مدیریت آب و آبیاری
دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ٦٨-٥٥

مقایسه کارایی مصرف آب در سیستم‌های آبیاری بارانی و هیدروفلوم (مطالعه موردی: دشت اردبیل)

حبیبه اسدزاده شرفه[۱]، مجید رئوف[۲*]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه محقق اردبیلی و کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی اردبیل، ایران.
۲. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۰۸

چکیده

این تحقیق به‌منظور ارزیابی مدیریت مصرف آب آبیاری و بهره‌وری آب در شبکه آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی و شبکه کم‌فشار (هیدروفلوم) قوریچای در سطحی به مساحت ۳۸۸۵ هکتار در دشت اردبیل انجام گردید. شاخص‌های عرضه نسبی آب آبیاری، عرضه نسبی آب، عرضه نسبی بارش، بهره‌وری فیزیکی آب، بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری و پارامترهای بهره‌وری اقتصادی شامل سود ناخالص، سود خالص و پارامترهای بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری شامل سود ناخالص و سود خالص محاسبه گردید. نتایج نشان داد، متوسط کم آبیاری اعمال‌شده در چهار سال زراعی ۹۱-۹۰، ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹٤-۹۳ برای شبکه‌های یامچی و قوریچای به‌ترتیب ۲۸ و ٤۳ درصد بوده است. برای سه سال زراعی ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹٤-۹۳ برای شبکه‌های یامچی و قوریچای متوسط مقدار بهره‌وری فیزیکی آب به‌ترتیب ۱/۵۲ و ۲/۱۵ و متوسط مقدار بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری به‌ترتیب ۲/۱٦ و ٤/۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. متوسط سود ناخالص و سود خالص آب شبکه یامچی به‌ترتیب ۸۸٤۷/٦۷ و۹۸۷/٦۷ و شبکه قوریچای به‌ترتیب ۹۱۰۰ و ٤۰۲۸ ریال بر مترمکعب و متوسط سود ناخالص آب آبیاری برای یامچی به‌ترتیب ۱۲٦٦۹ و ۱۵۱۵/۳۳ و شبکه قوریچای ۲۳۹۸۸/۳۳ و ٦۵۲۳/۳۳ ریال بر مترمکعب محاسبه شد.

کلیدواژه‌ها: اقتصادی، بهره‌وری، خالص، فیزیکی، ناخالص.

* نویسنده مسئول
Email: majidraoof2000@yahoo.co.uk

مقدمه

خشکسالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، مشکل خشکسالی در سال‌های آینده حادتر نیز خواهد شد. بر اساس گزارش مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب[1]، کشور ایران برای حفظ وضع فعلی خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید. این امر با توجه به پتانسیل‌ها و نیازهای روزافزون بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و حفاظت از سایر منابع زیستی بسیار مشکل و حتی ناممکن است. لذا، در چنین شرایطی یکی از راهکارهای مؤثر و عملی استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب است. در این میان، مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی که بخش عمده‌ای از مصارف آب در ایران و جهان را نیز شامل می‌شود، می‌تواند بسیار مؤثر و راهگشا باشد. بسیار روشن است که دستیابی به این مهم، مستلزم شناسایی شاخص‌های اصلی مدیریت مصرف آب و تعیین این شاخص به روش‌های مناسب است. راندمان‌های آبیاری، بهره‌وری مصرف آب کشاورزی، مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی و توسعه پایدار روش‌های نوین آبیاری از مهم‌ترین شاخص‌های کلیدی و رویکردهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های کلان مربوط به تأمین، تخصیص و مصرف اصولی از آب در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی است. اولین و مهم‌ترین گام، تعیین راندمان سامانه‌های آبیاری موجود و ارزیابی نحوه کار آنها برای تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی‌های مرتبط با مصرف بهینه آب، الگوی کشت و کاهش تلفات آب آبیاری است (۱۱). با اندازه‌گیری شاخص‌های بهره‌وری در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، می‌توان روند تغییر این شاخص‌ها را مشخص نموده و راهکارهای مناسبی برای ارتقای آن در آینده تدوین کرد. در کشور ما به‌دلیل پراکنش نامناسب مکانی و زمانی بارندگی، بیشترین بار تولید مواد غذایی بر دوش زراعت‌های فاریاب است. لذا اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی به‌علت محدودیت‌های کمی و کیفی این ماده ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است (۱۲). به‌طورکلی بهره‌وری آب کشاورزی از دیدگاه‌های مختلفی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. معمول‌ترین این دیدگاه‌ها بهره‌وری از دیدگاه فیزیکی، بهره‌وری از دیدگاه مالی و بهره‌وری از دیدگاه اشتغال می‌باشد. مفهوم بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی از دیدگاه فیزیکی معنای تولید محصول بیشتر به‌ازای واحد حجم آب، از دیدگاه مالی به معنای کسب سود بیشتر به‌ازای واحد حجم آب و از دیدگاه اشتغال به معنای ایجاد اشتغال بیشتر به‌ازای واحد حجم آب است (۱). نوع و تعداد شاخص‌های بهره‌وری با توجه به دیدگاه‌های مختلف متفاوت است. عوامل مؤثر بر کارآیی مصرف آب به سه گروه محیطی، گیاهی و مدیریتی تقسیم می‌شوند. در میان عوامل محیطی، ویژگی‌های آب و هوایی از قبیل تشعشع، دما، رطوبت و سرعت باد مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آب مورد نیاز آبیاری و در نتیجه کارآیی مصرف آب می‌باشند. عمده‌ترین عوامل گیاهی مؤثر بر کارآیی مصرف آب، نوع و واریته محصول و تراکم کشت در واحد سطح می‌باشد. مدیریت خاک، آب و گیاه به دلیل تأثیر عمیقی که بر شدت تبخیرتعرق و عملکرد محصول دارند برکارآیی مصرف آب مؤثر می‌باشند (۹).

کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران در سال ۱۳۸۲، بهره‌وری کل تولید کشاورزی را از طریق شاخص‌های مختلف از جمله عملکرد به‌ازای واحد حجم آب، سود ناخالص و خالص در ازای مصرف واحد حجم آب مورد

1. International Water Management Institute

بررسی قرار داده است (۱). براساس این بررسی میانگین بهره‌وری کل تولیدات کشاورزی در برخی مناطق کشور از جمله مناطقی از همدان، کرمان، اصفهان، خوزستان و شبکه‌های آبیاری گیلان، دز و مغان برای سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ و ۸۰-۱۳۷۹ در حدود ۰/۶۳ و ۰/٦٦ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی می‌باشد. همچنین در این بررسی بهره‌وری آب[1] در شبکه آبیاری گیلان، دز، مغان با شاخص‌ای فوق‌الذکر مورد بررسی قرار گرفته است (۱). بهره‌وری آب با شاخص‌های عملکرد به‌ازای واحد حجم آب، سود ناخالص و خالص در ازای واحد حجم آب برای شبکه گیلان برای سال ۱۳۸۱ به‌ترتیب ۰/۲۸۵ کیلوگرم، ۱۱٤۰ ریال و ۳۱۸ ریال در ازای هر مترمکعب آب، برای شبکه دز در سال ۱۳۸۰ در حدود ۱/۰۷ کیلوگرم، ۳٤٤ ریال و ۱۵۲ ریال در ازای مصرف واحد حجم آب و برای شبکه مغان به‌ترتیب ۰/۸۲ کیلوگرم، ۷۰۲ ریال و ۳۷۷ ریال به‌ازای مصرف هر متر مکعب آب برآورد شده است (۱). محققین فعالیت‌های مرتبط با بهره‌وری آب از زمان معرفی این مفهوم را مورد بررسی و بازبینی و راهکارهایی را برای افزایش بهره‌وری آب از طریق بهبود مدیریت منابع آب در سطوح گیاه، مزرعه، و حوضه آبریز ارائه کردند (۱۷). در تحقیقی به ارزیابی راندمان مصرف آب و بهره‌وری آب در منطقه ریو در اسپانیا پرداخته شد. در این تحقیق شاخص‌های بهره‌وری آب محصولات اصلی آن منطقه برای سه سال زراعی ۲۰۱۱-۲۰۱۰، ۲۰۱۲-۲۰۱۱، ۲۰۱۳-۲۰۱۲ محاسبه گردید. نتایج نشان داد علی‌رغم این‌که در دو سال اول مقدار شاخص‌های عرضه نسبی آبیاری سالانه[2] کمتر از یک بوده است با این حال بهره‌وری آب آبیاری[3] بهبود یافته است. نتایج بهره‌وری آب محصولات نشان داد در میان محصولات زراعی، بهره‌وری فیزیکی محصولاتی مانند پیاز (٤/١٤، ۱/۹۸ و ۲/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی به‌ترتیب برای سه سال)، سیب‌زمینی (۲/۷۹، ۱/٦۹ و ۱/٦۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی به‌ترتیب برای سه سال)، هویج (۱/۳۷، ۱/۷ و ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی به‌ترتیب برای سه سال) و جو (۱/۲۱، ۱/۱٦ و ۰/٦۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی به‌ترتیب برای سه سال) مقادیر بالاتری را داشتند (۱۸).

با توجه به شرایط خاص اقلیمی کشور و پایین بودن امکان افزایش منابع جدید آب مورد استفاده در بخش کشاورزی و ضرورت افزایش تولیدات کشاورزی، تعیین دقیق و علمی شاخص کارایی مصرف آب در شرایط موجود و پیشنهاد روش‌های علمی و فنی مناسب جهت افزایش کارایی مصرف آب بر اساس نتایج تحقیقات و مطالعات مختلف در این زمینه از ضروریات بخش کشاورزی است. با تعیین شاخص کارایی مصرف آب آبیاری می‌توان تا حدی به دلایل پایین بودن شاخص و مشکلات مدیریتی آبیاری و زراعی محصولات زراعی در مناطق مختلف کشور پی برد و راهکارهای لازم را ارائه نمود (۵). تحقیقات بسیار زیادی در مورد کارایی مصرف آب در نقاط مختلف کشور و خارج از کشور نیز به انجام رسیده است که به‌علت حجیم بودن مطالب از آوردن جزئیات صرف‌نظر می‌گردد. از جمله این تحقیقات می‌توان به تحقیقات در بخش‌هایی از استان‌های اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان و آذربایجان‌غربی (۸)، شبکه آبیاری سمت راست آبشار در استان اصفهان (۳)، مناطقی از مشهد، کرج و اصفهان (۱۰)، نکوآباد اصفهان (۲۰)، مزارع شهرستان زابل (٤)، شهرستان قائنات (۱۳)، سطوح منطقه‌ای و جهانی (۱۹)، کانال پنجاب هند (۱٦)، بخش‌هایی از کشور تونس (۱٤)، مزارع شمال غرب چین (۲۱)، بخش‌هایی از اتیوپی (۱۵) و غیره اشاره نمود.

1. Water Productivity
2. Annual Relative Iirrigation Supply
3. Iirrigation Water Productivity

به‌طورکلی هدف از این تحقیق ارزیابی مدیریت مصرف آب آبیاری و برآورد بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در شبکه‌های آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی و کم فشار (هیدروفلوم[1]) قوریچای در سطح حدود ۳۸۸۵ هکتار در دشت اردبیل و تعیین عوامل تأثیرگذار بر پارامترهای ذکر شده می‌باشد. ازآنجاکه شبکه‌های آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی و کم‌فشار (هیدروفلوم) قوریچای دارای روستاهایی است که بیشتر درآمد ساکنان آنها از کشاورزی و دامداری می‌باشد، لذا ضروری است که کارایی و بهره‌وری آب در این منطقه به‌دقت بررسی و راهکارهای لازم جهت بهبود شبکه ارائه و اجرا گردد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از اراضی دشت اردبیل شامل شبکه آبیاری بارانی مزارع بالادست کانال سد یامچی و شبکه آبیاری کم‌فشار قوریچای می‌باشد. سد مخزنی یامچی با حجم مفید ۸۰ میلیون مترمکعب برروی رودخانه بالخلوچای در ۲۵ کیلومتری جنوب‌غربی شهر اردبیل طراحی و احداث شده است. میزان استحصال آب از محل سد ۹٤/۵ میلیون مترمکعب و از جریان‌های سرریزی هدایت‌شده به مخازن دریاچه شورابیل و پیله سحران (به‌واسطه یک بند انحرافی در ۱۰ کیلومتری پایین سد) به حجم ۱٤ میلیون مترمکعب می‌باشد. اراضی بالادست کانال (تحت فشار) ۱۸۸۵ هکتار شامل روستاهای نوران- عموقین- ایمچه- دیجوجین- باروق- ثمرین می‌باشند. اراضی شبکه آبیاری قوریچای با مساحت حدود ۲۰۰۰ هکتار می‌باشد که در ۱۵ کیلومتری جنوب‌شرقی اردبیل و در حد فاصل ۱۲ ˚۳۸ تا ۵۸ ˚۳۸ عرض شمالی و ۱٤ ˚٤۸ تا ۲۸ ˚٤۸ طول شرقی واقع شده‌اند. اراضی طرح در جنوب جاده اردبیل- خلخال و در شرق رودخانه قوریچای واقع گردیده است و از نظر موقعیت، روستاهای آراللوی بزرگ و کوچک در شرق، روستای کوزه توپراقی در غرب و روستای رضی‌آباد در شمال شبکه آبیاری قوریچای قرار گرفته‌اند (٦). شکل ۱ موقعیت شبکه‌های مذکور را نسبت به شهر اردبیل نشان می‌دهد. در این تحقیق کارایی مصرف آب برای ٤ سال زراعی ۹۱-۹۰، ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹٤-۹۳ مورد بررسی قرار گرفته است. در سال‌های مذکور الگوی کشت گیاهان زراعی در منطقه مورد مطالعه کمتر دستخوش تغییرات بوده است. جدول ۱، الگوی کشت گیاهان زراعی به‌همراه درصد کشت برای دو شبکه تحت فشار بالادست یامچی و کم‌فشار قوریچای را نشان می‌دهد (۵ و ۷).

