ارزیابی راندمان‌های آبیاری، کارآیی مصرف و بهره‌وری آب در حوضه دریاچه ارومیه (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود)

رضا جمالی[۱]، سینا بشارت[۱*]، مهدی یاسی[۲] و افشین امیرپور دیلمی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۱۹)

چکیده

شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود با مساحت ۶۵۰۰۰ هکتار، مهم‌ترین شبکه حوضه دریاچه ارومیه است که به‌طور مستقیم با دریاچه در ارتباط است. با بحران کنونی دریاچه، بررسی کارایی وضعیت موجود شبکه در برنامه نجات دریاچه ارومیه ضروری است. هدف از این مطالعه، ارزیابی راندمان‌های انتقال، توزیع، کاربرد و بهره‌وری آبیاری در سطح مزارع شبکه است. سه محصول از الگوی کشت منطقه با بیشترین سطح زیر کشت (چغندر ۱۰ درصد، یونجه ۲۲ درصد و گندم ۳۸ درصد) انتخاب شد. روش غالب آبیاری منطقه به‌صورت آبیاری سطحی است. در سطح شبکه، رطوبت خاک مزرعه در قبل و بعد از آبیاری، خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک و حجم مصرف آب برای آبیاری اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که متوسط راندمان انتقال در کانال‌های با پوشش بتنی شبکه حدود ۷۹ درصد است که در دامنه ۳۳ درصد (در کانال‌های کوچک‌تر) تا ۱۰۰ درصد (در کانال‌های بزرگ‌تر) قرار دارد. راندمان توزیع آب در شبکه، به‌طور متوسط ۷۶ درصد است که بین ۵۰ و ۱۰۰ درصد متغیر است. راندمان کاربرد آب در مزارع براساس تحلیل بیلان رطوبتی خاک، از ۴۱ درصد در بافت خاک لوم رسی شنی تا ۶۶ درصد برای بافت رسی متغیر بوده است. براساس تحلیل داده‌های میزان برداشت محصول، هزینه‌های تولید و قیمت فروش محصول، کارایی مصرف آب (برحسب کیلوگرم محصول به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی) از ۰/۴ برای یونجه مسن تا ۵/۱ برای چغندرقند متفاوت است. میزان بهره‌وری آب در این شبکه (برحسب ریال به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی) بین ۲۷۴۰ برای یونجه با سن بالای ۱۰ سال و ۶۹۰۰ برای گندم است. می‌توان نتیجه گرفت که در صورت محدودیت آب، به لحاظ اقتصادی اولویت کشت به‌ترتیب گندم، چغندرقند و یونجه خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سطحی، راندمان آبیاری، بیلان رطوبتی، شبکه زرینه‌رود، دریاچه ارومیه

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۲. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منبع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۳. گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ارومیه، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: s.besharat@urmia.ac.ir

مقدمه

ایران در یک منطقه نیمه‌خشک واقع شده است و آب مهم‌ترین تنگنای توسعه کشاورزی محسوب می‌شود. در این خصوص هر گونه فعالیتی که به‌منظور بهره‌برداری بهینه از آب و افزایش راندمان و بهره‌وری آن صورت گیرد، لازم است. مفهوم بهره‌وری از دیدگاه‌های مختلفی بیان شده است. آژانس بهره‌وری اروپا، این شاخص را به معنی درجه استفاده مؤثر از هر یک از عوامل تولید معرفی می‌کند و بهره‌وری را در درجه اول یک دیدگاه فکری می‌داند که همواره سعی دارد آنچه را که در حال حاضر موجود است بهبود بخشد (۱۰). بررسی عملکرد کشورهایی که در طی سال‌های اخیر رشد اقتصادی چشمگیر داشته‌اند، حکایت از آن دارد که بیشتر کشورها این رشد را عمدتاً از طریق افزایش بهره‌وری به‌دست آورده‌اند، به‌صورتی که نقش سرمایه‌گذاری جدید در این رشد در مقایسه با افزایش بهره‌وری در آن اندک بوده است (۱۰).

عدم آگاهی زارعین از مقدار آب مورد نیاز گیاه و اصول صحیح آبیاری، به استفاده بی‌رویه آب در بخش کشاورزی منجر می‌شود. کمبود منابع آبی از یک سو و افزایش بی رویه جمعیت و نیاز به تأمین غذای آنها از سوی دیگر موجب شده است که مدیران و سیاستگذاران بخش کشاورزی به فکر استفاده بهینه از مقدار آب اختصاص یافته به این بخش و تولید بیشتر مواد غذایی باشند (۷).

در زمینه ارزیابی آبیاری مطالعات چندی صورت گرفته است که عبارتند از:

میرابوالقاسمی (۸) با انجام آزمایش‌هایی در تعدادی از شبکه‌های سنتی دشت‌های خوزستان، تبریز و کرمانشاه متوسط بازده انتقال را ۲۳ تا ۵۰ درصد، متوسط راندمان کاربرد آب در مزرعه را ۴۵ تا۶۰ درصد و متوسط راندمان کل را ۱۳/۵ تا ۲۲ درصد براورد کرد.

اسدی و همکاران (۱) با مطالعه‌ای یک‌ساله، بازده کاربرد آب در روش‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین را در مناطق کرمان، اصفهان، ارومیه و گرگان مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعه آنها نشان داد، بازدهی کاربرد آب آبیاری در اکثر مزارع مورد مطالعه در حد قابل قبولی نبوده و مقادیر آن در طول فصل زراعی متغیر است. آنها همچنین حداقل و حداکثر بازدهی کاربرد آب را در مزارع مناطق مورد مطالعه اصفهان و ارومیه، به‌ترتیب ۱۶/۷ و ۶۴/۹ درصد، گزارش کردند، آنان ضعف طراحی و عدم مدیریت صحیح آبیاری را دلیل عمده پایین بودن راندمان آبیاری بیان کردند، عثمان (۱۷) نیز در مصر به نتایج مشابهی دست یافته است (۱ و ۱۷).

عباسی و همکاران (۴) از سال ۱۳۷۳ تا سال ۱۳۷۷ مطالعاتی را در استان‌های خراسان، گلستان و اصفهان روی ارزیابی راندمان روش‌های آبیاری سطحی انجام دادند. حداقل و حداکثر راندمان کاربرد در مزارع تحت مطالعه خراسان به‌ترتیب ۳۲/۶ و ۶۵/۳ درصد، در مزارع گرگان ۲۹/۷ و ۶۸/۷ درصد و در مزارع اصفهان ۱۷/۶ و ۵۹/۱ درصد اندازه‌گیری شد. آنها بیان داشتند که روش آبیاری تأثیر به‌سزایی در افزایش راندمان آبیاری دارد. به‌طوری‌که حداقل راندمان کاربرد در روش آبیاری نواری و کرتی و حداکثر آن به روش آبیاری جویچه‌ای با کاهش جریان تعلق دارد، گالیناتو (۱۴) سال ۱۹۷۴ در پایان نامه کارشناسی ارشد خود در دانشگاه آیداهو ایالات متحده، به نتایج مشابهی دست یافت (۴ و ۱۴).

