

## تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه شبکه آبیاری دز

منصور معیری\* و فریدون کاوه\*\*

\* نگارنده مسئول، نشانی: دزفول، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد، ص. پ. ۳۳۳، تلفن: ۳۰۴۳ (۰۶۴۲۲۴۳)، پیام‌نگار: man\_moayeri@yahoo.com

\*\* به‌ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد؛ و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۷/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۳/۲۵

### چکیده

مطالعه حاضر برای ارزیابی عملکرد مدیریت فعلی آبیاری جویچه‌ای و نواری هشت مزرعه در شبکه آبیاری دز با کشت‌های ذرت، چغندر، کاهو، کنجد، ماش، و گندم طی چهار فصل زراعی به اجرا در آمد. بر اساس این مطالعه، بازده کاربرد آب آبیاری در پنج مزرعه با روش آبیاری جویچه‌ای (۲۵ نوبت آبیاری) و سه مزرعه با آبیاری نواری (۴ نوبت آبیاری) به ترتیب معادل ۲۵/۸ و ۳۲/۷ درصد برآورد شد. همچنین مشخص شد که به‌طور متوسط عمده تلفات آب در درجه اول مربوط به رواناب سطحی از انتهای مزرعه و سپس نفوذ عمقی آب به زیر عمق توسعه ریشه است. با استفاده از اطلاعات موجود اجزای مختلف معادله نفوذ پیشنهادی مؤسسه حفاظت خاک امریکا، محاسبه شد. ضمن شبیه‌سازی شرایط مزارع مورد بررسی با روش مذکور در هر مزرعه با در نظر گرفتن عوامل مؤثر در مدیریت آبیاری شامل دبی ورودی، کاهش آب ورودی، طول مزارع، و زمان قطع آبیاری، شرایط بهینه با بازده بالاتر، بازده کاربرد محاسبه و پیشنهاد شد.

### واژه‌های کلیدی

آبیاری جویچه‌ای، آبیاری نواری، بازده کاربرد آبیاری، مدیریت آبیاری

### مقدمه

آبیاری دز را آبیاری می‌کند. به منظور کنترل نوسانات آب خروجی از سد دز، سد تنظیمی دزفول در سال ۱۳۵۰ با مخزنی به حجم ۱۴ میلیون متر مکعب مورد بهره‌برداری قرار گرفت. در فاصله ۲ کیلومتری پایین دست سد مخزنی مذکور سد انحرافی دز به ارتفاع ۴ متر، آب را به کانال‌های اصلی شرق و غرب شبکه آبیاری دز هدایت می‌کند. از ۹۳۷۵۰ هکتار اراضی، حدود ۴۰ هزار هکتار را کشت و صنعت‌ها، شرکت‌های سهامی زراعی، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد، و سازمان آب و برق خوزستان تسطیح و برای آن شبکه آبیاری درجه ۳ و ۴ ایجاد کرده‌اند. بقیه اراضی تنها شبکه اصلی دارند و با نهرهای سنتی آبیاری می‌شوند. کشاورزان، این اراضی را به‌صورت غیر یکپارچه کشت می‌کنند. مهم‌ترین زراعت‌های منطقه گندم، ذرت،

استان خوزستان با ۱۶۶۶۲۰۰ هکتار اراضی قابل کشت دارای وسیع‌ترین دشت‌های کشور و با ۳۱ میلیارد متر مکعب (معادل ۳۰ درصد آب‌های سطحی کشور) صاحب عظیم‌ترین منابع آب کشور است (Fatemi & Shokrollahi, 1993). رودخانه‌های مهم که در این استان جریان دارند کارون، دز، و کرخه هستند که از سالیان گذشته با احداث چند سد روی آنها آب آن رودخانه‌ها مهار و مجهزترین شبکه‌های آبیاری کشور در اراضی آبخور این رودخانه‌ها ایجاد شده است. رودخانه دز ۷/۹۴ میلیارد متر مکعب آب در سال که به دشت خوزستان وارد می‌کند از منابع مهم آب سطحی است که ۱۱۵ هزار هکتار ناخالص و ۹۳۷۵۰ هکتار خالص از اراضی شبکه



است (Criddle *et al.*, 1956). فاطمی و شکرالهی (Fatemi & Shokrollahi, 1993) بازده کل آبیاری در اراضی غیر یکپارچه به وسعت حدود ۵۰۰۰ هکتار در شبکه آبیاری دز استان خوزستان را ۲۶ درصد اعلام کرده‌اند که متوسط ۹ ساله آن از ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۹، در حدود ۲۱ درصد بوده است. آنها همچنین بازده آبیاری را در قسمتی از اراضی شبکه دز، که محل استقرار شرکت‌های کشت و صنعت است و مجموعاً ۸۹۳۲ هکتار وسعت دارد، حداکثر ۳۷ درصد و به‌طور متوسط ۳۲ درصد برآورد کرده‌اند. دلایل پایین بودن بازده کل را عواملی مانند بی توجهی به آبیاری‌های، تسطیح نبودن اراضی، و نبود شبکه فرعی، یکپارچه نبودن اراضی، و ضعف آموزشی کشاورزان می‌دانند. میرابوالقاسمی (Mir-Abolgasemi, 1994) با اندازه‌گیری‌های صحرایی در تعدادی از شبکه‌های سنتی دشت‌های خوزستان، تبریز، و کرمانشاه متوسط بازده کاربرد آب را در مزرعه بین ۴۵ تا ۶۰ و متوسط بازده کل را بین ۱۳/۵ تا ۲۲ درصد برآورد کرده است. اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 1996) در بررسی عملکرد آبیاری‌های سطحی به این نتیجه رسیدند که روش‌های آبیاری تأثیر بسزایی در افزایش بازده آبیاری دارد و تلفات آب مزرعه عمدتاً ناشی از نفوذ عمقی آب به خارج از ناحیه توسعه ریشه است. کشکولی و همکاران (Kashkooli *et al.*, 1999) تلفات آب و بازده آبیاری را در دو مزرعه کشت و صنعت نیشکر هفت تپه ارزیابی کردند و متوسط بازده کاربرد را به ترتیب ۵۲ و ۶۹ درصد تخمین زدند. این محققان گزارش کردند که آبیاری‌ها دیرتر از زمان نیاز گیاه ولی در حد کفایت بوده است. طائفه رضایی و همکاران (Taefeh-Rezaie *et al.*, 2002) در سال‌های ۷۸-۱۳۷۴ بازده کاربرد آب را در ۲۱ مزرعه در

چغندرقد، جو، ماش، کنجد، نیشکر، یونجه، صیفی‌جات، سبزی‌ها، و مرکبات است. تقریباً برای هر ۱۰۰ هکتار یک دریچه آبیاری و یک دستگاه پارشال فلوم به‌منظور اندازه‌گیری آب ورودی تعبیه شده است. میزان متوسط مالکیت اراضی در این شبکه مدرن آبیاری حدود سه هکتار است و غالب اراضی به‌صورت سطحی آبیاری می‌شوند. در گزارش توجیهی طرح آبیاری دز (Anon, 1968)، مهندسین مشاور، نیاز آبی گیاهان را باروش بلانی- کریدل برآورد و بازده انتقال و کاربرد آب در مزرعه به ترتیب ۹۰ و ۶۰ درصد و بازده کل آبیاری شبکه، ۵۴ درصد منظور شده است.

یکی از فاکتورهای مهم جهت قضاوت در عملکرد سیستم آبیاری یا نحوه مدیریت آن، بازده آبیاری و یکنواختی آن است. این پارامترها به اجزا و بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شوند که با توجه به روش‌های مختلف به کار رفته نامگذاری شده‌اند. مسلم است که یک پارامتر جهت بررسی عملکرد آبیاری کافی نخواهد بود. به‌طور کلی مناسب بودن هر آبیاری بستگی دارد به مقدار آب ذخیره شده در ناحیه توسعه ریشه، تلفات نفوذ عمقی در زیر ناحیه ریشه، تلفات ناشی از رواناب سطحی، یکنواختی آب به کار برده شده، و کمبود یا کم آبیاری در پروفیل خاک در هر نوبت آبیاری. در زمینه اندازه‌گیری بازده آبیاری در ایران و جهان مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای شده است. وزارت کشاورزی ایالات متحده<sup>۱</sup> (USDA) برای طرح‌هایی که به خوبی اجرا شده‌اند و چند سالی از بهره‌برداری آنها گذشته است بازده آبیاری جویچه‌ای را در خاک‌های سبک حدود ۵۵ درصد و در خاک‌های با بافت سنگین حدود ۶۰ درصد و سازمان حفاظت خاک آمریکا<sup>۲</sup> (SCS) بازده کاربرد را در آبیاری جویچه‌ای از ۵۵ تا ۷۰ درصد گزارش کرده

1- U.S. Department of Agriculture

2- Soil Conservation Service

تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه ...