الگوی کشت گیاهان در منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق کارایی مصرف آب برای ٤ سال زراعی ۹۱-۹۰، ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹٤-۹۳ مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۱ الگوی کشت گیاهان زراعی را به‌همراه درصد کشت برای دو شبکه تحت فشار بالادست یامچی و کم‌فشار قوریچای نشان می‌دهد (۵ و ۷).

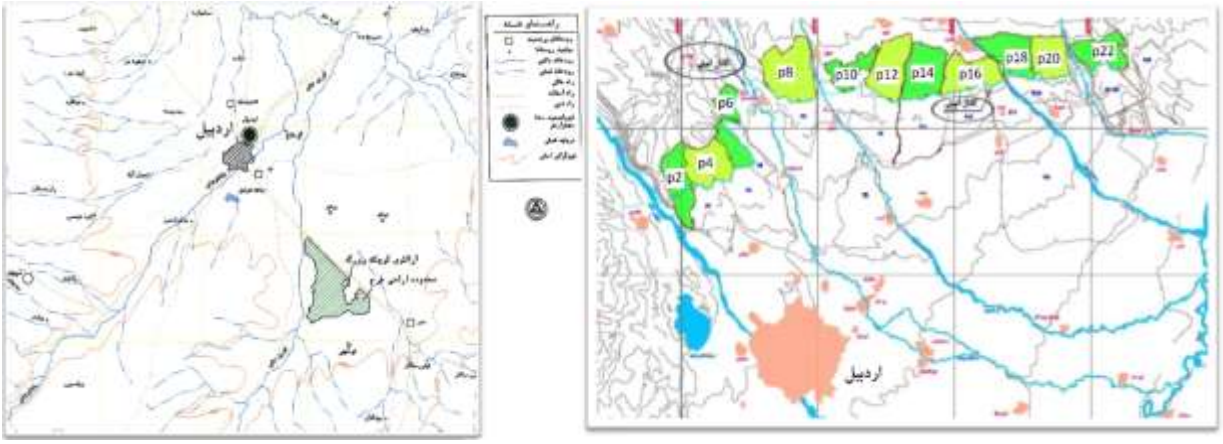
معیارهای ارزیابی کارایی مصرف آب

جهت ارزیابی مدیریت آبیاری و کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب در شبکه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک بالادست کانال یامچی و شبکه آبیاری کم‌فشار قوریچای شاخص‌های عرضه نسبی آبیاری سالانه، عرضه نسبی آب سالانه[2]، عرضه بارش نسبی[3]،

1. Hydroflume

2. Annual Relative Water Supply
3. Relative Rainfall Supply

بهره‌وری آب، بهره‌وری آب آبیاری، بهره‌وری اقتصادی از جمله سود ناخالص به‌ازای واحد حجم آب[1] و سود خالص به‌ازای واحد حجم آب[2] برای چهار سال زراعی متوالی ۹۱-۹۰، ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹۴-۹۳ برآورد گردید. این شاخص‌ها برای ارائه استراتژی‌های مدیریت آب، شامل صرفه‌جویی در آب و یا افزایش درآمد کشاورزان استفاده می‌شود که می‌تواند به تصمیم‌گیری ذی‌نفعان آب در منطقه آبیاری کمک کند. مشخصات معیارهای ارزیابی کارایی مصرف آب به‌همراه پارامترهای مؤثر در هر کدام از روش‌ها در جدول ۲ آورده شده است. برای استخراج میزان بارش مؤثر، پس از بررسی و مقایسه مقادیر حاصل از هر یک از روش‌ها، روش سازمان کشاورزی ایالات متحده[3] گزینه مناسب برای برآورد بارش مؤثر در این دشت تشخیص داده شد (۲).



شکل ۱. موقعیت طرح‌های تحت فشار بالادست کانال یامچی (الف) و کم‌فشار (هیدروفلوم) قوریچای (ب)

جدول ۱. الگوی کشت گیاهان زراعی در شبکه بالا دست کانال یامچی

ردیف	نوع محصول	شبکه بالا دست کانال یامچی		شبکه هیدروفلوم قوریچای	
		درصد کشت	مساحت (هکتار)	درصد کشت	مساحت (هکتار)
۱	گندم و جو	٤۰	۹۰۰	۵۵	۹۸٤/۵
۲	سیب‌زمینی	۳۰	۹۰۰	۳۰	۵۳۷
۳	کلزا	۰	۰	۱۰	۱۷۹
٤	یونجه	۱۰	۳۰۰	۵	۸۹/۵
۵	لوبیا	۲۰	٦۰۰	۰	۰
	جمع	۱۰۰	۳۰۰۰	۱۰۰	۱۷۹۰

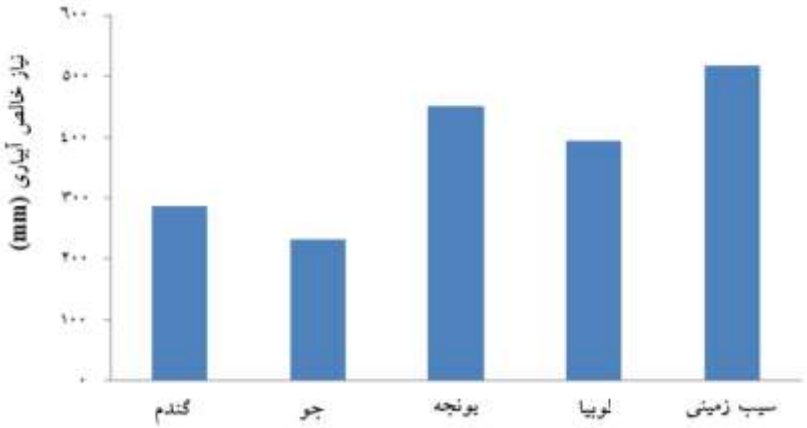
1. Benfit Per Drop
2. Net Benfit Per Drop
3. United States Department of Agriculture