سبحانی و دادمهر (۲) در تحقیقی رطوبت خاک را به‌مدت ۲۲ هفته، هفته ای دو روز، به‌روش وزنی در باغ سیب، مزرعه ذرت و زمین دیم اراضی پردیس نازلو دانشگاه ارومیه اندازه‌گیری کردند. هیدرومدول و حجم آب آبیاری هدر رفته در باغ سیب حدود سه برابر هیدرومدول و حجم آب مورد نیاز است و این بدان معنی است که آب مورد نیاز سه سال درختان، در عرض یک سال مصرف شده است. هیدرومدول و حجم آب هدررفته در مزرعه ذرت در حدود دو برابر هیدرومدول و حجم آب مورد نیاز است.

براساس مطالعه‌ای که قدمی فیروزآبادی (۶) به‌منظور تعیین کارایی مصرف آب در مزارع سیب‌زمینی در دشت قهاوند همدان انجام داد، میانگین بهره‌وری مصرف آب در سیستم‌های آبیاری

سطحی، بارانی و قطره‌ای (تیپ) به‌ترتیب ۱/۴، ۲/۵ و ۲/۹ کیلوگرم محصول به‌ازای هر مترمکعب آب گزارش شد (۶ و ۲۰).

سلطانی و همکاران (۳)، به‌منظور ارائه راه حل‌ها و پیشنهادهایی جهت رفع موانع و جلوگیری از تلفات آب در شبکه‌های آبیاری و مقایسه عملکرد این شبکه‌ها با اهداف پیش‌بینی شده قبلی، ارزیابی راندمان آبیاری در شبکه آبیاری جایزان در استان خوزستان را مورد توجه قرار دادند. این شبکه شامل ۶۵۰۰ هکتار سطح ناخالص است که از رودخانه مارون تأمین آب می‌شود و سطح اراضی خالص آن ۵۵۰۰ هکتار است. سلطانی و همکاران (۳)، به‌منظور ارائه راه‌حل‌ها و پیشنهادهایی برای رفع موانع و جلوگیری از تلفات آب در شبکه های آبیاری و مقایسه عملکرد این شبکه‌ها با اهداف پیش‌بینی شده قبلی، ارزیابی راندمان آبیاری در شبکه آبیاری جایزان در استان خوزستان را مورد توجه قرار دادند. این شبکه شامل ۶۵۰۰ هکتار سطح ناخالص است که از رودخانه مارون تأمین آب می‌شود و سطح اراضی خالص آن ۵۵۰۰ هکتار است. در این تحقیق با استفاده از برنامه کامپیوتری Crop Wat میزان نیاز گیاهی، میزان آب منحرف شده به شبکه و راندمان کلی آبیاری با میزان آب مورد نیاز گیاهان زیر کشت مقایسه شد. نتایج گزارش شده مبین راندمانی معادل ۱۲ درصد بود.

کنراد و همکاران (۱۳) عملکرد آبیاری را براساس اندازه‌گیری سنجش از راه دور و آب‌شناسی در بالای دلتای آمودریا در آسیای مرکزی بررسی کردند و گزارش کردند که تنها ۴۶ درصد از مقدار آب مصرفی کشاورزی در سطح مزرعه، به مصرف تولیدات گیاهی می‌رسد.

احدی و همکاران (۱۱) مطالعه‌ای در پایین‌دست حوضه ریوگراند نیومکزیک روی راندمان آبیاری در مزرعه در سراسر حوضه با محصولات یونجه، گردوی آمریکایی و پنبه که در حدود ۸۰ درصد از زمین‌های آبی در این منطقه را پوشش می‌دهند و به‌صورت سطحی آبیاری می‌شوند، انجام دادند. آنها مقدار متوسط راندمان آبیاری در داخل مزرعه را ۶۴ درصد و رنج تغییرات آن را بین ۱۱ تا ۹۵ درصد گزارش کردند. با احتساب مقدار راندمان انتقال به‌دست آمده برابر ۵۴ درصد، در نهایت مقدار راندمان کل را ۳۵ درصد گزارش کردند.

در پژوهش‌هایی مشابه در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، عملکرد سیب‌زمینی در دو سیستم آبیاری بارانی و قطره‌ای- نواری و کارایی انواع سیستم‌های آبیاری مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد، آبیاری قطره‌ای - نواری با کاربرد آب کمتر نسبت به آبیاری بارانی، عملکرد بهتری دارد (۱۲، ۱۸ و ۱۹).

مولائی (۹) عملکرد و ویژگی‌های دو رقم سیب‌زمینی بورن و ساتینا را تحت دو سیستم آبیاری بارانی و قطره‌ای بررسی کرد. عملکرد و بهره‌وری آب در آبیاری قطره‌ای - نواری و آبیاری بارانی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد و عملکرد محصول در واحد سطح در آبیاری بارانی، ۴۲ درصد کمتر از آبیاری قطره‌ای – نواری بود.

کیردا و همکاران (۱۵) در پژوهشی گزارش کردند وقتی دو نیمه سیستم ریشه ذرت به‌طور متناوب در معرض تر و خشک شدن قرار می‌گیرد، آب مصرفی ۳۴/۴ تا ۳۶/۸ درصد کاهش می‌یابد، درحالی‌که کل ماده خشک تولیدی در مقایسه با گیاهانی که آبیاری کامل شده‌اند، فقط ۶ تا ۱۱ درصد کاهش می‌یابد.

یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات مربوط به آب، پایین بودن راندمان و بهره‌وری نامناسب مصرف آب است. محدودیت منابع آبی از یک سو و تلفات حجم عظیمی از آب در اثر شیوه‌های نادرست آبیاری از سوی دیگر، می‌طلبد تا بخش قابل توجهی از امکانات و توان تخصصی را جهت افزایش راندمان و بهره‌وری آب به‌عنوان معقول‌ترین راه حل به‌کار گیریم. در این رابطه قبل از ارائه هر گونه راهکاری، لازم است وضعیت موجود روش‌های آبیاری مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور در این پژوهش به ارزیابی آبیاری سطحی مزارع شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود در جنوب دریاچه ارومیه پرداخته خواهد شد. براساس بررسی‌های انجام شده، تحقیقات بسیار محدود در کشور و سطح جهان در خصوص اندازه‌گیری پارامترهای اساسی شبکه‌های آبیاری و به‌علت وسعت کار انجام شده است. در این مطالعه به‌منظور بررسی

شکل ۱. الف) موقعیت شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود در حوضه دریاچه ارومیه و
ب) نمونه کشت چغندرقند در حاشیه شهر میاندوآب