بودن نفوذپذیری خاک، و زیاد بودن شیب طولی مزرعه بوده است. متوسط بازده کاربرد آب تحت مدیریت بخش دولتی در مزارع ذرت و چغندر قند در دو سال متوالی به ترتیب ۲۴/۹۰ درصد و ۶۲/۷۰ درصد و تحت مدیریت بخش خصوصی به ترتیب ۶۵/۳۰ درصد و ۳۵/۶۰ درصد برآورد شد.

در تحقیق حاضر، بازده روش‌های آبیاری سطحی متداول (جویچه‌ای و نواری) با مدیریت کشاورزان منطقه دز ارزیابی و شاخص‌های بازده آبیاری سطحی برآورد شد. با اطلاعات به‌دست آمده از این آزمایش‌ها، کارایی سامانه‌های آبیاری سطحی در شرایط موجود مشخص و با تعیین پارامترهای مورد نیاز در طراحی آبیاری، امکان اصلاح آنها بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

### جمع‌آوری اطلاعات در مزرعه

برای ارزیابی شاخص‌های بازده آبیاری، کریدل و همکاران (Criddle *et al.*, 1956) و دورنیز و پروت (Doorenbos & Pruitt, 1977)، و مدیریت کشاورزی در استفاده از سامانه‌های آبیاری جویچه‌ای و نواری، هشت مزرعه با کشت‌های غالب منطقه: ذرت، چغندر قند، کاهو، کنجد، ماش، و گندم طی چهار فصل زراعی در سال‌های ۷۹-۱۳۷۸ و ۸۰-۱۳۷۹ انتخاب و مشخصات هندسی آنها شامل طول، عرض و شیب در جهت آبیاری تعیین شد.

با استفاده از مته، از اعماق مختلف خاک تا عمق توسعه ریشه، به ازای هر ۲۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد. مشخصات خاک این مزارع شامل بافت، رطوبت‌های ظرفیت زراعی ( $\theta_{fc}$ )، و نقطه پژمردگی ( $\theta_{pwp}$ )، اسیدیته (pH)، و هدایت الکتریکی (EC) اندازه‌گیری و برای تعیین جرم مخصوص ظاهری ( $\rho_b$ ) در اعماق ذکر شده از استوانه

استان‌های آذربایجان غربی، کرمان، و خوزستان (تحت مدیریت کشاورزان) ارزیابی و اعلام کردند که بازده کاربرد آبیاری بسته به مدیریت زارع، روش آبیاری، نوع محصول، و عوامل دیگر متغیر است. متوسط بازده کاربرد آب (حداقل ۱۸ درصد) مربوط به مزرعه کاهو در شبکه دز و حداکثر آن (۹۵ درصد) مربوط به مزرعه گندم با آب رودخانه در منطقه ارومیه بوده است. متوسط بازدهی کاربرد آب در مزارع تحت مطالعه در استان آذربایجان غربی حداقل ۳۶ و حداکثر ۹۵ درصد، در مزارع کرمان ۳۱ و ۷۸ درصد و در مزارع منطقه دزفول (شبکه دز)، به ترتیب ۱۸ و ۵۶ درصد بوده است. نتایج نشان می‌دهد که مدیریت و روش آبیاری، طول جویچه و نوار، شیب مزرعه، و بافت خاک تأثیر بسزایی در افزایش بازده کاربرد آب در مزرعه دارند. کانونی (Kanooni, 2007) بازده کاربرد آبیاری جویچه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف دولتی و خصوصی دشت مغان را در دو محصول چغندر قند و ذرت ارزیابی کرده و نتیجه گرفته است که متوسط بازده‌های آبیاری در اکثر مزارع مطالعه شده نسبت به عوامل متعددی از قبیل مدیریت مزارع، طول و شیب قطعات متناسب با خصوصیات فیزیکی خاک، و نوع محصول متغیر است. در مزارع ذرت در مدیریت‌های بخش خصوصی، بازده مصرف آب به مراتب بهتر از مدیریت‌های بخش دولتی بوده است که یکی از دلایل آن اعمال کم‌آبیاری در مزرعه و تحت تنش قرار دادن محصول است. گفته شد که علت کم‌آبیاری در مزارع بخش خصوصی قطع آب ورودی به مزرعه قبل از رسیدن آب به انتهای مزرعه بوده است که کشاورزان به دلیل نبودن زهکش انتهایی مزرعه و جلوگیری از ماندابی و خفگی ریشه گیاه انجام می‌دادند. در مزارع چغندر قند، بازده مصرف آب در مزارع تحت مدیریت دولتی بیشتر و دلایل آن کوچک بودن طول جویچه‌های آبیاری (حدود ۲۵۰ متر)، مناسب

عمق توسعه ریشه (بر حسب سانتی‌متر) است. سپس از میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده در سطح مزرعه، در محاسبات استفاده شد.

با اطلاعات ثبت شده و استفاده از معادله‌های زیر انواع شاخص‌های بازده آبیاری محاسبه شد. این شاخص‌ها عبارت‌اند از:

### بازده کاربرد آب آبیاری<sup>۲</sup> ( $E_a$ )

این شاخص که از متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه به متوسط عمق آب داده شده به مزرعه به دست می‌آید در هر آبیاری به دو روش زیر محاسبه شده است:

الف- با احتساب رواناب به صورت تلفات:

$$E_{a1} = V_1 / (V_1 + V_2 + V_3) \quad (2)$$

که در آن،  $V_1$  = حجم آب ذخیره شده در عمق مورد نیاز؛  $V_2$  = حجم آب فرونشست و تبخیر؛  $V_3$  = حجم آبی است که به صورت رواناب از انتهای مزرعه خارج می‌شود.

توضیح: در این تحقیق حجم آب فرونشست و تبخیر معادل تفاضل حجم آب ذخیره شده در عمق توسعه ریشه و رواناب خروجی از مزرعه از حجم آب ورودی در نظر گرفته شده است.

ب- بدون احتساب رواناب به صورت تلفات (درحالی‌که رواناب در آبیاری مزارع پایین دست استفاده می‌شود).

$$E_{a2} = V_1 / (V_1 + V_2) \quad (3)$$

### نسبت پایاب<sup>۳</sup> (TWR)

عبارت است از آن قسمت از آب آبیاری که به صورت رواناب از انتهای مزرعه خارج می‌شود:

$$TWR = V_3 / (V_1 + V_2 + V_3) \quad (4)$$

فلزی نمونه‌گیر، به حجم ۹۶/۴۱ سانتی‌متر مکعب استفاده شد. برای تعیین عمق ریشه در هر مرحله از رشد، در سه نقطه از مزرعه با به دست آوردن پروفیل خاک عمق توسعه ریشه اندازه‌گیری شد. برای تعیین رطوبت وزنی، با مته تا عمق توسعه ریشه از هر ۲۰ سانتی‌متر خاک و در فواصل ۴۰ متری در طول مزرعه نمونه‌برداری شد و از میانگین مقادیر در محاسبات استفاده شد. برای اندازه‌گیری آب ورودی به مزرعه و رواناب خروجی از آن (در صورت وجود) بسته به مساحت قطعه زمین مورد آبیاری، یکی از انواع فلوم از نوع WSC<sup>۱</sup> ساخت داخل کشور انتخاب و نصب شد (Ashrafi et al., 1996). در روز آبیاری، زمان پیشروی آب به انتهای مزرعه، ارتفاع آب در فلوم‌های ورودی و خروجی در خلال آبیاری قرائت شد. با قطع آبیاری، اندازه‌گیری جریان ورودی پایان یافته و زمان قطع کامل جریان یادداشت و قرائت فلوم خروجی تا پایان رواناب سطحی ادامه داشت. رطوبت خاک ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از آبیاری نیز با فواصل ۴۰ متری در طول مزرعه و از اعماق مختلف تا عمق توسعه ریشه نمونه‌برداری و به روش وزنی تعیین شد.

### روش محاسبه

با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل و بعد از آبیاری در عمق توسعه ریشه، عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه ( $d$ ) از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$d = (\theta_f - \theta_i) \times \rho_b \times R_z \quad (1)$$

که در آن،  $\theta_i$  = رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری؛ و  $\theta_f$  = رطوبت وزنی خاک بعد از آبیاری؛  $\rho_b$  = جرم مخصوص ظاهری خاک (بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب)، و  $R_z$  =

نواری در مزارع مورد نظر در جداول ۳ و ۴، میانگین شاخص‌های بازده کاربرد آبیاری جویچه‌ای در جدول ۵، و نفوذ نهایی (شماره منحنی نفوذ) حاصل از محاسبات تفاضل حجم آب ورودی از حجم‌های آب خروجی بر محیط خیس شده جویچه‌ها (محاسبه شده از معادلات روش SCS) در مزارع مختلف در جدول ۶ ارائه شده است.