نتایج و بحث

مقادیر تبخیر و تعرق گیاه، ضریب گیاهی، بارش مؤثر و نیاز خالص هر یک از محصولات الگوی کشت طرح‌ها برای چهار سال ۹۱-۹۰، ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹۴-۹۳ با استفاده از نرم‌افزار کراپ وات استخراج گردید، اما به‌علت حجیم بودن نتایج از آوردن جزئیات خودداری می‌گردد. در شکل ۲ متوسط نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت شبکه (گندم، جو، سیب‌زمینی، کلزا، یونجه، لوبیا و آفتابگردان) در چهار سال مورد بررسی نشان داده شده است، همان‌طورکه ملاحظه می‌شود بیشترین نیاز خالص آبی متوسط چهار سال مورد بررسی،۵۱۷/۲ میلی‌متر برای سیب‌زمینی و کمترین نیاز خالص آبی ۲۳۱/۹ میلی‌متر برای جو می‌باشد.

جدول ۲. معیارهای ارزیابی کارایی مصرف آب در شبکه آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی

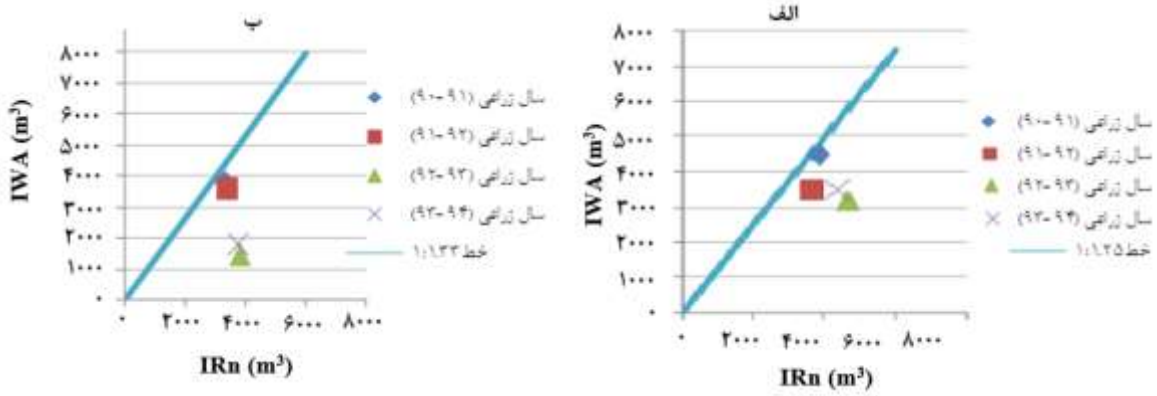
شماره معادله	نام معیار	معادله مربوطه	پارامترهای معادله
(۱)	عرضه نسبی آبیاری سالانه	$ARIS = \frac{IWA}{IRn}$	IWA حجم سالانه آب آبیاری (m^3) IRn حجم سالانه نیاز خالص آبیاری (m^3)
(۲)	عرضه نسبی آب سالانه	$ARWS = \frac{I+Pe}{ETc}$	I آب آبیاری (m^3)، Pe بارش مؤثر (m^3) ETc تبخیر و تعرق گیاه (m^3)
(۳)	عرضه بارش نسبی	$RRS = \frac{Pe}{ETc}$	Pe بارش مؤثر (m^3) ETc تبخیر و تعرق گیاه (m^3)
(٤)	بهره‌وری آب	$Wp = \frac{Y}{I+Pe}$	Y عملکرد محصول (kg/ha) (I+Pe) آب کاربردی در مزرعه (m^3/ha)
(٥)	بهره‌وری آب آبیاری	$IWP = \frac{Y}{I}$	Y عملکرد محصول (kg/ha) I آب آبیاری (m^3/ha)
(٦)	سود ناخالص به‌ازای واحد حجم آب	$BPD = 100\ (\frac{B}{Vw})$	B درآمد ناخالص (ریال) Vw آب مصرف‌شده توسط گیاه (m^3/ha)
(۷)	سود خالص به‌ازای واحد حجم آب	$NBPD = 100\ (\frac{NB}{Vw})$	NB درآمد خالص (ریال) Vw آب مصرف‌شده توسط گیاه (m^3/ha)



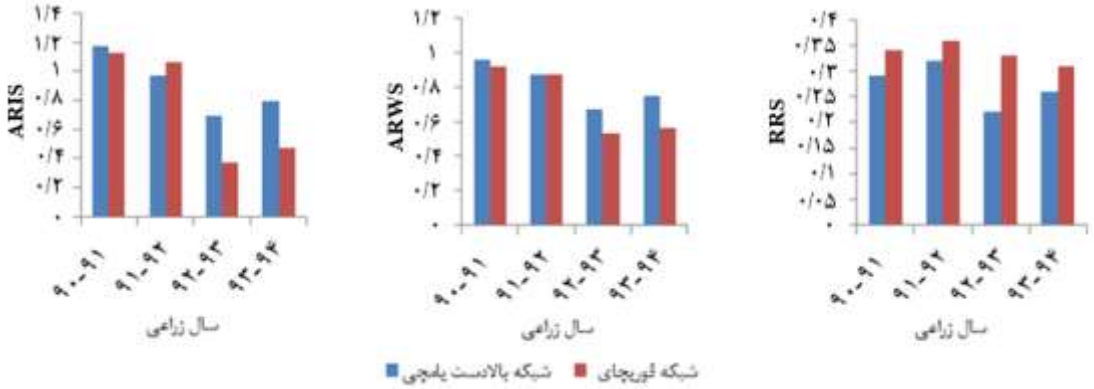
شکل ۲. متوسط نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت

شاخص‌های بررسی کارایی مصرف آب ARIS، ARWS و RRS برای چهار سال زراعی به‌منظور ارزیابی مدیریت آبیاری و بهره‌وری آب در سطح منطقه آبیاری شبکه‌های بالادست کانال یامچی و قوریچای برآورد گردید. شاخص ARIS یک پارامتر کاربردی در ارزیابی کارآیی مصرف و تعیین وجود یا عدم وجود کم‌آبیاری در شبکه‌های آبیاری می‌باشد (۱۸). در شکل ۳ نتایج ARIS در شبکه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک بالادست کانال یامچی و شبکه آبیاری کم‌فشار قوریچای برای چهار سال ۹۱-۹۰ تا ۹۴-۹۳ نشان داده شده است. در این شرایط اگر مقدار ARIS در شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی کمتر از ۱/۲۵ ($\frac{1}{0.8}$) باشد کم‌آبیاری و اگر بیشتر از ۱/۲۵ باشد بیش‌آبیاری و در شبکه آبیاری کم‌فشار (هیدروفلوم) قوریچای اگر این پارامتر کمتر از ۱/۳۳ ($\frac{1}{0.75}$) باشد کم‌آبیاری و اگر بیشتر از ۱/۳۳ باشد بیش‌آبیاری صورت گرفته است. همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد در شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی مقدار ARIS در هر چهار سال نتایج زیر نمودار قرار گرفته یعنی هر چهار مقدار ARIS کمتر از ۱/۲۵ بوده است. در هر چهار سال کم‌آبیاری اتفاق افتاده است. کم‌آبیاری هر سال نسبت به سال قبل بیشتر بوده است. کم‌آبیاری در سال ۹۱-۹۰، برابر ٦/٤ درصد، در سال ۹۲-۹۱، برابر ۲۲/٤ درصد، در سال ۹۳-۹۲، برابر ٤٥ درصد و در سال ۹٤-۹۳، برابر ۳٦ درصد بوده که در سال زراعی ۹۳-۹۲ بیشترین کم‌آبیاری به شبکه اعمال شده است که علت آن کمبود بارش در این سال و کاهش حجم آب پشت سد و تخصیص مقدار کم آب به شبکه در این سال بوده است. در شبکه آبیاری قوریچای هم ملاحظه می‌گردد در هر چهار سال نتایج زیر نمودار قرار گرفته یعنی هر چهار سال مقدار ARIS کمتر از ۱/۳۳ بوده است. هر چهار سال کم‌آبیاری اتفاق افتاده است. کم‌آبیاری هر سال نسبت به سال قبل بیشتر بوده است. در سال ۹۱-۹۰، برابر ۱۵ درصد، در سال ۲۰۱۳، برابر ۲۰ درصد، در سال ۲۰۱٤، برابر ۷۲ درصد و در سال ۲۰۱۵، برابر ٦٤ درصد کم‌آبیاری صوت گرفته که در دو سال ۹۳-۹۲ و ۹٤-۹۳ کم‌آبیاری شدیدی صورت گرفته است و در سال زراعی ۹۳-۹۲ بیشترین کم‌آبیاری به شبکه اعمال شده است.

خلاصه نتایج محاسبه شاخص‌های عرضه نسبی آب آبیاری سالانه، عرضه نسبی آب سالانه و عرضه نسبی بارش دو شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای برای چهار سال زراعی در شکل ٤ ارائه شده است.



شکل ۳. نتایج ARIS شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی (الف) و شبکه آبیاری قوریچای (ب)



شکل ٤. خلاصه نتایج شاخص‌های ARIS، ARWS، RRS در شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای

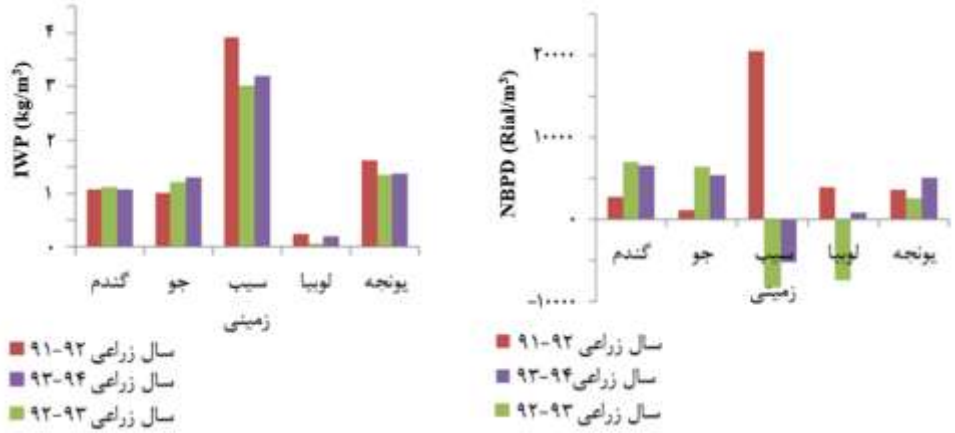
با دقت در شاخص‌های ARWS و ARIS برای دو شبکه مورد بررسی ملاحظه می‌گردد که برای هر دو شبکه در هر چهار سال کم‌آبیاری اعمال شده است. این نتیجه با نتایج اخذشده در منطقه ریو آداجا اسپانیا مطابقت دارد (۱۸). در دو سال زراعی ۹۳-۹۲ و ۹٤-۹۳ در هر دو شبکه بیشترین کم‌آبیاری اتفاق افتاده است. کم‌آبیاری اعمال‌شده به شبکه آبیاری قوریچای در سه سال زراعی مورد بررسی بیشتر از شبکه آبیاری بالادست یامچی بوده است که دلیل آن مساحت زیرکشت بیشتر این شبکه و تخصیص کم آب به این شبکه بوده است. در سال زراعی ۹۲-۹۱ کم‌آبیاری اعمال‌شده به شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی بیشتر از شبکه قوریچای بوده است که دلیل آن درصد کشت بالای لوبیا و یونجه که نیاز آبی بالایی دارند نسبت به شبکه قوریچای بوده است. طبق مقادیر شاخص RRS در شبکه آبیاری قوریچای در هر چهار سال زراعی نقش بارش در تأمین حداکثر تبخیر و تعرق محصولات شبکه بیشتر از شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی بوده است.

