در ابتدای نوار را بالا خواهد برد و سبب غیر یکنواختی خواهد شد. هر چند، استفاده از آبنمود جریان ورودی کاهش تدریجی در مزرعه خزانه، که شیب بیشتر و بافت خاک سنگین‌تر دارد تا حدی یکنواختی توزیع آب را در طول نوار در مقایسه با مزرعه دانشگاه افزایش داده است. پس با توجه به این مطالب پیشنهاد می‌شود بجای به‌کارگیری دبی ورودی ثابت در مزارع از دبی ورودی تقلیل‌یابنده و خصوصاً دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده استفاده شود. همچنین برای بهتر شدن عملکرد آبیاری در صورت امکان با حداکثر دبی ورودی غیر فرسایشی به نوار آبیاری انجام شود. هر چند که تأثیر آبنمود جریان ورود آب به نوار بر عملکرد هیدرولیکی نوار به عوامل مختلفی از جمله دبی جریان ورودی، بافت خاک، شیب نوار، ضریب زبری نوار، پوشش گیاهی و غیره بستگی دارد ولی به طور کلی با توجه به شرایط مزارع آزمایشی در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده به دلیل فرونشت عمقی کمتر و راندمان نیاز آبی ۱۰۰ درصد نسبت به بقیه تیمارها دارای عملکرد نسبی بهتری است.

با توجه به اینکه مطالعه ارائه شده اولین مطالعه در زمینه تأثیر آبنمود جریان ورود آب به نوار در ایران می‌باشد پیشنهاد می‌گردد تأثیر پارامترهای فوق‌الذکر بر عملکرد هیدرولیکی آبیاری نواری برای حالت‌های مختلف آبنمود جریان ورود آب به نوار مورد مطالعه قرار گیرد تا با کاهش اتلاف آب آبیاری بتوان راندمان کاربرد آب در مزرعه را برای آبیاری نواری که یک روش متداول آبیاری در ایران است افزایش داد.

جدول ۲. پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس برای مزارع آزمایشی.

| مزرعه آزمایشی | $f_0$(m/min) | $A$ | $K$(m/min$^a$) |
|---|---|---|---|
| دانشگاه | ۰/۰۰۱۵ | ۰/۳۷ | ۰/۰۵۸ |
| خزانه | ۰/۰۰۱۵۷ | ۰/۴۳ | ۰/۰۲۳ |

جدول ۳. مقایسه شاخص‌های ارزیابی برای مزرعه آزمایشی دانشگاه.

| تیمار | حجم آب کاربردی (مترمکعب) | راندمان کاربرد (درصد) | راندمان‌نیاز آبی (درصد) | فرونشت عمقی (درصد) | رواناب ( درصد) | ضریب یکنواختی ( درصد) | خطای بیلان حجمی (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۶/۹۵ | ۴۶ | ۱۰۰ | ۵۸/۲ | ۳/۲ | ۷۳ | ۷/۴ |
| ۲ | ۶/۸۶ | ۴۶/۶ | ۱۰۰ | ۵۷/۷ | ۰/۴ | ۷۴ | ۴/۷ |
| ۳ | ۶/۵۴ | ۲۴/۴ | ۵۰ | ۷۱/۷ | ۰ | ۷۸ | -۳/۹ |
| ۴ | ۶/۸۳ | ۴۶/۹ | ۱۰۰ | ۵۵/۸ | ۰/۱۵ | ۸۰/۳ | ۲/۸۵ |
| ۵ | ۶/۳۹ | ۴۱/۳ | ۸۲/۵ | ۶۶ | ۰ | ۶۸/۴ | ۷/۳ |

جدول ۴. مقایسه شاخص‌های ارزیابی برای مزرعه آزمایشی خزانه.

| تیمار | حجم آب کاربردی (مترمکعب) | راندمان کاربرد (درصد) | راندمان‌نیاز آبی (درصد) | فرونشت عمقی (درصد) | رواناب (درصد) | ضریب یکنواختی (درصد) | خطای بیلان حجمی (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۶/۷۶ | ۴۷/۳ | ۱۰۰ | ۴۷/۴ | ۳ | ۷۹/۳ | -۲/۳ |
| ۲ | ۶/۶۷ | ۴۸ | ۱۰۰ | ۴۵/۹ | ۰/۳۵ | ۸۰ | -۵/۷۵ |
| ۳ | ۶/۵ | ۳۰/۷ | ۶۲/۵ | ۶۵/۱ | ۰ | ۸۲/۷ | -۴/۲ |
| ۴ | ۶/۵ | ۴۹/۳ | ۱۰۰ | ۴۴/۳ | ۰/۱۳ | ۸۱ | -۵/۱ |
| ۵ | ۶/۵ | ۴۷/۵ | ۹۷/۸ | ۶۰ | ۰ | ۵۷ | ۷/۵ |

## منابع مورد استفاده


۱- اسدی، م. ا. ۱۳۷۳. تحولات جدید در آبیاری سطحی در جهان. مجموعه مقالات اولین کنگره سیاست‌گذاری امور زیر بنایی در بخش کشاورزی، تهران، ۴۳۷–۴۵۷.