راندمان کاربرد آب در مزرعه از بیلان‌بندی رطوبتی خاک مزرعه و به‌منظور اندازه‌گیری تلفات آب در کانال‌ها از روش حجم ورودی – خروجی استفاده شد. از آنجایی‌که شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود در حاشیه دریاچه ارومیه قرار گرفته و به‌صورت کاملاً مستقیم با دریاچه در ارتباط است و از طرف دیگر رودخانه آبده شبکه (رودخانه زرینه‌رود) سالانه حدود ۴۱ درصد از آب ورودی به دریاچه ارومیه را تأمین کرده است، لذا بررسی و اطلاع از وضعیت موجود شبکه و راندمان‌های آبیاری در داخل آن لازم به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود واقع در شمال غربی ایران بین ۶۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). سد بوکان با حجم مخزن ۸۰۸ میلیون مترمکعب از طریق سد انحرافی نوروزلو، دشت را تغذیه می‌کند. آب تخلیه شده توسط یک رشته کانال به طول ۱۴ کیلومتر و دبی ۳۳/۵ مترمکعب در ثانیه که ساحل چپ و یک رشته کانال به طول ۴۷/۲۶ کیلومتر و دبی ۴۰ مترمکعب در ثانیه که ساحل راست را پوشش می‌دهند، توزیع می‌شود. دشت زرینه‌رود دارای وسعتی برابر ۸۵۰۰۰ هکتار است که ۲۰۰۰۰ هکتار آن به‌دلیل باتلاقی بودن و داشتن سطح تراز برابر با سطح دریاچه ارومیه قابل استفاده نیست و ۶۵۰۰۰ هکتار ناخالص دیگر (۵۷۸۱۲ هکتار خالص) با اجرای طرح شبکه آبیاری و زهکشی قابل استفاده شده است. موقعیت شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود در حوضه دریاچه ارومیه و نمونه اراضی زیر کشت چغندرقند در حاشیه شهر میاندوآب در شکل (۱) نشان شده است.

در داخل شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود، سه محصول از محصولات اصلی الگوی کشت منطقه شامل چغندرقند، یونجه و گندم که ۷۰ درصد از سطح زیر کشت داخل شبکه را پوشش دهند، به‌عنوان الگوی کشت شبکه انتخاب شدند (۱۱). سپس به‌منظور توان متوسط‌گیری و تحلیل آماری نتایج، از هر نوع کشت (محصول) دو قطعه زمین با تکرار دو نوبت آبیاری (چهار تکرار آزمایش) به‌صورت کاملاً تصادفی از طریق امور آب شهرستان در نقاط مختلف شبکه انتخاب شده و آزمایش‌های تعیین راندمان کاربرد آبیاری روی آنها انجام گرفت.

الف) عملیات صحرایی

عملیات صحرایی شامل سه مرحله بود:

شکل ۲. الف) اندازه‌گیری رطوبت خاک در اعماق مختلف به‌وسیله رطوبت سنج TDR و ب) اندازه‌گیری عمق توسعه ریشه

شکل ۳. الف) ثبت دبی آب آبیاری ورودی به‌وسیله پارشال‌فلوم و ب) ثبت رواناب خروجی از مزارع مورد مطالعه با سر ریز مثلثی

مرحله اول، شامل برداشت نمونه جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک بود. برای این منظور از هر قطعه زمین مورد مطالعه، در چهار نقطه نمونه‌های مرکب خاک از عمق‌های ۳۰ -۰، ۶۰ -۳۰، ۸۰ -۶۰ و ۱۰۰ -۸۰ سانتی‌متری، برداشت شد.

مرحله دوم شامل تعیین رطوبت خاک در قبل و بعد از آبیاری و کنترل حجم‌های ورودی و خروجی آب آبیاری به مزارع مورد مطالعه بود. رطوبت خاک به‌وسیله رطوبت‌سنج TDR اندازه‌گیری شد. برای این کار به دو آبیاری برای هر قطعه زمین مورد مطالعه و در هر آبیاری دقیق، قبل و چند ساعت بعد از انجام آبیاری (پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک)، رطوبت پروفیل خاک قرائت شد. عمق توسعه ریشه گیاه کشت شده با پروفیل برداری از خاک مزارع، اندازه‌گیری شد (شکل ۲). با قرار دادن پارشال فلوم و سرریز در مسیر جریان ورودی و رواناب‌های خروجی از انتهای زمین و قرائت‌های سطح آب در طول مدت زمان آبیاری، حجم آب وارد شده به زمین و همچنین حجم آب خروجی از مزرعه به‌صورت رواناب سطحی اندازه‌گیری و محاسبه شدند (شکل ۳).

مرحله سوم به‌منظور ارزیابی راندمان انتقال و توزیع آب در شبکه، از روش حجم ورودی- خروجی، با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج مولینه و متراژ کردن مقاطع عبور جریان به‌صورت آنی در صحرا و مشخص کردن گرفتگی مقاطع اقدام شد (شکل ۴). راندمان انتقال شامل راندمان در کانال‌های درجه یک و دو، همچنین راندمان توزیع به راندمان در کانال‌های درجه سه و چهار گفته می‌شود. روش ارزیابی راندمان‌های انتقال و توزیع مشابه بوده و نتایج دو راندمان باهم ارائه شده است.

ب) عملیات آزمایشگاهی

در آزمایشگاه، منحنی دانه‌بندی به روش هیدرومتر بایکاس و غربال و بافت خاک نیز به‌روش هیدرومتر ۹ قرائته، مشخص

شکل ۴. الف) اندازه‌گیری عمق و هندسه مقاطع عبوری جریان و ب) اندازه‌گیری سرعت جریان در کانال به‌وسیله مولینه

جدول ۱. مشخصات هندسی و روش آبیاری مزارع مورد مطالعه

شماره مزرعه	نوع محصول	روش آبیاری	منبع تأمین آب	نحوه آبگیری	طول مزرعه (متر)	عرض مزرعه (متر)	حجم آب کاربردی آبیاری اول	حجم آب کاربردی آبیاری دوم
۱	چغندرقند	نوارهای شیاردار	کانال	سنتی	۲۷۸	۵۹	۲۶۴۰۷۲۳	۲۴۹۳۱۰۷
۲	چغندرقند	کرتی شیاردار	کانال	سنتی	۲۸۰	۹۶	۳۹۷۸۲۴۴	۲۴۷۲۹۶۲
۳	یونجه	کرتی	کانال	سنتی	۷۴	۷۱	۱۲۱۴۶۴۰	۹۴۰۰۲۵
۴	یونجه	کرتی	کانال	سنتی	۹۹	۸۲	۲۴۲۹۲۸۰	۱۵۵۱۸۱۴
۵	گندم	کرتی	کانال	سنتی	۱۴۲	۹۱/۵	۲۴۱۶۶۹۷	۲۲۴۷۷۹۰
۶	گندم	نواری انتها بسته	کانال	سنتی	۲۱۷	۷۶	۲۶۷۱۷۱۱	۲۹۵۲۰۶۹

شد. وزن مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر تعین شد. هدایت هیدرولیکی به روش بارافتان اندازه‌گیری، منحنی مشخصه رطوبتی خاک نیز با استفاده از دستگاه صفحات فشاری تعیین شد و رطوبت خاک نظیر فشارهای ۰، ۰/۳۳، ۰/۵، ۱، ۳، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۵ بار روی نمونه‌های دست نخورده تعیین شد. وزن مخصوص ظاهری خاک نیز با استفاده از نمونه‌های دست نخورده با مشخص شدن حجم و وزن خشک نمونه‌ها به‌دست آمد.