ارزیابی بهره‌وری آب

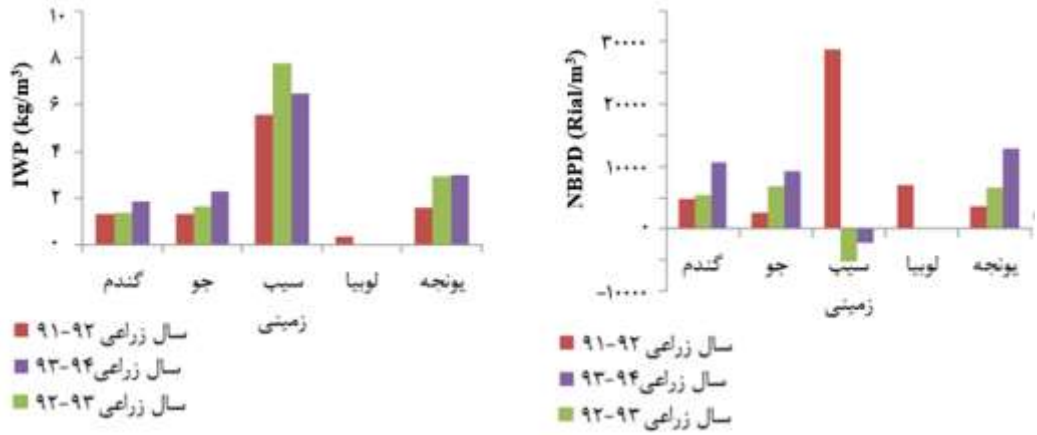
به‌علت در دست نداشتن حجم دقیق آب آبیاری داده‌شده به هر یک از محصولات شبکه‌های آبیاری مورد بررسی (به‌صورت جداگانه برای هر محصول)، حجم آب تخصیص‌یافته به کل شبکه، با توجه به نیاز خالص هر یک از محصولات و مساحت زیر کشت آنها بین محصولات تقسیم گردید. خلاصه نتایج شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی بهره‌وری آب آبیاری برای محصولات الگوی کشت شبکه آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی و شبکه قوریچای در شکل‌های ٥ و ٦ برای سه سال زراعی ارائه گردیده است. همان‌طورکه در شکل ٥ ملاحظه می‌گردد با وجود بالا بودن بهره‌وری فیزیکی سیب‌زمینی در هر سه سال زراعی، بهره‌وری اقتصادی آن در دو سال زراعی ۹۳-۹۲ و ۹٤-۹۳ پایین می‌باشد. بهره‌وری اقتصادی سیب‌زمینی به دلیل کاهش قیمت و افت عملکرد آن (به‌دلیل اعمال کم‌آبیاری زیاد)، نه تنها کم بلکه منفی هم بوده است، یعنی کشاورزان متضرر هم شده‌اند. هر چند بهره‌وری فیزیکی گندم و جو کمتر از سیب‌زمینی است، اما در دو سال زراعی ۹۳-۹۲ و ۹٤-۹۳ بهره‌وری اقتصادی آنها نسبت به سیب‌زمینی بالاتر می‌باشد. بنابراین نباید فقط بهره‌وری فیزیکی محصولات معیار تصمیم‌گیری‌ها قرار گیرد. طبق شکل ٦ در شبکه آبیاری قوریچای سیب‌زمینی بالاترین بهره‌وری فیزیکی را در بین

محصولات و در هر سه سال زراعی داشته است. با وجود این، در دو سال زراعی ۹۳-۹۲ و ۹۴-۹۳ به دلیل افت عملکرد (در اثر اعمال زیاد کم‌آبیاری) و کاهش قیمت بهره‌وری اقتصادی منفی داشته است. در هر دو شبکه مورد بررسی، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی محصولات گندم، جو و یونجه در هر سال نسبت به سال قبل افزایش داشته است.

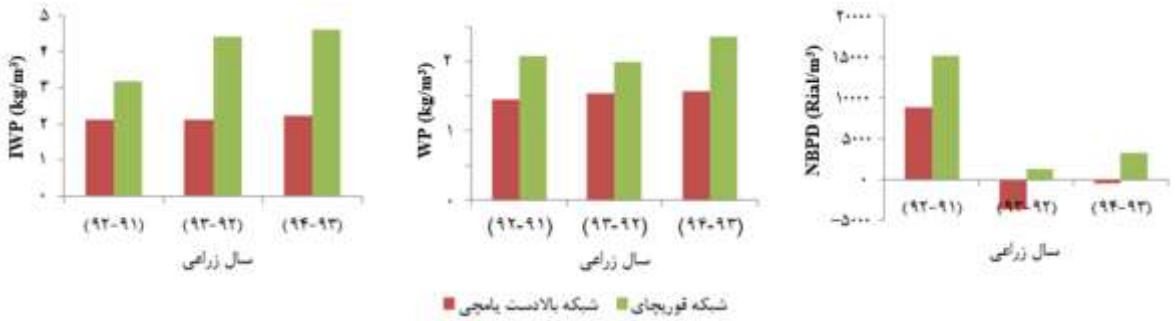
خلاصه شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب و مصرف آب آبیاری دو شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای در شکل ۷ برای سه سال زراعی ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹۴-۹۳ ارائه گردیده است. متوسط بهره‌وری اقتصادی آب، سود ناخالص و سودخالص در سه سال زراعی ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹۴-۹۳ برای شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای به‌ترتیب ۸۸۴۷/۶۷ و ۹۱۰۰، ۹۸۷/۶۷ و ۴۰۲۸ می‌باشد. متوسط بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری سود ناخالص و سود خالص برای شبکه آبیاری بالادست یامچی و قوریچای به‌ترتیب ۱۲۶۶۹ و ۲۳۹۸۸/۳۳، ۱۵۱۵/۳۳ و ۶۵۲۳/۳۳ می‌باشد. همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری شبکه کم‌فشار قوریچای در هر سه سال، به‌دلیل مصرف کم آب، بیشتر از شبکه تحت فشار بالادست کانال یامچی بوده است.



شکل ۵. مقایسه مقادیر شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی بهره‌وری مصرف آب آبیاری محصولات در شبکه بالادست کانال یامچی



شکل ٦. مقایسه مقادیر شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی بهره‌وری مصرف آب آبیاری محصولات در شبکه قوریچای



شکل ۷. مقایسه مقادیر شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مصرف آب شبکه قوریچای و بالادست یامچی

با وجود این‌که بهره‌وری فیزیکی هر سال نسبت به سال قبل افزایش یافته ولی بهره‌وری اقتصادی در سال زراعی ۹۳-۹۲ به‌خاطر قیمت بالای سیب‌زمینی بیشترین مقدار را در این سال داشته است. کمترین مقدار NBPD در سال زراعی ۹۳-۹۲ به‌خاطر تخصیص کم آب به‌علت خشکسالی، کاهش عملکرد، افت کیفیت محصولات شبکه و مهم‌تر از همه کاهش شدید قیمت سیب‌زمینی به‌دست آمده است. متوسط بهره‌وری فیزیکی مصرف آب آبیاری محصولات الگوی کشت شبکه‌های مورد بررسی که با توجه به نیاز آبی محصولات و آب تخصیص‌یافته به شبکه‌ها در سه سال زراعی ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹۴-۹۳، در شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی برای محصولات مختلف بین ۰/۱۷ تا ۳/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب و در شبکه آبیاری قوریچای بین ۰/۳۲ تا ٦/٦١ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. متوسط بهره‌وری اقتصادی مصرف آب آبیاری، سود خالص محصولات شبکه‌ها در سه سال مورد بررسی در شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی برای محصولات مختلف بین ۹۹۲ تا ۵۳۲۷ ریال بر مترمکعب و در شبکه آبیاری قوریچای بین ٦٢٤٤ تا ٧٦٩٠ ریال بر متر مکعب به‌دست آمد

برای سه سال زراعی ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹۴-۹۳ برای شبکه‌های آبیاری تحت فشار بالادست کانال یامچی و کم‌فشار قوریچای، متوسط مقدار بهره‌وری فیزیکی آب به‌ترتیب ۱/۵۲ و ۲/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب و متوسط مقدار بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری به‌ترتیب ۲/۱٦ و ٤/۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. اعداد ذکرشده بیانگر این موضوع می‌باشند که عملکرد شبکه کم‌فشار قوریچای در بهره‌وری آب نسبت به شبکه تحت فشار بالادست کانال یامچی بهتر بوده است. پایین بودن کارایی شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و کاهش میزان تولید محصول می‌تواند ناشی از عدم مدیریت صحیح تولید و مشارکت مصرف‌کنندگان باشد.