با فرض مقادیر ۶۰، ۵۰، ۳۰ و ۶۰ درصد تفاوت، رطوبت‌های ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به‌عنوان حد مجاز کاهش رطوبت خاک در زارعت‌های ذرت، چغندر قند، کاهو، و کنجد برای مقایسه متوسط درصد رطوبت وزنی مجاز و اندازه‌گیری شده قبل از آبیاری‌های مزارع آزمایشی، شکل ۱ ارائه شده است. در شکل ۲، نقصان رطوبتی خاک (نسبت به رطوبت ظرفیت زراعی) در منطقه توسعه ریشه در مقایسه با رطوبت ذخیره شده در آبیاری‌های مزارع نشان داده شده است. کفایت آبیاری و بازده کاربرد آب آبیاری، آبیاری‌های مزارع در شکل ۳ ارائه شده اند. سپس پارامترهای شیب و طول جویچه‌ها، دبی ورودی، زمان پیشروی آب، و عمق خالص آبیاری که معادل ذخیره رطوبتی هر آبیاری در نظر گرفته شد در معادلات SCS قرار داده شده است. در شکل ۴، مقادیر رواناب خروجی و بازده آبیاری اندازه‌گیری شده با نتایج محاسبات این دو مقدار با استفاده از روش فوق نشان داده شده است.

## کفایت آبیاری<sup>۱</sup> ( $E_s$ )

عبارت است از نسبت مقدار آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه گیاه به نیاز آبی گیاه که در اینجا مقدار نقصان آب خاک منطقه توسعه ریشه گیاه منظور شده است.

$$E_s = V_I / ((\theta_{fc} - \theta_i) \times \rho_b \times R_z) \quad (5)$$

محاسبه بازده آبیاری در زمینی که بذر در حال سبز شدن بوده است با در نظر گرفتن عمقی معادل ۱۵ سانتی‌متر انجام شده است (Asadi *et al.*, 1996). به‌منظور شبیه‌سازی آبیاری‌های مزارع، بر اساس اندازه‌گیری‌های موجود، معادله نفوذ توصیه شده توسط مؤسسه حفاظت خاک آمریکا (SCS) در هر مزرعه تعیین شد. با استفاده از روش مذکور، در طراحی آبیاری سطحی امکان اصلاح آبیاری‌ها (افزایش بازدهی کاربرد آب) عوامل مدیریت آبیاری و مزرعه از جمله بهینه‌کردن زمان قطع آبیاری، دبی ورودی به مزرعه، طول مزرعه، و همچنین استفاده از روش کاهش جریان ورودی<sup>۲</sup> به مزرعه بررسی شد (Criddle *et al.*, 1956).

## نتایج و بحث

مشخصات هندسی مزارع و مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک آنها در جداول ۱ و ۲، خلاصه نتایج محاسبات مربوط به شاخص‌های بازده آبیاری جویچه‌ای و

جدول ۱- مشخصات هندسی مزارع

شماره مزرعه	محصول	نوع آبیاری	تعداد جویچه یا نوار	عرض جویچه یا نوار (متر)	شیب طولی (درصد)
۱	ذرت	جویچه‌ای	۳	۰/۷۵	۰/۳
۲	چغندر قند	جویچه‌ای	۳۹	۰/۶۱	۰/۶
۳	کاهو	جویچه‌ای	۳	۱	۰/۵
۴	کنجد	جویچه‌ای	۸۰	۰/۷۵	۱
۵	ماش	جویچه‌ای	۳	۰/۷۵	۰/۴
۶	گندم	نواری	۲	۸/۶	۰/۳۵
۷	گندم	نواری	۲	۷/۱	۰/۴۵
۸	گندم	نواری	۳	۷/۳	۰/۴

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع

شماره مزرعه	عمق خاک (سانتی‌متر)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد رطوبت وزنی		بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته عصاره اشباع خاک
			ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی			
۱	۰-۲۰	۱/۵۹	۲۳/۴۳	۱۳/۰۴	لوم رسی	۱/۲	۸
	۲۰-۴۰	۱/۷۵	۲۲/۸۹	۱۳/۱۶			
	۴۰-۶۰	۱/۷۳	۲۳/۲۷	۱۴/۰			
	۶۰-۸۰	۱/۷	۲۲/۷۵	۱۲/۰			
	۸۰-۱۰۰	۱/۷۲	۲۳/۳۹	۱۲/۹۷			
۲	۰-۲۰	۱/۴۳	۲۵/۴۶	۱۱/۶۱	لوم رس سیلتی	۰/۷۸	۷/۸
	۲۰-۴۰	۱/۵۶	۲۳/۶۵	۱۲/۶۵			
	۴۰-۶۰	۱/۵۹	۲۳/۲۶	۱۲/۸۶			
	۶۰-۸۰	۱/۶۷	۲۰/۳۵	۱۱/۰۲			
	۸۰-۱۰۰	۱/۶۷	۲۰/۴۷	۱۴/۳۷			
	۱۰۰-۱۲۰	۱/۶۳	۱۹/۸۶	۱۴/۳۱			
۳	۰-۲۰	۱/۵۱	۲۳/۹۵	۱۱/۳۳	لوم رسی	۰/۹۵	۷/۸
	۲۰-۴۰	۱/۶۳	۲۴/۲۴	۱۲/۳۷			
	۴۰-۶۰	۱/۷۲	۲۳/۴۷	۱۳/۳۹			

تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه ...

ادامه جدول ۲- نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع

شماره مزرعه	عمق خاک (سانتی‌متر)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد رطوبت وزنی		بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیتته عصاره اشباع خاک
			ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی			
۴	۰-۲۰	۱/۶	۲۳/۳۵	۱۳/۲۱	لوم رس سیلتی	۱/۷۲	۷/۵
	۲۰-۴۰	۱/۶۴	۲۲/۷۲	۱۳/۸۴	لوم رس سیلتی		
	۴۰-۶۰	۱/۶۱	۲۳/۲۵	۱۲/۴۸			
	۶۰-۸۰	۱/۶۸	۲۲/۷۸	۱۲/۹۵			
۵	۰-۲۰	۱/۵۹	۲۴/۴۳	۱۳/۴۳	لوم رسی	۱/۷	۸
	۲۰-۴۰	۱/۶۱	۲۴/۸۱	۱۴/۰۳			
	۴۰-۶۰	۱/۶۰	۲۶/۱۷	۱۵/۳۵			
	۶۰-۸۰	۱/۶۹	۲۶/۴۳	۱۴/۹۲			
۶	۸۰-۱۰۰	۱/۷۰	۲۶/۰۴	۱۴/۷۸			
	۰-۲۰	۱/۶	۲۳/۹۲	۱۳/۲۳	لوم رسی	۱/۷	۸
	۲۰-۴۰	۱/۷۵	۲۳/۸۵	۱۳/۵۹	لوم رسی		
۷	۰-۲۰	۱/۴۹	۲۳/۶۲	۱۳/۲۷	لوم رس سیلتی	۰/۷۳	۷/۶
	۲۰-۴۰	۱/۵۲	۲۳/۸۳	۱۳/۶۴			
۸	۰-۲۰	۱/۶	۲۳/۶۲	۱۲/۹۸	لوم رسی	۰/۸۵	۷/۵
	۲۰-۴۰	۱/۵۳	۲۳/۲۵	۱۳/۱۲			

جدول ۳- نتایج اندازه‌گیری بازده آبیاری جویچه‌ای در مزارع غیر یکپارچه شبکه آبیاری دز