د) جمع‌بندی اطلاعات برای ارزیابی

برای ارائه و ارزیابی بیلان رطوبتی (آب) خاک مناطق مورد مطالعه، مقادیر آب مصرفی آبیاری، آب ذخیره سهل‌الوصول، آب ذخیره قابل دسترس و آب اضافی خاک با استفاده از درصد رطوبت حجمی روزهای اندازه‌گیری، محاسبه و براورد شدند.

روش آبیاری در مزارع انتخابی کرتی و نواری بود و در هر کدام از مزارع، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و مشخصات ظاهری آنها اندازه‌گیری و ثبت شده است (جدول ۱). در هر یک از مزارع دقیقاً قبل و در کمتر از ۲۴ ساعت بعد از هر نوبت آبیاری (زمانی که آب از سطح خاک ناپدید شده، کامل نفوذ کرده یا رواناب شده) رطوبت خاک مزارع با استفاده از دستگاه رطوبت سنج TDR در دو نقطه و در عمق توسعه ریشه گیاه اندازه‌گیری شد. مقدار آب ورودی به مزارع به‌وسیله پارشال‌فلوم شش اینچ اندازه‌گیری شد. بازده کاربرد آب آبیاری با استفاده از معادله (۱) محاسبه شده است.

$$Ea = \frac{d_1}{d_2} \qquad [1]$$

$$d_1 = (\theta_2 - \theta_1) \times R \qquad [2]$$

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی خاک مزارع

شماره مزرعه	عمق توسعه ریشه (cm)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	رطوبت اشباع (m^3/m^3)	رطوبت ظرفیت زراعی (m^3/m^3)	رطوبت پژمردگی دائم (m^3/m^3)	رطوبت قابل جذب (mm)
۱	۶۵	رسی	۱/۳۰	۰/۵۱۷	۰/۳۶۸	۰/۲۱۸	۹۷/۵
۲	۶۵	رسی	۱/۳۴	۰/۵۰۱	۰/۳۷۸	۰/۲۴۲	۸۸/۴
۳	۱۰۵	لوم رسی شنی	۱/۶۳	۰/۳۷۴	۰/۲۳۹	۰/۱۳۳	۱۱۱/۳
۴	۱۰۵	لوم رسی شنی	۱/۵۹	۰/۳۸۹	۰/۲۵۴	۰/۱۴۲	۱۱۷/۶
۵	۵۵	لوم رسی	۱/۴۶	۰/۴۳۶	۰/۲۸۱	۰/۱۳۹	۷۸/۱
۶	۵۵	لوم رسی	۱/۵۰	۰/۴۰۸	۰/۲۵۱	۰/۱۱۵	۷۴/۸

در این رابطه d۱، تغییر ذخیره رطوبتی خاک در ناحیه ریشه گیاه در فاصله بین دو نمونه‌برداری برحسب سانتی‌متر و d۲، مقدار آب داده شده به مزرعه برحسب سانتی‌متر است. مقدار d۱ از معادله (۲) به‌دست می‌آید، که در این معادله θ۱ و θ۲ رطوبت حجمی خاک قبل و بعد از آبیاری برحسب اعشار و R عمق توسعه ریشه برحسب سانتی‌متر است.

جهت محاسبه کارایی مصرف آب در مزرعه از معادله (۳) استفاده شد.

$$WUE=\frac{Y}{W} \qquad [۳]$$

در این رابطه، Y کل عملکرد محصول برحسب کیلوگرم و W کل حجم آب مصرفی بر حسب مترمکعب است.

همچنین برای محاسبه بهره‌وری آب آبیاری از معادله (۴) استفاده شده است.

$$\text{بهره‌وری} = \frac{P}{W} \qquad [۴]$$

در این رابطه، P مقدار سود خالص حاصل از کشت محصولی مورد مطالعه است.

به‌منظور اطلاع از مقدار حجم آب ذخیره شده در عمق توسعه ریشه برای هر قطعه زمین مورد مطالعه، اطلاع از مشخصات هندسی مزارع و خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک مزارع مورد مطالعه لازم است. برای این منظور عمق توسعه ریشه در محل اندازه‌گیری و سایر پارامترهای فیزیکی و هیدرولیکی در آزمایشگاه روی نمونه‌های برداشت شده تعیین شدند (جدول ۲).

در نهایت اندازه‌گیری‌ها در شش مزرعه به‌صورت کامل و برای مدت یک ماه (دو دور آبیاری) جمع‌بندی شده و پس از تحلیل اندازه‌گیری‌ها و دقت داده‌ها، در قسمت بررسی نتایج راندمان‌های کاربرد آب در مزارع زیر کشت‌های مختلف و در بافت‌های خاک مزارع، بحث خواهد شد. مشخصات کانال‌های مورد بررسی در جدول (۳) ارائه شده است.

نتایج و بحث

نتایج محاسبه راندمان کاربرد آب، برای شش مزرعه از مزارع به‌عنوان نمونه در جدول (۴) آمده است. مزارع تحت مطالعه در این منطقه به روش‌های نواری انتها باز و بسته، روش کرتی و کرت‌ها و نوارهای شیاردار برای کشت‌های ردیفی آبیاری شده است. در این منطقه ۱۰ تا ۱۲ نوبت آبیاری برای محصول چغندرقند و یونجه و چهار تا پنج آبیاری برای محصول گندم انجام می‌گیرد که نتایج برای دو نوبت متوالی آبیاری در انتهای رشد، ارائه خواهد شد. حداکثر راندمان کاربرد در این مزارع ۶۶ درصد، حداقل مقدار آن ۴۱ درصد و متوسط راندمان کاربرد مزارع مورد مطالعه، ۵۰ درصد براورد شده است. همان‌طورکه از نتایج مشخص است، مقدار راندمان در مزارع زیر کشت چغندرقند بیشتر از سایر مزارع است که دلیل آن رسی و سنگین بافت بودن خاک آن مزارع است که باعث شده است نسبت به