نتیجه‌گیری

طبق بررسی انجام‌شده در مورد نیاز آبی محصولات الگوی کشت شبکه‌های بالادست کانال یامچی و قوریچای بیشترین نیاز خالص آبی به گیاه سیب‌زمینی و کمترین نیاز آبی به گیاه جو تعلق داشته است. در چهار سال زراعی ۹۱-۹۰، ۹۲-۹۱، ۹۳-۹۲ و ۹٤-۹۳، نیاز آبی گندم ۲/۰۷ درصد، یونجه ٦/۲۵ درصد، لوبیا ۲۱/۰۳ درصد و سیب‌زمینی ۱۹/۲ درصد افزایش و جو ۱/۷ درصد کاهش داشته است. طبق نتایج به‌دست آمده از ARIS، ARWS و RRS مشاهده گردید که آب تخصیص‌داده‌شده از دو سد یامچی و ملااحمد متأثر از شرایط بارش در حوضه آبریز بالادست می‌باشد. به‌طوری‌که در سال‌های کم‌آبی حجم ذخیره‌شده جوابگوی نیاز آبی اراضی پایاب آن نبوده

است. در شرایط کنونی طرح‌ها، کم‌آبیاری به‌صورت گسترده اعمال می‌گردد. طوری‌که کاهش محصول تولیدی در هر دو شبکه قابل محسوس است. براساس متوسط شاخص ARIS در چهار سال زراعی مورد بررسی ۲۸ درصد به شبکه آبیاری بالادست یامچی و ٤۳ درصد به شبکه آبیاری قوریچای کم‌آبیاری اعمال شده است.

با نگاهی به نتایج ارائه‌شده می‌توان نگرشی در خصوص مزیت کشت محصولاتی مثل گندم و جو از نظر کارایی مصرف به‌دست آورد. به‌هرحال باید در نظر داشت که کشت بعضی از محصولات با شاخص کارایی مصرف آب بالاتر در فصول خاصی از سال امکان‌پذیر نمی‌باشد مانند سیب‌زمینی که دارای نوسان قیمت نیز می‌باشد. گرچه کارایی فیزیکی مصرف آب گندم و جو نسبت به سیب‌زمینی پایین است (١٦) ولی جهت استفاده بهینه از منابع آب به خصوص آب باران در فصول پاییز و زمستان محصولات بهتری هستند.

در واگذاری مدیریت شبکه‌ها به تشکل بهره‌برداران بایستی به کلیه جوانب امور شامل شرایط اجتماعی- اقتصادی- سطح سواد زارعین و ظرفیت محلی و منطقه‌ای که مهم‌تر از همه فرهنگ روستایی می‌باشد توجه نمود. در شبکه آبیاری بالادست یامچی عدم آگاهی کشاورزان از مزیت‌های آبیاری بارانی و نحوه بهره‌برداری از این سیستم، کاملاً مشخص است که از نشانه‌های آن می‌توان به این موضوع اشاره کرد که علی‌رغم اجرای شبکه در مساحت ۱۸۸۵ هکتار و صرف هزینه‌های زیاد، مساحتی در حدود ۸۰۰ هکتار از شبکه استفاده می‌کنند و بقیه اراضی به‌صورت سطحی اراضی خود را آبیاری می‌کنند که این امر باعث شده تا کارایی لازم و قابل قبولی را نداشته باشد. طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده در این مورد مشاهده گردید که بیشتر مسائل و مشکلات توسط مشاور و پیمانکار رفع گردیده است با این وجود باز هم کشاورزان این شبکه نسبت به تحویل پروژه یقین نداشته و با تعاونی‌ها همکاری ندارند. با توجه به اینکه مدیریت و نگهداری از سیستم به‌عهده تعاونی و در واقع خود زارعین است عدم همکاری و نیز نپرداختن آب بها باعث شده تا مدیران تعاونی‌ها در نگهداری و بهره‌برداری صحیح از پروژه با مشکل مواجه شوند. لازمه رسیدن به اهداف پروژه در گرو همکاری زارعین می باشد. در حال حاضر، در شبکه تحت فشار یامچی روستاهای هدف طرح یک شرکت تعاونی تشکیل داده‌اند که تعمیر، نگهداری، تقسیم آب‌پاش‌ها و درخواست میزان آب مورد نیاز کشاورزان در این شبکه توسط شرکت مذکور صورت می‌گیرد. بعد از اعلام تخصیص آب توسط امور آب اردبیل، شرکت تعاونی موظف است بر اساس مساحت کشاورزان و میزان تقاضای کشاورز و همچنین میزان آب تخصیص‌یافته، مقدار آب هر کشاورز را به‌صورت حجمی به کشاورز تحویل دهد. در شبکه یامچی تحویل آب توسط دریچه‌های نیرپیک که در نقاط مختلف کانال یامچی واقع شده‌اند انجام می‌شود. در شبکه کم‌فشار قوریچای توزیع آب توسط تشکل آب‌بران صورت می‌گیرد. در شبکه قوریچای بعد از اعلام تخصیص امور آب، تشکل آب‌بران با توجه به آب مورد نیاز هر کشاورز و مقدار آب تخصیص‌یافته، موظف است سهم هر کشاورز را به صورت دبی- ساعت (مدت معین با دبی مشخص) در اختیار کشاورزان قرار دهد. در شبکه قوریچای تحویل آب توسط سرریزهای موجود صورت می‌گیرد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد که بدین‌وسیله از مسئولین ذیربط و مرتبط با انجام پایان‌نامه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. احسانی م. و خالدی ه (۱۳۸۲) بهره‌وری آب کشاورزی. نشریه ۸۲. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۱۵ صفحه.

۲. اسدزاده ح.، رئوف م. و محمودی‌فردگرمی ز (۱۳۹٤) برآورد مناسب‌ترین شیوه محاسبه بارش مؤثر در دشت اردبیل. دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، ۱۲ و ۱۳ اسفند. دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.