شماره مزرعه	نوع محصول	نوبت آبیاری	عمق ریشه (سانتی‌متر)	زمان آبیاری (دقیقه)	طول مزرعه (متر)	متوسط دبی ورودی (لیتر در ثانیه)	حجم آب ورودی (متر مکعب در هکتار)	حجم آب خروجی (متر مکعب در هکتار)	آب ذخیره شده (میلی‌متر)	ظرفیت ذخیره (میلی‌متر)	E <sub>a1</sub> (درصد)	E <sub>a2</sub> (درصد)	TWR (درصد)	E <sub>s</sub> (درصد)
۱	ذرت	۴	۴۰	۱۴۴۰	۲۱۰	۰/۶۷۵	۳۷۰۲/۵	۲۲۸۹/۱	۲۶/۷	۳۱	۷/۲	۱۸/۹	۶۱/۸	۸۶
		۵	۵۳	۱۲۰	۱۷۵	۰/۷۲۶	۳۹۸/۲	۳۱/۴	۲۳/۷	۴۱	۵۹/۵	۶۴/۶	۷/۹	۵۷/۸
		۶	۵۵	۵۸۲	۱۷۵	۰/۶۵۷	۱۷۴۸/۹	۱۱۳۹/۸	۲۹/۲	۴۲/۲	۱۶/۷	۴۸/۱	۶۵/۲	۶۱/۹
		۸	۶۵	۱۴۰۰	۱۷۵	۰/۵۵۷	۳۵۶۳/۵	۲۰۰۵/۲	۶۱/۲	۷۸/۸	۱۷/۲	۳۹/۳	۵۶/۳	۷۷/۶
		۹	۷۰	۷۵۰	۱۷۵	۰/۴۱۳	۱۴۱۴/۵	.	۳۹/۶	۶۹/۷	۲۸/۰	.	.	۵۶/۸
		۱	۱۵	۲۹۰۴	۱۰۰	۰/۲۱۳	۶۰۹۱/۶	۶۰۷/۱	۳۵/۵	۳۶/۵	۵/۸	۶/۵	۱۰	۹۷/۳
		۲	۲۰	۱۳۳۲	۱۰۰	۰/۲۸۳	۳۷۱۴/۶	۱۹۱۲/۹	۱۲/۴	۱۵/۱	۶/۹	۳/۳	۵۱/۵	۸۲/۲
		۳	۲۵	۱۳۹۵	۱۰۰	۰/۲۵۷	۳۵۲۸/۲	۲۱۶۷/۷	۲۶/۱	۳۳/۷	۷/۴	۱۹/۲	۶۱/۴	۷۷/۴
		۴	۳۵	۳۶۴	۱۰۰	۰/۲۶۴	۹۴۴/۷	۳۷۳/۴	۳۵/۲	۴۸/۱	۳۷/۳	۶۱/۶	۳۹/۵	۷۳/۲
		۵	۴۰	۷۲	۱۰۰	۰/۱۹۶	۱۳۸/۶	۰/۰	۹/۹	۵۱/۱	۷/۱	۷/۱	۰/۰	۱۹/۳
		۶	۵۰	۱۲۸۵	۱۰۰	۰/۲۵۵	۳۱۵۹/۴	۱۹۶۷/۸	۴۷/۲	۱۴/۹	۱۴/۹	۳۹/۶	۶۲/۳	۶۷/۲
۲	چغندر قند	۷	۶۰	۱۳۲۰	۱۰۰	۰/۲۴۷	۳۲۰۹/۹	۹۲۶/۲	۲۶/۳	۵۰/۸	۸/۲	۱۱/۵	۵۱/۸	
		۸	۱۱۰	۸۷۴	۱۰۰	۰/۲۴۰	۲۰۶۶/۵	۲۷۰/۶	۷۷/۱	۹۳/۸	۳۷/۳	۴۲/۹	۸۲/۲	
		۹	۱۱۵	۵۹۱۰	۱۰۰	۰/۱۹۶	۱۱۴۲۴	۳۰۶/۴	۶۷/۵	۱۰۲/۳	۵/۹	۶/۱	۶۶	
		۱۰	۱۲۰	۱۴۹۰	۱۰۰	۰/۳۳۹	۴۹۶۵	۶۷۴	۴۶/۷	۷۹/۱	۹/۴	۱۰/۹	۵۹	
		۱۱	۱۲۰	۱۴۲۹	۱۰۰	۰/۲۸۱	۳۹۵۱/۵	۳۶۷/۲	.	.	.	.	۹/۳	
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

ادامه جدول ۳- نتایج اندازه گیری بازده آبیاری جویچه‌ای در مزارع غیر یکپارچه شبکه آبیاری دز

شماره مزرعه	نوع محصول	نوبت آبیاری	عمق ریشه (سانتی‌متر)	زمان آبیاری (دقیقه)	طول مزرعه (متر)	متوسط دبی ورودی (لیتر در ثانیه)	حجم آب ورودی (متر مکعب در هکتار)	حجم آب خروجی (متر مکعب در هکتار)	آب ذخیره شده (میلی‌متر)	ظرفیت ذخیره (میلی‌متر)	$E_{a1}$ (درصد)	$E_{a2}$ (درصد)	TWR (درصد)	$E_s$ (درصد)
		۱	۱۵	۳۱۵۴	۱۵۰	۰/۳۵۵	۴۴۷۳/۳	۱۵۹۴	۲۴/۱	۲۷/۱	۵/۴	۸/۴	۳۵/۶	۸۸/۸
۳	کاهو	۲	۱۹	۱۴۲۸	۱۵۰	۰/۴۰۱	۲۲۹۳/۳	۱۷۴۳/۷	۱۸/۲	۲۶/۶	۷/۹	۳۳/۱	۷۶	۶۸/۵
		۳	۲۵	۱۳۶۸	۱۵۰	۰/۳۴۵	۱۸۸۵/۹	۱۲۶۷/۱	۲۵/۳	۴۲/۲	۱۳/۴	۴۰/۹	۶۷/۲	۵۹/۹
		۱	۱۵	۲۸۴۰	۱۶۷/۳	۰/۲۴۵	۳۳۳۱	۸۴۱/۵	۴۴/۶	۴۷/۶	۱۳/۴	۱۷/۹	۲۵/۳	۹۳/۶
		۳	۲۰	۲۷۰	۱۶۷/۳	۰/۶۸۸	۸۸۸/۵	۲۴۳/۴	۲۷/۵	۳۴/۵	۳۱	۴۲/۷	۲۷/۴	۷۹/۹
۴	کنجد	۴	۲۷	۵۲۶	۱۶۷/۳	۰/۳۱۰	۷۸۰/۸	۲۵۱/۲	۳۴	۴۲/۶	۴۳/۶	۶۴/۲	۳۲/۲	۷۹/۸
		۵	۴۴	۶۱۰	۱۶۷/۳	۰/۳۴۸	۱۰۱۳/۷	۳۵۵/۷	۴۶/۶	۶۸/۵	۴۶	۷۰/۸	۳۵/۱	۶۸
		۶	۵۶	۵۹۰	۱۶۷/۳	۰/۲۹۶	۸۳۶/۲	.	۵۹/۶	۸۹/۳	۷۱/۳	.	.	۶۶/۸
		۷	۶۵	۵۰۵	۱۶۷/۳	۰/۳۷	۸۸۱/۹	.	۶۴	۱۰۴/۸	۷۲/۵	.	.	۶۱
۵	ماش	۱	۱۵	۱۴۳۰	۲۰۰	۰/۷۱۱	۴۰۶۸/۶	۵۵۲	۴۳/۷	۴۴	۱۰/۷	۱۲/۴	۱۳/۶	۹۹/۴

$E_{a1}$  = بازده کاربرد آب آبیاری با احتساب رواناب به صورت تلفات، و  $E_{a2}$  = بازده کاربرد آب آبیاری بدون احتساب رواناب به صورت تلفات

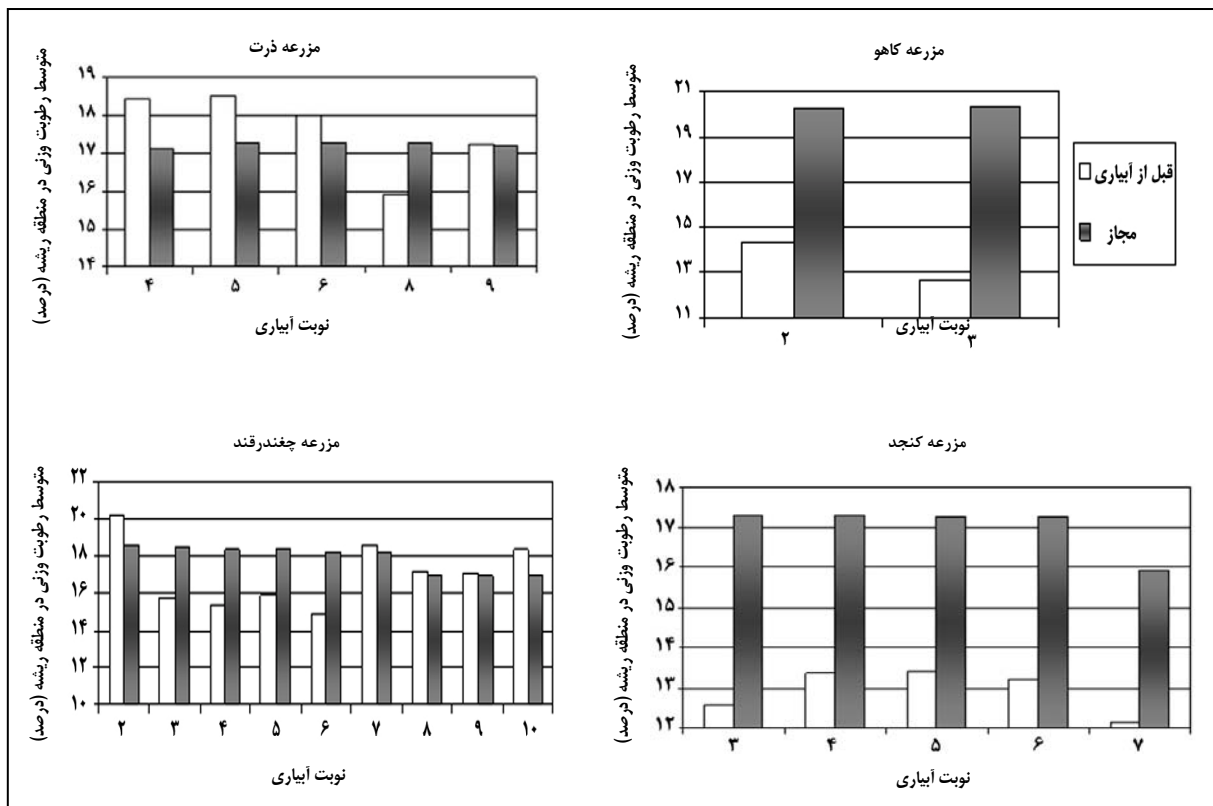
جدول ۴- نتایج اندازه گیری بازده آبیاری نواری در مزارع گندم شبکه آبیاری دز