جدول ۳. مشخصات فنی و هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در برخی از کانال‌های مورد بررسی

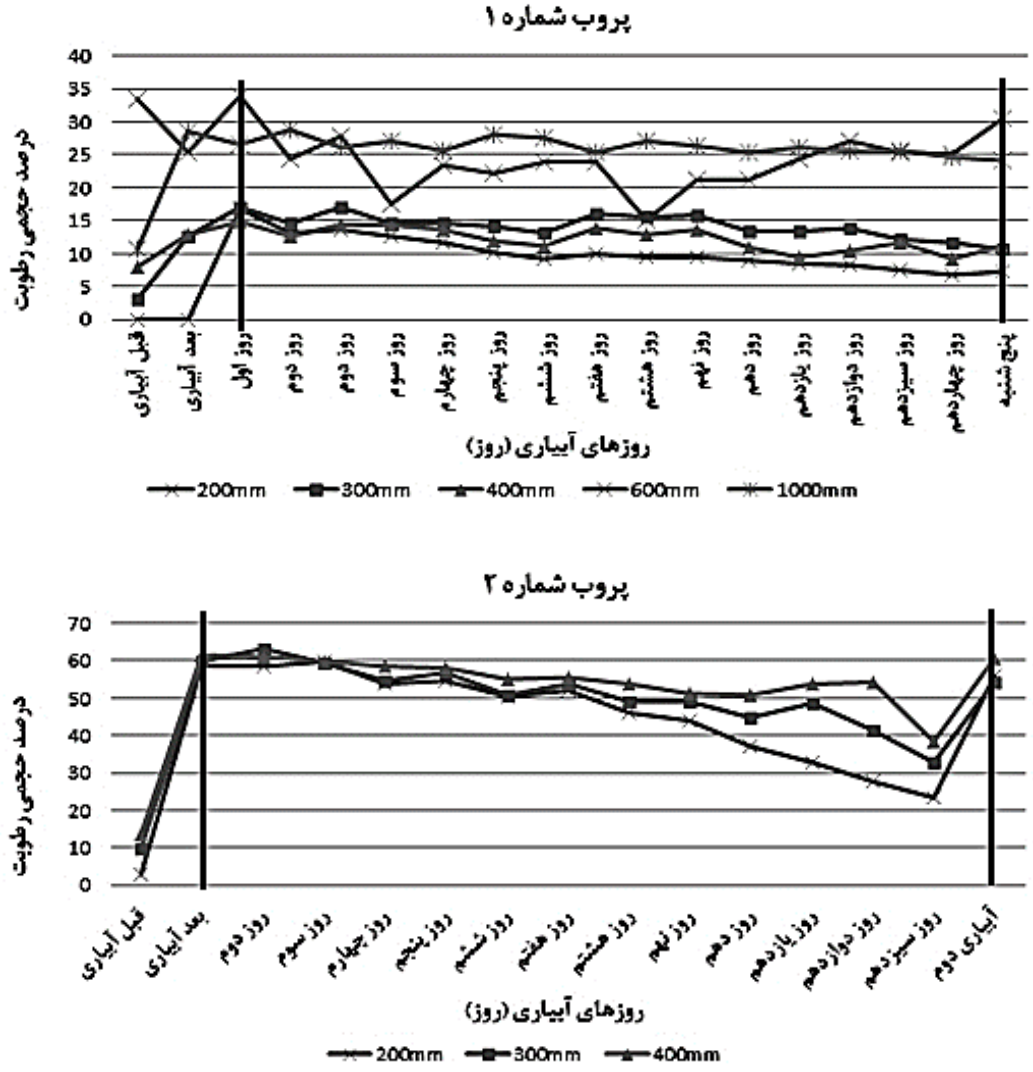
اسم کانال	تیپ کانال	نوع پوشش	نوع مقطع	دبی ورودی (مترمکعب بر ثانیه)	سرعت متوسط (متر بر ثانیه)	طول بازه (کیلومتر)
نصیرکندی	درجه دو	بتنی	ذوزنقه‌ای	۰/۸۵۰۶	۰/۲۷۳	۱/۲۱۶
قشلاق نوروزلو	درجه دو	بتنی	ذوزنقه‌ای	۳/۳۱۷۳	۲/۳۰۴	۱/۷۲۴
حسین‌آباد	درجه دو	بتنی	ذوزنقه‌ای	۰/۹۱۹۵	۰/۴۴۴	۰/۷۰۶
جاده نصیرکندی	درجه سه	بتنی	ذوزنقه‌ای	۰/۱۴۷۶	۰/۲۸۴	۰/۸
قره ورن	درجه سه	بتنی	ذوزنقه‌ای	۰/۰۸۴۷	۰/۴۸۹	۱/۳۸۸
قشلاق نوروزلو	درجه سه	بتنی	ذوزنقه‌ای	۰/۱۷۷۰	۰/۳۷۹	۰/۵۵۲

جدول ۴. محاسبه و پارامترهای مربوط به راندمان کاربرد آب آبیاری در مزارع مورد بررسی شبکه آبیاری و زه‌کشی زرینه‌رود

شماره مزرعه	نوبت آبیاری	نوع محصول	رطوبت متوسط قبل از آبیاری	رطوبت متوسط بعد از آبیاری	عمق توسعه ریشه (cm)	عمق آب آبیاری (mm)	عمق آب ذخیره شده (mm)	راندمان کاربرد (%)
			(m^3/m^3)					
۱	۱	چغندرقند	۲۱/۵	۴۵/۲	۶۵	۱۶۱	۹۹/۴	۰/۶۲
۱	۲	چغندرقند	۲۵/۷	۴۴/۵	۶۵	۱۵۲	۷۲/۲	۰/۴۷۵
۲	۱	چغندرقند	۲۲/۷	۴۲/۸	۶۵	۱۴۸	۹۸/۱	۰/۶۶
۲	۲	چغندرقند	۳۰/۴	۴۰/۸	۶۵	۹۲	۴۸/۱	۰/۵۲۳
۳	۱	یونجه	۱۲/۶	۲۲/۳	۱۰۵	۲۳۰	۱۰۱/۸	۰/۴۴
۳	۲	یونجه	۱۵/۶	۲۴/۲	۱۰۵	۱۷۸	۸۷	۰/۴۹
۴	۱	یونجه	۱۲/۲	۲۳/۹	۱۰۵	۲۹۹	۱۲۲/۸	۰/۴۱
۴	۲	یونجه	۱۵/۰۲	۲۴/۵	۱۰۵	۱۹۱	۹۹/۵	۰/۵۲
۵	۱	گندم	۱۵/۶	۴۰/۵	۷۵	۱۸۶	۹۴	۰/۵۰۵
۵	۲	گندم	۱۷/۱	۳۹	۷۵	۱۷۳	۸۲/۵	۰/۴۷۷
۶	۱	گندم	۱۶	۳۷	۷۵	۱۶۲	۶۸	۰/۴۲
۶	۲	گندم	۱۳/۵	۳۵/۶	۷۵	۱۷۹	۸۷	۰/۴۸۶

سایر مزارع نفوذ عمقی کمتر و در نتیجه ذخیره بیشتر داشته باشد و به‌دلیل پایین بودن سرعت نفوذ، توزیع سریع‌تر آب در سطح مزرعه را شاهد و راندمان بالاتری ثبت شود.