۳. اکبری م.، میرلطیفی س. م.، مرید س. و دروگر ز پ (۱۳۸۲) کاربرد سنجش از دور در برآورد سودمندی آب در شبکه‌های آبیاری، مطالعه موردی: شبکه سمت راست آبشار اصفهان. تحقیقات فنی مهندسی. ٤(۱۷): ۸۲-٦۵.

٤. بابائی م.، مردانی م. و سالارپور م (۱۳۹۳) محاسبهٔ کارایی آب در محصولات عمده کشاورزی شهرستان زابل، رهیافت تحلیل پوشش داده‌ها. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸ (۳): ۵٤۹-۵٤۱.

۵. بی‌نام (۱۳۸۷) گزارش فنی طرح شبکه آبیاری قوریچای، دی‌ماه ۱۳۸۷. ۳۵۲ صفحه.

٦. بی‌نام (۱۳۹۳) اطلاعات جهاد کشاورزی شهرستان اردبیل. ٤۵۱ صفحه.

۷. بی‌نام (۱۳۸۳) گزارش فنی طرح شبکه آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی. ۲۸۵ صفحه.

۸. حیدری ن. و حقایقی مقدم س. ا (۱۳۸۰) کارایی مصرف آب آبیاری محصولات عمده مناطق مختلف کشور. گزارش ارایه‌شده به معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج. ۳۵٦ صفحه.

۹. حیدری ن.، انتصاری م. ر.، خیرابی ج.، فرشی ع. ا.، علایی م. و وزیری ژ (۱۳۸٦) کارایی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. چاپ اول. ۲۰۸ صفحه.

۱۰. صدرقاین ق.، زراعی ا. و حقایقی مقدم س ا (۱۳۸۸) اثر آبیاری بارانی و جویچه‌ای بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب چغندر. آب وخاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳ (۱): ۱۸۳-۱۷۳.

۱۱. عباسی ف.، ناصری ا.، سهراب ف.، باغانی ج.، عباسی ن. و اکبری م (۱۳۹٤) ارتقای بهره‌وری مصرف آب، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ٦۸ صفحه.

۱۲. عزیزی‌زهان ع.، شهابی‌فر م.، ابراهیمی‌پاک ن. ع.، رضوی ر.، غالبی س.، سرابی تبریزی م.، طلوعی ر. و پیری ر (۱۳۹۳) ارزیابی کارایی مصرف آب گندم در ایران و جهان. اولین همایش ملی مدیریت خاک و آب در تولید گندم. ۱۸ آذر. تهران.

۱۳. یعقوبی ف.، جامی الاحمدی م.، بخشی م. ر. و سیاری زهان م. ح (۱۳۹٤) مقایسه شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب در تولید گندم و زعفران در شهر قائنات. زراعت و فناوری زعفران. ۳ (٤): ۲۳٦-۲۲۵.

14. Dhehibi B., Lachaal L. and Elloumi M (2007) Measuring irrigation water use efficiency using stochastic production frontier: an application on citrus producing farms in Tunisia. Agricultural and Resource Economics. 3(1): 1-15.
15. Enchalew B., Gebre S. L., Rabo M., Hindaye B., Kedir M., Musa Y. and Shafi A (2016) Effect of Deficit Irrigation on Water Productivity of Onion under Drip Irrigation. Irrigation & Drainage Systems Engineering. 5 (3): 1-4.
16. Ijaz H., Zakir H., Sial M. H., Waqar A. and Hussain M. F (2007) Optimal Cropping pattern and Water Productivity: A Case of Punjab Canal. Agronomy. 6 (4): 526-533.
17. Kijne J.W., Toung T.P., Bennett J., Bouman B. and Oweis T (2003) Ensuring food security via improvement in crop water productivity. CGIAR challenge program on water and food (CP), Background paper1. 42 p.

18. Naroua I., Rodríguez Sinobas L. and Sánchez Calvo R (2014) Water use efficiency and water productivity in the Spanish irrigation district "Río Adaja". Agricultural Policy and Research. 2 (12): 484-491.
19. Rosegrant M. W., Cai X. and Cline S A (2006) Water productivity and cereal production: A global perspective. International Food Policy Research Institute, 2033, Washington DC. 322 p.
20. Salemi H., Mohd A., Soom M., Lee T. S., Kamil Y. and Desa A (2011) Effects of Deficit Irrigation on Water Productivity and Maize Yields in Arid Regions of Iran. Pertanika Tropical Agriculture Science. 34 (2): 207–216.
21. Wang X.Y (2010) Irrigation Water Use Efficiency of Farmers and Its Determinants. Evidence from a Survey in Northwestern China. Agricultural Sciences in China 9(9): 1326-1337.

Water and Irrigation Management
(Scientific Journal of Agriculture)
(*College of Abouraihan – University of Tehran*)
Vol. 8 ■ No. 1 ■ Spring & Summer 2018

Comparison of water use efficiency in sprinkler and hydroflume irrigation systems (Case study: Ardabil Plain)

Habibeh Asadzadeh Sharafeh[1], Majid Raoof[2*]

1. Graduated M.Sc., Department of Water Engineering, University of Mohaghegh Ardabili and Senior Expert of Ardabil Agricultural Jahad Organization, Ardabil, Iran
2. Associate Professor, Department of Water Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran

Received: January 23, 2018 Accepted: May 29, 2018

Abstract
The aims of this study are evaluation of water use management and water use efficiency of Yamchi pressurized irrigation and Ghoorichay low pressurized (hydroflume) canals, with total area 3885 ha and located in Ardabil plain. Annual relative irrigation supply, Annaual relative water supply, relative rainfall supply, water productivity and irrigation water productivity, as physical water use efficiency and parameters pure and impure benefit of water use efficiency and pure and impure benefit of irrigation water use efficiency as economic parameters were calculated. Results showed that, for four years of 2011-12, 2012-13, 2013-14 and 2014-15 mean of irrigation deficit of Yamchi and Ghoorichay canals were calculated 28 and 43 percentage, respectively. For three years of 2012-13, 2013-14 and 2014-15 mean of water productivity in Yamchi and Ghoorichay canals was calculated 1.52 and 2.15 kg/m^3 and mean of irrigation water productivity was calculated 2.16 and 4.08kg/m^3, respectively. Mean of water pure and impure benefit for Yamchi canal were estimated 987.67 and 884.67 toman/m^3 and for Ghoorichay canal were estimated 4028 and 9100 toman/m^3 , respectively. Mean of irrigation water pure and impure benefit for Yamchi canal were estimated 12669, 1515.33 toman/m^3 and for Ghoorichay were estimated 23988.33 and 6523.33 toman/m^3, respectively.

Keyword: Economic, Efficiency, Impure, Pure, Physical.

Corresponding author: majidraoof2000@yahoo.co.uk