شماره مزرعه	نوبت آبیاری	عمق ریشه (سانتی‌متر)	زمان آبیاری (دقیقه)	طول نوار (متر)	متوسط دبی ورودی (لیتر در ثانیه)	حجم آب ورودی (متر مکعب در هکتار)	حجم آب ذخیره شده (متر مکعب در هکتار)	$E_{a1}$ درصد
۶	۱	۱۵	۵۸۲	۲۷۰	۱/۵۵	۲۰۱۱/۷	۴۰۶/۸	۲۰/۲
	۲	۴۰	۳۷۹	۲۷۰	۳/۰۵	۲۵۷۰/۶	۵۷۵/۲	۲۲/۴
۷	۲	۴۰	۱۴۱	۱۵۷	۲/۸۶	۱۵۵۳/۱	۶۳۸/۴	۴۱/۱
۸	۲	۴۰	۱۱۰	۱۳۰	۲/۱۳	۱۰۰۹/۷	۴۷۴/۷	۴۷/۰۱

مطابق شکل ۱، رطوبت‌های قبل از آبیاری بیابانگر وارد شدن تنش‌های رطوبتی در دوره رشد کنجد، کاهو، ذرت، و چغندر قند (گیاهان پاییزه و بهاره) در شبکه دز است که نشان‌دهنده فاصله بیش از حد دو آبیاری متوالی است. همان‌گونه که در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده در کلیه آبیاری‌های جویچه‌ای مزارع، آب ذخیره شده کمتر از نقصان رطوبتی در منطقه ریشه گیاه است و متوسط کفایت آبیاری مزارع اندازه‌گیری شده ۷۱/۲ درصد است (جدول ۵). با توجه به محل نمونه‌برداری‌های رطوبتی (روی پشته)، به نظر می‌رسد که نفوذ جانبی و صعود آب (موینگی) در این خاک‌ها کم است. در جدول ۵، متوسط شاخص‌های بازده کاربرد و کفایت آبیاری برای آبیاری‌های اول، آبیاری‌های بعد تا پایان فصل رشد، و میانگین کل آبیاری‌ها ارائه شده است. بازده کاربرد آب در ۴ نوبت آبیاری اول، ۲۱ آبیاری بعدی و متوسط کل در ۲۵ نوبت آبیاری جویچه‌ای به ترتیب برابر ۸/۸، ۲۸/۴ و ۲۵/۸ درصد به دست آمد. تلفات عمومی آب در آبیاری اول روش جویچه‌ای ناشی از نفوذ عمقی و از آبیاری دوم به بعد رواناب سطحی است. در آبیاری‌های اول مزارع، تخلخل به وجود آمده در خاک (ناشی از عملیات آماده‌سازی زمین) نفوذ مناسب‌تر آب را موجب شده اما به دلیل کمبود مواد آلی خاک (کمتر از ۰/۵ درصد)، در آبیاری‌های بعدی، خاک متراکم شده، نفوذ کاهش یافته، رواناب خروجی از مزارع افزایش یافته است. میزان آب ذخیره شده در منطقه ریشه گیاه (علی‌رغم آبیاری‌های طولانی مدت) نیز مبین این موضوع است.



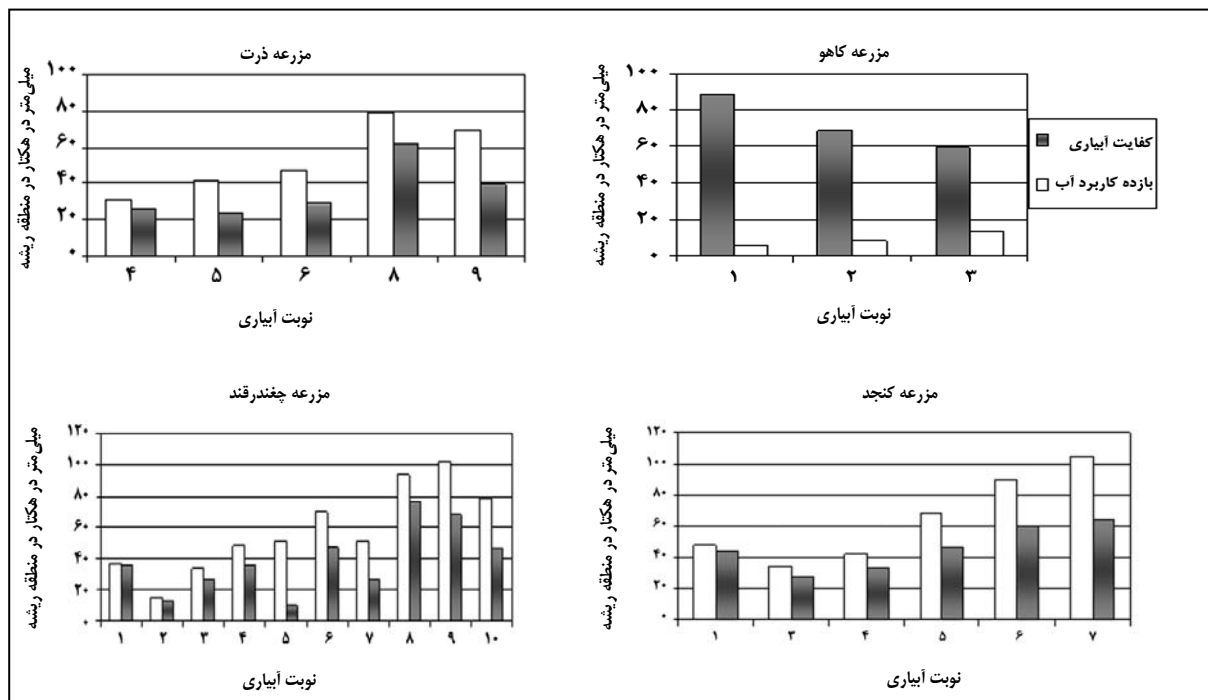
تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه ...



شکل ۱- مقایسه متوسط درصد رطوبت وزنی مجاز و اندازه گیری شده قبل از آبیاری جویچه‌ای در مزارع آزمایشی

جدول ۵- میانگین شاخص‌های بازده آب آبیاری جویچه‌ای و تعداد نوبت‌های آبیاری اندازه‌گیری شده

$E_s$	تعداد آبیاری	TWR	تعداد آبیاری	$E_{a2}$	تعداد آبیاری	$E_{a1}$	تعداد آبیاری	
۹۴/۸	۴	۲۱/۱	۴	۱۱/۳	۴	۸/۸	۴	آبیاری‌های اول
۶۷/۴	۲۱	۳۹/۵	۱۹	۳۷/۴	۱۸	۲۸/۴	۲۱	آبیاری‌های دوم به بعد
۷۱/۲	۲۵	۳۴/۶	۲۳	۳۳/۵	۲۲	۲۵/۸	۲۵	جمع کل / متوسط کل آبیاری‌ها