همان‌طورکه از نتایج آمده در جدول (۴) استنتاج می‌شود در اکثر موارد، مقدار متوسط رطوبت حجمی در قبل از آبیاری اول کمتر از مقدار آن در آبیاری دوم است که دلیل آن به دو صورت قابل توجیه است: اول آنکه به‌دلیل صحیح نبودن برنامه آبیاری اعم از عدم اطلاع کشاورزان از میزان رطوبت خاک در قبل از آبیاری و زمان مناسب آبیاری، چون رطوبت ذخیره شده در خاک کامل خارج نمی‌شود، لذا بعد از هر بار آبیاری مقداری رطوبت در خاک انباشته می‌شود، این رطوبت اولیه در آبیاری‌ها رو به افزایش است. تغییرات رطوبت در یک نمونه پروب از زمین زیر کشت چغندرقند و یک نمونه از یونجه در شکل (۵) نمایش شده است.



شکل ۵. الف) تغییرات رطوبت حجمی خاک در مزرعه چغندر و ب) تغییرات رطوبت حجمی خاک مزرعه یونجه، در اعماق ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متری از سطح زمین

دوم اینکه دور آبیاری‌ها ثابت نبوده و تابع در دسترس بودن آب آبیاری است به‌گونه‌ای که در شرایط در دسترس بودن آب آبیاری، دور آبیاری کمتر از ۱۲ روز بود، اما در دوره نبود آب در کانال‌ها، دور آبیاری از ۱۵ روز بالا می‌رود. دلیل این امر این است که آب رودخانه ۱۲ روز در کانال ساحل راست، ۱۰ روز در ساحل چپ و ۲ یا ۳ روز در بستر رودخانه رها می‌شود. لذا در دوره ۱۲ روزه وجود آب در کانال‌ها، دو بار آبیاری صورت می‌گیرد که فاصله آبیاری‌ها کم بوده و رطوبت قبل از آبیاری در آبیاری دوم به مراتب بیشتر خواهد بود و در دوره نبود آب در شبکه که ۱۴ تا ۱۵ روز به طول می‌انجامد، رطوبت خاک تا نزدیک به رطوبت پژمردگی دائم تخلیه می‌شود.

با اندازه‌گیری دبی آب آبیاری و مدت زمان آبیاری هر مزرعه، حجم آب مصرفی در طول فصل زراعی محاسبه، عملکرد هریک از مزارع مورد مطالعه مشخص و براساس بهای فروش واحد محصول تولیدی و اعمال مقدار هزینه‌های صورت گرفته توسط کشاورزان، سود خالص کشاورزان محاسبه شد، (جدول ۵). کارایی مصرف آب در این مزارع از ۰/۴۱ برای محصول گندم تا ۵/۰۷ کیلوگرم محصول به‌ازای یک مترمکعب

جدول ۵. مقادیر عملکرد محصول، حجم آب مصرفی در طول دوره رشد و سود حاصل از مصرف آب

شماره مزرعه	عملکرد محصول (کیلوگرم)	بهای واحد هزار (ریال)	سود ناخالص	سود خالص	تعداد آبیاری	حجم آب مصرفی (مترمکعب)
۱	۱۳۵۰۰۰	۲۷۰۰	۳۶۴۵۰۰۰۰۰	۲۲۷۳۰۰۰۰۰	۱۳	۳۳۳۷۰
۲	۱۸۰۰۰۰	۲۴۰۰	۴۳۲۰۰۰۰۰۰	۲۳۵۰۶۰۰۰۰	۱۱	۳۵۴۸۲
۳	۱۰۲۵۰	۷۶۰۰	۷۷۹۰۰۰۰۰	۷۰۰۰۰۰۰۰	۱۲	۱۲۹۲۸
۴	۸۹۳۰	۷۵۵۰	۶۷۴۲۱۵۰۰	۶۰۰۰۰۰۰۰	۱۱	۲۱۸۹۶
۵	۵۱۳۰	۱۱۵۰۰	۵۸۹۹۵۰۰۰	۴۹۱۲۰۰۰۰	۴	۹۳۲۹
۶	۹۶۵۰	۱۱۳۵۰	۱۰۹۵۲۷۵۰۰	۹۶۹۹۰۰۰۰	۵	۱۴۰۶۰

جدول ۶. عملکرد، کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب آبیاری در مزارع مورد مطالعه شبکه آبیاری و زه‌کشی زرینه‌رود

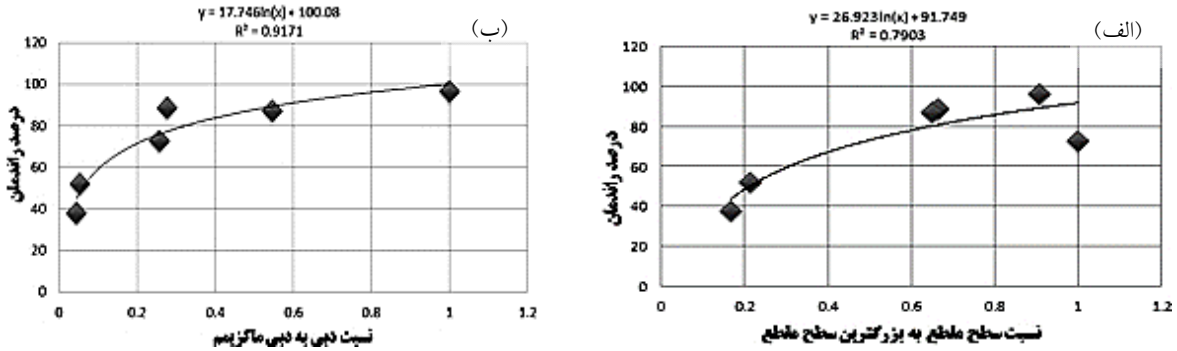
شماره مزرعه	عملکرد محصول (کیلوگرم)	حجم آب مصرفی (مترمکعب)	راندمان کاربرد (درصد)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب (ریال بر متر مکعب)
۱	۱۳۵۰۰۰	۳۳۳۷۰	۵۵	۴/۰۴	۶۸۱۲
۲	۱۸۰۰۰۰	۳۵۴۸۲	۵۹	۵/۰۷	۶۶۲۵
۳	۱۰۲۵۰	۱۲۹۲۸	۴۶	۰/۷۹	۵۴۱۵
۴	۸۹۳۰	۲۱۸۹۶	۴۷	۰/۴۱	۲۷۴۰
۵	۵۱۳۰	۹۳۲۹	۴۹	۰/۵۵	۵۲۶۵
۶	۹۶۵۰	۱۴۰۶۰	۴۵	۰/۶۹	۶۸۹۸

آب مصرفی برای چغندرقند متغیر است. بهره‌وری آب آبیاری در شبکه مورد مطالعه بین ۲۷۴ تومان به‌ازای مصرف یک مترمکعب آب آبیاری برای محصول یونجه با سن بالای ۱۰ سال تا ۶۹۰ تومان برای محصول گندم متغیر بود (جدول ۶).