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

۳- کمپر، دبلیو. دی.، دی. سی. کین کید، آر. وی. ورستل، دبلیو. اچ. هینمان، تی. جی. تروت و جی. ای. چپمن. ۱۳۷۵. آشنایی باآبیاری کابلی. ترجمه: نیریزی، س.، ت. سهرابی، م. ماهرانی و ن. حیدری، گروه کار آبیاری مکانیزه و میکرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۴- گلن، ای. اس. و همکاران. ۱۳۷۵. آبیاری موجی. ترجمه سهرابی، ت.، حیدری، ن.، توکلی، ع. ر. و نیریزی، س.، گروه کار آبیاری مکانیزه و میکرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۵- مصطفی‌زاده، ب. ۱۳۶۹. مقایسه پیشروی آب در آبیاری شیاری با جریان‌های پیوسته و سرج در سه مزرعه در اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران ۲۱ (۱و۲): ۹–۱۵.

۶- واکر، دبلیو. آر و جی. وی. اسکوگربو. ۱۳۷۵. آبیاری سطحی: تئوری و عمل، ترجمه: مصطفی‌زاده، ب. و س. ف. موسوی، تهران، انتشارات فرهنگ جامع، ۴۹۷ صفحه.

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

8- Bautista, E. and W. W., Wallender. 1993. Optimal management strategies for cut-back furrow irrigation, J. Irrig. and Drain. Eng., ASCE 119 (6): 1099–1114.

9- Humphries, M. and T. J. Trout. 1990. Feedback control of cablegation systems, Visions of the future proceedings of the 3 rd National Irrigation Symposium held in conjunction with the 11 th Annual International Irrigation. ASAE: 667-674.

10- Izadi, B., D. Studer and I. MaCann. 1990. Maximum set–wide furrow irrigation application efficiency under full irrigation strategy. Trans. ASAE 34 (5): 2006-2014.

11- Kemper, W. D., W. H. Heinemann, D. C. Kincaid and R. V. Worstell. 1981. Cablegation: I. Cable controlled plug in perforated supply pipes for automatic furrow irrigation. Trans. ASAE 24 (6): 1526-1532.

12- Kemper, W. D., T. J. Trout and D. C. Kincahd. 1987. Cablegation automated supply for surface irrigation, In: Advances in irrigation, D. Hillel (ed), Academic press, Orlando. 4: 1-66.

13- Sousa, P. L., M. R.,Camaria and A. Monteria. 1993. Operation and management of a cablgation system, Der. ISA. Libson: 43-58.

14- Tacker, P. 2003. Border irrigation good alternative, Availabele at: http://deltafarmpress. com/ar/arming_border_irrigation_good/.

15- Trout, T. J. and D. C., Kincaid. 1993. Cablegation evaluation methodology, Applied Engineering in Agriculture. 9 (6): 523-528.

16- Walker, W. R. 2003. Sirmod III: Surface irrigation simulation, evaluation and design. Utah State University, Logan, Utah, U. S. A. Available at: www. irri-net. org/sirmod/-9k.

# The effect of different inflow hydrographs on hydraulic performance of border irrigation

**Abstract**

Border irrigation is one of the common method of surface irrigation which its hydraulic behavior is influenced by the border inflow hydrograph. In this study, different border inflow hydrographs including constant inflow, cut-back inflow, gradual reducing inflow, modified cut-back inflow and modified gradual reducing inflow were evaluated in two experimental farms belong to Isfahan University of Technology for the same volume of irrigation water. Field data including border length, border width, slope, soil texture, initial soil moisture, advance time, recession time, border inflow and border outflow were collected. Inflow hydrograph, outflow hydrograph, advance, recession and infiltrated water along the border were plotted for each experimental border. The parameters of the Kostiakov-Lewis infiltration function were determind for each experimental farm using volume balance method. The results showed that for both experimental farms the coefficient of uniformity for the modified cut-back inflow treatment is more than 80 percent. In general, the modified cut-back inflow treatment because of low deep percolation and water requirement efficiency of 100 percent showed better performance as compared to the other treatments.

**Keyword**: Border irrigation, Inflow hydrograph, Hydraulic performance