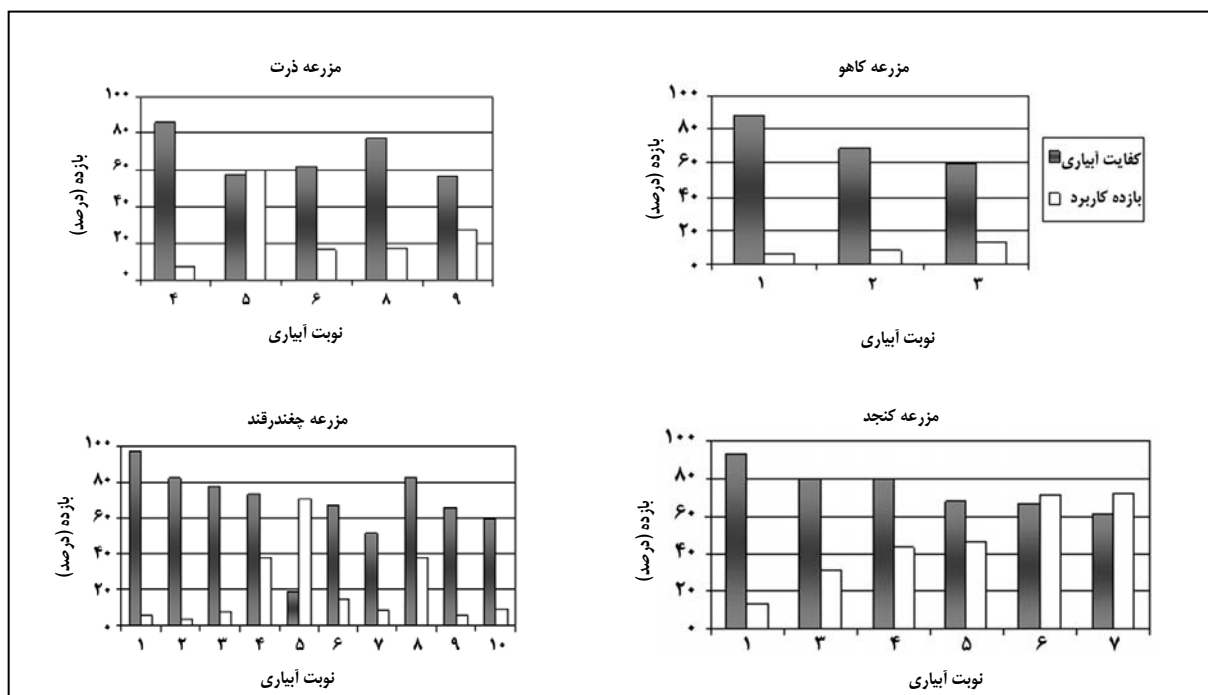


شکل ۲- مقایسه مقدار نقصان آب قبل از آبیاری در منطقه توسعه ریشه و آب ذخیره شده طی آبیاری (جویچه‌ای) مزارع آزمایشی

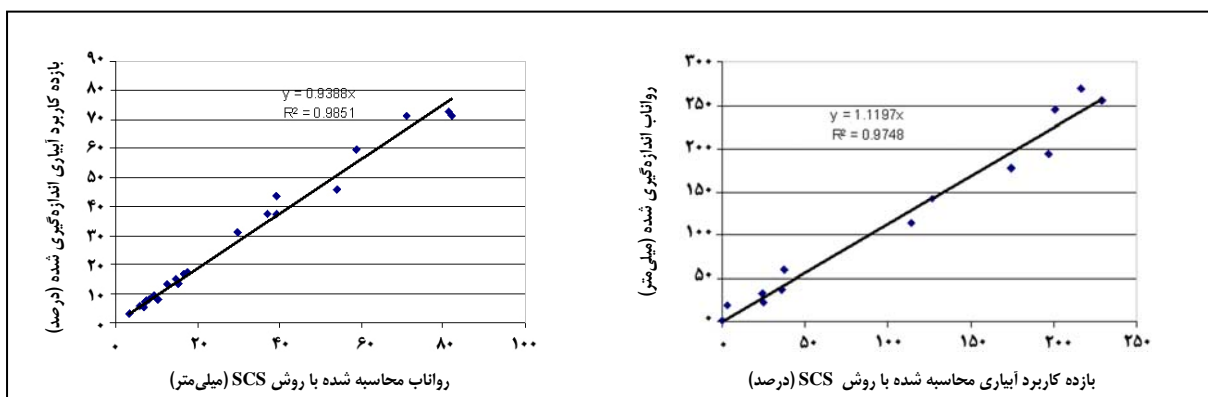
جدول ۶- نفوذ نهایی (شماره منحنی نفوذ) تعیین شده در مزارع مختلف

شماره مزرعه	۱	۲	۳	۴
نوع محصول	ذرت	چغندر قند	کاهو	کنجد
دبی ورودی (لیتر در ثانیه)	۰/۶۶	۰/۵۴	۰/۴	۰/۳۴
دبی خروجی (لیتر در ثانیه)	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۳	۰/۱۳
محیط خیس شده (متر)	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۷
نفوذ نهایی (سانتی متر در ساعت)	۱/۱۲	۰/۷۹	۰/۶۶	۱/۲۲
نفوذ نهایی شبیه سازی شده (سانتی متر در ساعت)	۰/۸۹	۰/۶۳	۰/۵۶	۱/۱۴

تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه ...



شکل ۳- بازده کاربرد آب آبیاری و کفایت آبیاری مزارع آزمایشی



شکل ۴- مقایسه مقادیر رواناب خروجی و بازده کاربرد آب آبیاری اندازه گیری شده با نتایج محاسبات روش SCS

فرمول‌های هیدرولیکی که در روش SCS برای طراحی سامانه آبیاری جویچه به کار می‌رود بر اساس معادله‌های فیزیکی است که مؤسسه حفاظت خاک آمریکا (۶). مقادیر رواناب خروجی و بازده کاربرد آب آبیاری

برای این منظور ارائه کرده است. مبنای محاسبات این روش اندازه‌گیری درست، نفوذ نهائی خاک است (جدول ۶). مقادیر رواناب خروجی و بازده کاربرد آب آبیاری

دقیقه در پایان فصل رشد باعث کاهش تلفات و افزایش بازده کاربرد خواهد شد.

در مزرعه شماره ۲، تمامی آبیاری‌ها ارزیابی شدند. چغندر قند به عنوان یک گیاه با سامانه ریشه‌دهی نیمه عمیق مطرح است. لذا نفوذ عمقی، به ویژه در آبیاری‌های پایان دوره رشد، نباید قابل توجه باشد. اما در این مزرعه بعد از فصل بارندگی به دلیل فعالیت موش‌های صحرایی حفره‌های متعددی در سطح مزرعه ایجاد شده بود که موجب تلفات عمقی زیاد طی سه آبیاری پایان دوره شد. ضمن اینکه به دلیل ورود آب به حفره‌های موجود در مزرعه، کشاورز آب ورودی به مزرعه را افزایش داده (حتی چند برابر) که مشخصاً بازده کاربرد کاهشی شدید نشان می‌دهد. مطابق شکل ۱، می‌بینیم که که فواصل آبیاری‌های ابتدای دوره رشد گیاه زیاد و در پایان دوره مناسب‌اند. میانگین شاخص‌های بازده آبیاری (۲۰/۱ درصد) مبین تلفات آب به صورت نفوذ عمقی و رواناب سطحی (۲۶/۶ درصد) است. خلاصه نتایج تحلیل و محاسبات حاصل از تغییرات مؤثر در بازده کاربرد آب که با استفاده از روش SCS انجام شد (جدول ۸) نشان می‌دهد که:

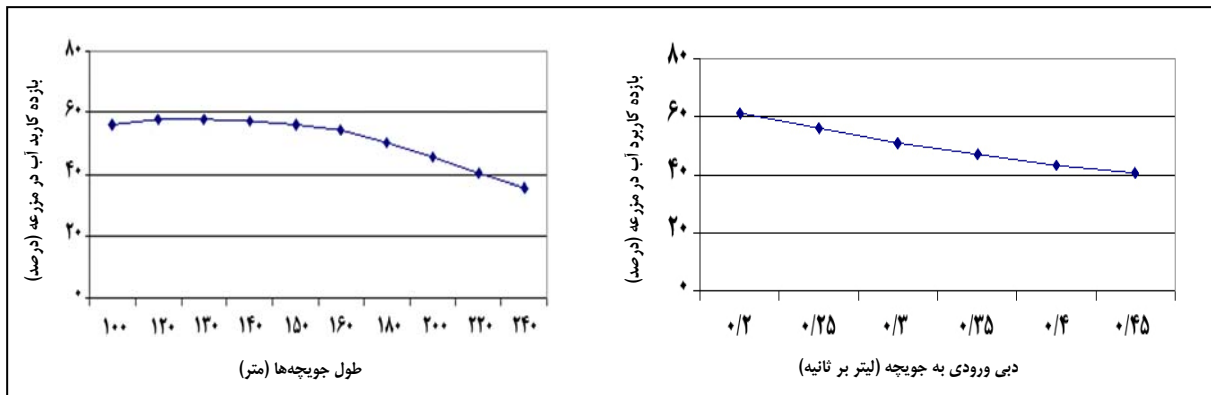
- با توجه به شکل‌های ۵ و ۶، متوسط دبی ورودی به جویچه‌ها و طول خطوط آبیاری قابل قبول‌اند.
- کاهش زمان قطع آبیاری اعمال شده به محاسباتی، افزایش در بازده کاربرد آب (۴۹/۶ درصد) امکان‌پذیر بوده است (جدول ۸).
- استفاده از روش کاهش جریان تأثیر چندانی بر افزایش بازده آبیاری ندارد.

اندازه‌گیری شده با نتایج محاسبات روش SCS که در شکل ۴ نمایش داده شده مبین دقت این روش در پیش‌بینی عوامل مختلف مؤثر در آبیاری جویچه‌ای است.