میانگین راندمان کاربرد در این اراضی، ۵۰/۲ درصد برآورد شده است. این امر نشان می‌دهد که متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری در اکثر مزارع مورد مطالعه نسبت به میانگین ارقام گزارش شده توسط سبحانی و همکاران (۲)، سلطانی و همکاران (۳) و همچنین ۳۷ درصد برای کشور توسط عباسی و همکاران (۴)، بیشتر بوده است. از طرفی این مقدار با نتایج سهرابی و کشاورز ۱۳۷۵، برای چغندرقند، میرابولقاسمی (۸)، برای آبیاری سنتی دشت‌های خوزستان، تبریز و کرمانشاه، اسدی و همکاران (۱)، برای مناطق کرمان، اصفهان، ارومیه و گرگان، عباسی و همکاران (۴)، برای استان‌های خراسان، اصفهان و گلستان به‌صورت کامل همخوانی دارد و نتایج مشابهی برداشت شده است. از طرفی این مقدار پایین‌تر از مقدار به‌دست آمده از پژوهش احدی و همکاران (۱۱)، در حوضه ریوگراند نیومکزیکوسیتی است که آنها متوسط راندمان کاربرد را ۶۴ درصد گزارش کرده‌اند. راندمان انتقال و توزیع آب در کانال‌های اندازه‌گیری شده به شرح جدول (۷) است. از نتایج مشخص شد که هر اندازه ابعاد کانال بزرگ‌تر و یا دبی عبوری از کانال بیشتر بود، راندمان انتقال از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار بود، برای بهتر روشن شدن این موضوع، راندمان انتقال کانال‌ها را یک‌بار در مقابل نسبت دبی عبوری به بیشترین دبی و یک‌بار در مقابل نسبت ابعاد کانال، به بزرگ‌ترین سطح مقطع جریان رسم شد (شکل ۶).

جدول ۷. راندمان انتقال و توزیع کانال‌های بتنی داخل شبکه آبیاری زرینه‌رود

کد کانال	نوع کانال	طول کانال (متر)	نام کانال	راندمان در طول مورد نظر (درصد)
G۲C۱	درجه دو	۱۲۱۶	بغل باغ سردار	۳۳
G۲C۲	درجه دو	۱۷۲۴	قشلاق نوروزلو	۹۲
G۲C۳	درجه دو	۴۷۶	حسین‌آباد بازه اول	۱۰۰
G۲C۴	درجه دو	۷۰۶	حسین آباد بازه دوم	۹۰
G۳C۱	درجه سه	۸۰۰	بغل جاده نصیر کندی	۵۰
G۳C۲	درجه سه	۱۳۸۸	بعد مقسم رو به جنوب	۱۰۰
G۳C۳	درجه سه	۳۸۶	بغل کانال اصلی	۸۲
G۳C۴	درجه سه	۵۵۲	قشلاق نوروزلو	۷۴



شکل ۶. الف) تغییرات راندمان انتقال به مساحت نسبی سطح مقطع جریان و ب) تغییرات راندمان انتقال آب کانال به دبی نسبی عبوری

نتایج پژوهش قدمی فیروزآبادی و سیدان (۷) نشان داد در مزارع شیاری با انتهای بسته به‌دلیل نبود رواناب، راندمان کاربرد آب، نسبت به سایر مزارع بیشتر است. ضعف طراحی و عدم مدیریت صحیح آبیاری، نداشتن برنامه و الگوی آبیاری مشخص و پاره‌ای مسائل اجتماعی زارعین، از علل عمده پایین بودن راندمان آبیاری در منطقه تحت مطالعه است. درحالی‌که در این پژوهش، از آن‌جایی‌که منطقه دارای شبکه زهکشی بوده و رواناب خروجی مزرعه مستقیم به داخل زهکش می‌ریزد، لذا مقدار رواناب خروجی از مزرعه، از حجم آب کاربردی آبیاری کسر شده و در نتیجه در این مزارع راندمان بالاتر بود.

لیانگ و همکاران (۱۶) گزارش کردند در پژوهشی تیمارهای آبیاری موضعی ریشه با ۳۰ و ۵۰ درصد تنش آبی، از نظر بازده تفاوت معنی‌داری با تیمار آبیاری کامل نداشتند، همچنین کیردا و همکاران (۱۵) گزارش کردند که با ۳۵ درصد کاهش آبدهی به مزارع، تنها هشت درصد کاهش عملکرد محصول رخ داده است. با این وجود به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی شبکه، می‌توان از تنش کم‌آبی با طولانی کردن دور آبیاری و یا پایین آوردن حجم آب آبیاری در جهت بالابردن راندمان کاربرد با ثابت نگه داشتن عملکرد، به بالابردن کارایی مصرف آب، بهره‌وری مصرف آب و صرفه‌جویی بیشتر در مصرف آب کشاورزی کمک کرد.

نتیجه‌گیری

مقدار راندمان انتقال آب کانال‌های پوشش شده شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود پایین و برابر ۶۹/۳ درصد در کیلومتر از طول کانال اندازه‌گیری و محاسبه شد. بیشتر اتلاف آب در کانال‌های درجه

پایین‌تر اتفاق افتاده است که عمده دلیل آن تخریب دیواره‌های بتنی کانال، عدم آموزش بهره‌برداران و عدم تعمیرات به موقع است.

حداکثر راندمان کاربرد در مزارع مورد مطالعه، ۶۶ درصد، حداقل مقدار آن، ۴۱ درصد و متوسط راندمان کاربرد مزارع مورد مطالعه، ۵۰ درصد براورد شده است. همان‌طورکه از نتایج مشخص است، مقدار راندمان در مزارع زیر کشت چغندرقند بیشتر از سایر مزارع است که دلیل آن رسی و سنگین بافت بودن خاک آن مزارع است که باعث شده نسبت به سایر مزارع نفوذ عمقی کمتر و در نتیجه ذخیره بیشتر و به‌دلیل پایین بودن سرعت نفوذ، توزیع سریع‌تر آب در سطح مزرعه را شاهد و راندمان بالاتری ثبت شود.

از مشکلات اصلی شبکه می‌توان به عدم آموزش بهره‌برداران، ترویج استفاده بهینه از آب، توجیه نیاز آبی و همچنین فقدان شرکت‌های بهره‌بردار و نگهدار شبکه جهت لایروبی و اصلاح به موقع خرابی‌های کانال‌ها و تأسیسات وابسته اشاره کرد.

منابع مورد استفاده

۱. اسدی، ا.، ش. اشرقی، ج. باغانی، ح. ریاحی، ت. سهرابی، ح. رضایی، ف. عباسی، ع. کشاورز، ع. مامن‌پوش و ع. میان‌آبی. ۱۳۷۵. بررسی عملکرد روش‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور. تهران.

۲. سبهانی، م. و ر. دادمهر. ۱۳۸۲. ارائه و ارزیابی بیلان رطوبتی خاک زراعی (مطاعه موردی و پایلوت-اراضی پردیس نازلو دانشگاه ارومیه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، ایران.

۳. سلطانی، ح.، ص. معروفی و س. برومند نسب. ۱۳۸۷. بررسی و تعیین راندمان آبیاری در شبکه آبیاری جایزان. مجموعه مقالات دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴. عباسی، ف.، ع. امامن‌پوش، ج. باغانی و ع. کیانی. ۱۳۷۸. ارزیابی بازدهی روش‌های آبیاری سطحی و نحوه کار آنها در سطح کشور. گزارش پژوهشی نهایی به شماره ثبت ۸۸/۴۹ مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشور.

۵. قاسم‌زاده مجاوری، ف. ۱۳۶۹. *ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع* (ترجمه). چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۶. قدمی‌فیروزآبادی، ع. ۱۳۸۴. مدیریت بهره‌برداری از سیستم‌های مختلف آبیاری. مجموعه مقالات دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک ایران ، کرمان،

۷. قدمی‌فیروزآبادی، ع. و س. م. سیدان. ۱۳۸۶. ارزیابی راندمان کاربرد آبیاری شیاری تحت مدیریت زارعین (مطالعه موردی: دشت بهار – همدان). *مجله پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی* ۷(۳): ۸۹-۷۹.

۸. میرابوالقاسمی، ه. ۱۳۷۳. ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه‌های سنتی ایران. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.

۹. مولائی، ب.، م. قیصری، ب. مصطفی‌زاده فرد، ا. لندی و م، م. مجیدی. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد و ویژگی‌های آن برای دو رقم سیب‌زمینی در روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای – نواری. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک* ۱۹(۷۱): ۲۵۰-۲۴۱.

۱۰. وزارت صنایع سنگین. ۱۳۷۱. اندازه‌گیری بهره‌وری. معاونت آموزش و تحقیق ایران.

11. Ahadi, R., Z. Samanib and R. Skaggsb. 2013. Evaluating on-farm irrigation efficiency across the watershed: A case study of New Mexico's Lower Rio Grande Basin. *Agricultural Water Management* 124: 52– 57.

12. Awari, H. W. and S. S. Hiwase. 1994. Effect of irrigation systems on growth and yield of potato. *Annual of Plant*

Physiology 8(2): 185-187.
13. Conrad, S. W., M. Dech, J. P. A. Hafeez, B. Lamers and B. Tischbein. 2013. Remote sensing and hydrological measurement based irrigation performance assessments in the upper Amu Darya Delta, Central Asia. *Physics and Chemistry of the Earth* 61: 52–62.
14. Galinato, G. D. 1974. Evaluation of irrigation systems in the Snake river fan. Jefferson, Contry, Idaho. MSc. Thesis, Idaho State University.
15. Kirda, C., M. Cetin, Y. Dasgan, S. Topcu, H. Kaman, B. Ekici, M. R. Derici and A. I. Ozguven. 2004. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 69: 191-201.
16. Liang, Z., F. Zhang, M. Shao and J. Zhang. 2002. The relations of stomatal conductance, water consumption, growth rate to leaf water potential during soil drying and rewatering cycle of wheat (*Triticum aestivum)*. *Botanical Bulletin- Academia Sinica Taipei* 43: 187-192.
17. Osman, H. El-B. 2002. Evaluation of Surface Irrigation Using Gated Pipes Techniques in Field Crops and Old Horticultural Farm. Agriculture Reserch Center, MOA, Dokki, Cairo, Egypt.
18. Payne, W. A. and M. C. Drew. 1992. Soil phosphorous availability and pearl millet water use efficiency. *Crop Science* 32: 1010-1015.
19. Ragab, R. A. 1983. The effect of sprinkler intensity and energy of falling drops on soil surface sealing. *Soil Science* 136(2): 117-123.
20. Yavuz, D., M. Kara and S. Suheri. 2012. Comparison of different irrigation methods in terms of water use and yield in potato farming. *Journal of SelÃ§uk University Natural and Applied Science* 1(2): 1-12.

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 22, No. 3, Fall 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Assessment of the Application Efficiency, Water Use Efficiency and Productivity of Irrigated Water in the Urmia Lake Basin (Case Study: Zarineh Rood irrigation and Drainage Network)

R. Jamali[1], S. Besharat[1*], M. Yasi[2] and A. Amirpour Deylami[3]

(Received: March 22-2017 ; Accepted: October 11-2017)

Abstract

The irrigation and drainage network of Zarrinehroud with an area of 65,000 hectares is the most important network of Lake Urmia basin, with the direct link to the lake. With the current crisis in the lake, an assessment of the existing network's performance is essential in the Urmia Lake Rescue Program. The purpose of this study was, therefore, to evaluate the transmission, distribution, and utilization efficiency and irrigation efficiency at the surface of the network. Three products were selected from the cultivar with the highest crop area (10% beet, 22% and 22%, and 38% wheat). The dominant method of irrigation was surface irrigation. At the network level, soil moisture in the field before and after irrigation, soil physical and hydraulic properties and water use volume for irrigation were measured. The results showed that the average transmission efficiency in canals with the concrete coating of the network was about 79%, which was in the range of 33% (in the smaller channels) to 100% (in the larger channels). The water distribution efficiency in the network was, on average, 76%, varying from 50% to 100%. Water use efficiency in the fields based on soil moisture balance analysis varied from 41% in the sandy loam soils to 66% for the clay texture. Based on the analysis of the data on the amount of harvest, production costs and product sales price, the water use efficiency (in kilograms of product per cubic meter of water used) varied from 0.4 for the elderly hay to 5.1 for the sugar beet. The amount of water used in this network (in Rials per cubic meter of water consumption) was between 2740 for alfalfa aged over 10 years and 6900 for wheat. It can be concluded that in the case of water constraints, wheat, sugar beet and alfalfa could be the most economic cultivar, respectively.

Keywords: Surface irrigation, Irrigation efficiency, Productivity, Zarineroud Irrigation Network, Urmia Lake

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Urmia, Iran.
*: Corresponding Author, Email: s.besharat@urmia.ac.ir