بر اساس نتایج به دست آمده، در مزرعه یک با توجه به رطوبت‌های قبل از آبیاری‌ها و مقایسه آنها با مقدار متوسط درصد رطوبت وزنی مجاز (شکل ۱) دور آبیاری تقریباً مناسبی اعمال شده است. میانگین شاخص‌های بازده آبیاری مبین تلفات آب به صورت رواناب سطحی و نفوذ عمقی است که این تلفات با زمان آبیاری رابطه‌ای مستقیم دارد. در این مزرعه، آبیاری پنجم بعد از کودپاشی انجام شده که بالطبع رواناب خروجی نداشته (به منظور جلوگیری از خروج کود از طریق رواناب) و بیشترین بازده آبیاری را موجب شده است. متوسط بازده کاربرد آب پنج نوبت آبیاری در این مزرعه ۲۵/۷ درصد به دست آمد. خلاصه نتایج تحلیل و محاسبات حاصل از تغییرات مؤثر در بازده کاربرد آب با استفاده از روش SCS، (جدول ۷) نشان می‌دهد که:

- طول خطوط آبیاری قابل قبول است.
- با کاهش زمان قطع آبیاری اعمال شده به محاسباتی، افزایش بازده کاربرد آب (۳۶/۱ درصد) امکان‌پذیر شده است.
- در صورت اعمال دبی ورودی ۰/۴۵ لیتر در ثانیه در هر جویچه و زمان قطع مطابق جدول ۷، بازده آبیاری به ۴۳/۴۱ درصد می‌رسد.
- مطابق اعداد ثبت شده در شرایط مزرعه مذکور، مناسب‌ترین دبی ورودی به هر جویچه حدود ۰/۴۵ لیتر در ثانیه با زمان آبیاری حدود ۳۵۰ دقیقه در ابتدا و ۴۵۰

تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه ...



شکل ۵- تغییرات بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه چغندر قند با افزایش دبی ورودی  
شکل ۶- تغییرات بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه چغندر قند با افزایش طول جویچه

جدول ۷ - نتایج تحلیل و اصلاح آبیاری مزرعه یک (ذرت) با استفاده از روش SCS

میانگین	۸	۶	۴	نوبت آبیاری
۱۱۴۰	۱۴۰۰	۵۸۲	۱۴۴۰	زمان قطع آبیاری اعمال شده (دقیقه)
۰/۶۳	۰/۵۶	۰/۶۶	۰/۶۸	متوسط دبی ورودی به هر جویچه (لیتر در ثانیه)
۱۳/۸	۱۷/۵	۱۶/۷	۷/۱	بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه (درصد)
۴۲۳	۷۱۳	۲۳۰	۳۲۸	زمان قطع آبیاری اصلاح شده (دقیقه)
۳۶/۱	۳۴/۳	۴۲/۵	۳۱/۶	بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه (درصد)
۴۶۸	۷۳۴	۳۰۷	۳۶۲	زمان قطع آبیاری اصلاح شده (دقیقه)
۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	متوسط دبی ورودی به هر جویچه - اصلاح شده (لیتر در ثانیه)
۴۳/۴	۴۱/۲	۴۶/۲	۴۲/۹	بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه (درصد)

جدول ۸ - نتایج تحلیل و اصلاح آبیاری مزرعه ۲ (چغندر قند) با استفاده از روش SCS

۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	نوبت آبیاری
۱۳۶	۳۲۵	۹۰	۳۶۱	۲۱۵	۷۰	۵۶۱	زمان قطع آبیاری اصلاح شده (دقیقه)
۷۹/۲	۵۷/۸	۵۶/۵	۳۷/۵	۴۷/۸	۶۳/۹	۳۰/۲	بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه (درصد)
	میانگین			۱۰	۹	۸	نوبت آبیاری
	۳۷۲			۴۱۷	۷۵۸	۷۸۶	زمان قطع آبیاری اصلاح شده (دقیقه)
	۴۹/۶			۳۳/۵	۴۶/۲	۴۳/۶	بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه (درصد)

در مزرعه شماره ۳ که به کشت کاهو اختصاص داشت هر سه آبیاری ارزیابی شدند. کاهو سامانه ریشه‌دهی سطحی دارد و با جویچه‌هایی به فواصل یک متر با دو خط در طرفین پشته کشت می‌شود. با توجه به رطوبت‌های قبل از آبیاری‌ها و مقایسه آنها با مقدار متوسط درصد رطوبت وزنی مجاز (شکل ۱) مشاهده می‌شود که به رغم پاییزه بودن کاهو، فواصل آبیاری بیش از حد مجاز است. میانگین بازده کاربرد ۸/۹ درصد (جدول ۳) مشخصاً ناشی از تلفات رواناب خروجی (۵۹/۶ درصد) و نفوذ عمقی است. خلاصه نتایج تحلیل و محاسبات حاصل از تغییرات مؤثر در بازده

کاربرد آب آبیاری با استفاده از روش SCS (جدول ۹) مشخص می‌شود که:

- طول خطوط آبیاری قابل قبول است.
- با اصلاح زمان قطع آبیاری، حصول بازده کاربرد آب آبیاری ۲۷/۲ درصد امکان‌پذیر است.

پس از تکمیل مرحله پیشروی در این مزرعه، چنانچه از روش کاهش جریان استفاده شود و دبی ورودی به میزان ۰/۲ لیتر در ثانیه برسد، بازده کاربرد آب آبیاری افزایش خواهد داشت و به مقدار ۳۷/۰ درصد می‌رسد.

جدول ۹ - نتایج تحلیل و اصلاح آبیاری مزرعه سه (کاهو) با استفاده از روش SCS

میانگین	۳	۲	۱	نوبت آبیاری
۱۹۸۳	۱۳۶۸	۱۴۲۸	۳۱۵۴	زمان قطع آبیاری اعمال شده (دقیقه)
۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۴	۰/۳	متوسط دبی ورودی به هر جویچه (لیتر در ثانیه)
۱۰/۹	۱۵/۳	۱۰/۴	۶/۹	بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه (درصد)
۷۴۴	۷۱۶	۴۷۳	۱۰۴۴	زمان قطع آبیاری اصلاح شده (دقیقه)
۲۷/۲	۲۹/۳	۳۱/۳	۲۱/۰	بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه (درصد)
۸۱۵	۷۹۸	۵۴۹	۱۰۹۷	زمان قطع آبیاری اصلاح شده (دقیقه)
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	متوسط دبی کاهش یافته ورودی به هر جویچه (لیتر در ثانیه)
۳۷/۰	۴۰/۳	۴۶/۷	۲۴/۱	بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه (درصد)

شیمیایی است و همین امر باعث بهبود ساختمان خاک، نفوذ جانبی، و صعود موینگی آب به پشته‌ها شده است. در این مزرعه میانگین بازده کاربرد ۴۶/۳ درصد به‌دست آمد. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در این مزرعه دور آبیاری بیش از حد مجاز اعمال شده است و گیاه در کل دوره رشد با تنش رطوبتی (قبل از آبیاری) مواجه بوده است. نتایج تحلیل و محاسبه با استفاده از روش SCS، نشان می‌دهد که دبی ورودی به جویچه‌ها،

مزرعه شماره ۴ به کشت کنجد اختصاص داشت. از مجموع هفت آبیاری انجام شده، شش آبیاری ارزیابی شد. در آبیاری‌های نوبت ۶ و ۷ به‌دلیل شرایط آب‌گرفتگی و غرقاب شدن فلوم خروجی، حجم رواناب اندازه‌گیری نشد. با بررسی سابقه کشت و عملیات زراعی گذشته مشخص شد که در این مزرعه، سبزی کشت شده بود؛ و لازمه کاشت سبزی علاوه بر رعایت تناوب زراعی، استفاده از کودهای آلی (حدود ۵۰ تن در هکتار) به همراه کودهای

تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه ...

خاک و متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه، عمق مناسب آبیاری خالص مشهود است. شرایط خاک و شیب اراضی این مزارع مشابه همدیگر هستند، لذا از اندازه‌گیری‌ها (جدول ۳)، می‌توان نتیجه گرفت که طول نوار حدود ۱۴۰ متر با دبی ورودی در واحد عرض نوار حدود ۲/۵ لیتر بر ثانیه بر متر باعث افزایش بازده کاربرد آب آبیاری می‌شود.

در آبیاری‌های جویچه‌ای، رواناب خروجی در مزارع پایین دست قابل استفاده است و به این ترتیب می‌توان متوسط بازده کاربرد آب آبیاری ( $E_{a2}$ ) را به ۳۳/۵ درصد افزایش داد. بر اساس تحلیل آبیاری‌های جویچه‌ای مزارع پنجگانه، به‌طور کلی بازده کاربرد آب آبیاری در مزرعه با اصلاح زمان قطع آبیاری‌ها به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد ضمن اینکه در مزارع با بافت سنگین خاک، استفاده از روش کاهش جریان با حداقل رواناب خروجی، در افزایش بازده کاربرد آب آبیاری مؤثر است. در شرایط این تحقیق، جویچه‌ها با طول ۱۸۰-۱۵۰ متر و دبی ورودی حدود ۰/۴۵-۰/۲۰ لیتر در ثانیه (بسته به شیب و مشخصات فیزیکی خاک)، و در آبیاری نواری طول حدود ۱۳۰ متر، و دبی ورودی در واحد عرض نوار حدود ۲/۵ لیتر در ثانیه تلفات آب کمتر و بازده آبیاری بالاتری دارند.

### نتیجه‌گیری

با تعیین بازده کاربرد آبیاری، در ۴ نوبت آبیاری نواری در سه مزرعه و ۲۵ نوبت آبیاری جویچه‌ای در هشت مزرعه با کشت‌های غالب در شبکه آبیاری و زهکشی دز، تحلیل مقایسه‌ای آبیاری‌های نواری و شبیه‌سازی آبیاری‌های جویچه‌ای با روش پیشنهادی موسسه حفاظت خاک آمریکا (SCS) نتایج زیر به‌دست آمد:

طول خطوط آبیاری، و زمان قطع آبیاری قابل قبول بوده است. ضمن اینکه بافت خاک سبک‌تر (لومی سیلتی رسی) بوده است، طول مناسب جویچه‌ها و زمان قطع آبیاری باعث شد که نسبت به سایر مزارع بازده کاربرد بالاتر باشد.

مزرعه شماره ۵، به کشت ماش اختصاص داشت که پس از آبیاری اول به دلیل بد سبز شدن ناشی از آلودگی بذرها، مصرفی، مزرعه مجدداً آماده شد و تا کشت بعدی به‌صورت آیش باقی ماند. این مزرعه در مقایسه با آبیاری‌های اول سایر مزارع، بازده کاربرد مناسب‌تری داشت. در آبیاری اول کلیه مزارع، تلفات عمدتاً ناشی از نفوذ عمقی است.

با توجه به اعداد ارائه شده در جدول ۲، برای کل بررسی‌ها (۲۵ نوبت آبیاری) چنانچه بازده بر اساس آب ورودی به جویچه‌ها محاسبه شود به‌طور متوسط ۲۵/۸ درصد و اگر آب خروجی از انتهای جویچه‌ها جزء تلفات محسوب نگردد این مقدار به ۳۳/۵ درصد برای شرایط مورد مطالعه می‌رسد. اما از آنجا که در مزارع شبکه آبیاری دز غالباً آب خروجی از مزارع به زهکش‌های سطحی وارد و از شبکه خارج می‌شود، بازده محاسبه شده بر اساس آب ورودی به جویچه‌ها به واقعیت موجود نزدیک‌تر خواهد بود.

مزارع شماره ۶، ۷ و ۸ (کشت گندم) به‌صورت نواری آبیاری می‌شدند. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۳، از برآورد چهار نوبت آبیاری این مزارع، متوسط بازده کاربرد ۳۲/۷ درصد به‌دست آمده، نفوذ عمقی عامل اصلی تلفات بوده است و به‌نظر می‌رسد این مسئله به دلیل طول بیش از حد نوارها در مزرعه شماره ۶ باشد. بجز آبیاری اول مزرعه ۶، در سایر آبیاری‌ها پس از تکمیل مرحله پیشروی در طول نوار، آبیاری قطع شد. با توجه به ظرفیت ذخیره

- متوسط بازده آبیاری سطحی در مزارع مذکور در مقایسه با برآورد فاطمی و شکرالهی (Fatemi & Shokrollahi, 1993) بالاتر است، ولی نسبت به بازده کاربرد آب در گزارش توجیهی طرح آبیاری دز (Anon, 1968)، معیارهای وزارت کشاورزی و سازمان حفاظت خاک آمریکا (Criddle *et al.*, 1956) بسیار پایین و تقریباً نصف مقادیر قابل قبول است.
- با توجه به سرعت نفوذ آب در خاک (جدول ۵) و جرم مخصوص ظاهری خاک مزارع مختلف، مشاهده می‌شود که ساختمان خاک زراعی سطحی تخریب و متراکم شده است. لذا رعایت تناوب زراعی، آیش‌گذاری، استفاده از کودهای آلی (گیاهی و دامی)، مصرف مناسب کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک، استفاده کمتر از ماشین آلات، و اعمال عمق‌های آبیاری مناسب به ویژه در مراحل اولیه رشد گیاه جهت بهبود ساختمان خاک در دوره‌های چهار تا پنج ساله ضروری است.
- طولانی بودن زمان آبیاری، علاوه بر تلفات آب به‌صورت رواناب خروجی و نفوذ عمقی، باعث بروز خطرهای زیست‌محیطی و آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی به ویژه در پایین دست رودخانه‌های دز و کارون خواهد شد. لذا به‌منظور کاهش زمان قطع آبیاری، بازنگری اساسی در برنامه زمان‌بندی توزیع آب، مدول آبیاری، و شاید تحویل حجمی آب گام‌هایی مؤثر و لازم باشد.
- با شروع فصل بارندگی (پاییز و بهار) به‌دلیل آنکه آب در شبکه تأمین نمی‌شود، آبیاری‌ها غالباً بعد از موعد شروع می‌شوند و گیاه با تنش رطوبتی مواجه است که این امر به‌خصوص در مراحل حساس رشد گیاه در کاهش عملکرد محصول مؤثر است و باید مورد توجه متولیان توزیع آب در شبکه قرار گیرد.
- نتایج روش SCS مبین دقت این روش در پیش‌بینی عوامل مؤثر در آبیاری جویچه‌ای بر مبنای محاسبات و برآورد درست نفوذ نهایی خاک است که با توجه به سهولت استفاده از آن توصیه می‌شود که به‌صورت کاربردی مورد استفاده قرار گیرد.

## مراجع

- Anon. 1968. Development and Resources Corporation Network. Dez Irrigation Project Stage 1. Feasibility Report Supplement.
- Asadi, A., Ashrafi, S., Bagani, J., Ryahi, H., Sohrabi, T., Taefe Rezaie, H., Abbasi, F., Maman Poush, A. R. and Myanabi, A. 1996. Investigation of the farmer operatoin in using of surface irrigation methods. The 2<sup>th</sup> Congress of Water and Soil Problems. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Ashrafi, S., Heydari, N. and Abbasi, F. 1996. Washington State College flume design, formation and calibration. The 2<sup>th</sup> Congress of Water and Soil Problems. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Criddle, W. D., Steling, D. and Dell, G. S. 1956. Methods for evaluation of irrigation systems. SCS. Handbook. No. 82.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirement. FAO. Irrigation and Drainage Paper. No. 24. Rome. Italy.



تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه ...

- Fatemi, M. and Shokrollahi, A. 1993. Evaluation of irrigation efficiency in Dez irrigation network. The 6<sup>th</sup> Seminar of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran. Iran. (in Farsi)**
- Kanooni, A. 2007. Evaluation of furrow irrigation efficiency under different management in Mogan Region. J. Agric. Eng. Res. 8(2): 17-32. (in Farsi)**
- Kashkooli, H. A., Broomand Nasab, A., Maroof Poor, A. and Andam, M. 1999. Sugarcane irrigation efficiency at Haft Tapeh fields in Khuzestan province. J. Agric. Sci. 23(1): 10-23. (in Farsi)**
- Mir-Abolgasemi, E. 1994. Evaluation of irrigation efficiency in some of conventional networks in Iran. The 7<sup>th</sup> Seminar of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran. Iran. (in Farsi)**
- Taefeh-Rezaie, H., Moayeri, M. and Ryahi, H. 2002. Evaluation of surface irrigation efficiency by farmers in Iran. AERI Final Technical Report. Research Report No. 1002. (in Farsi)**



## **Surface Irrigation Efficiency in Non-consolidated Fields in Dez Irrigation Network**

**M. Moayeri\* and F. Kaveh**

\*Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural Research Center, P. O. Box:333, Dezful, Iran. E-mail: man\_moayeri@yahoo.com

This study was conducted to evaluate the current management of furrow and border irrigation systems in the Dez irrigation network. Of the eight farms studied, three grew wheat and one each grew corn, sugar beets, lettuce, sesame and mung beans. The study found water application efficiency in the five farms with furrow irrigation systems to be 25.8% and for the three farms with border irrigation systems to be 32.7%. The main reason for water loss was found to be runoff and deep percolation. SCS infiltration equation parameters were calculated using the obtained data. For each farm, conditions were simulated using the SCS equation. Methods for optimum irrigation were developed based on variables such as discharge inflow, furrow/ border length and cut-off time and cut-back methods.

**Key Words:** Border Irrigation, Furrow Irrigation, Irrigation Efficiency, Irrigation Management