Archive of SID

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد 2 شماره 2 صفحه‌های 131 تا 148(1396)

واکاوی پیامدهای گسترش آبیاری زیرفشار در ایران[1]

سید حمید احمدی[2] و علیرضا سپاسخواه[3]

چکیده

در پی بروز خشکسالی در اغلب مناطق جهان از جمله ایران و در حکم یک راهکار عملی برای مقابله با خشکسالی، استفاده از سامانه‌های آبیاری زیرفشار گسترش یافته است. به دلیل سهولت گسترش این سامانه‌های آبیاری، شرایطی پیش می‌آید که بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی سرعت بیشتری بگیرد و زنگ خطری برای پایداری آنها باشد و در عمل، نیل به اهداف اصلی در صرفه جویی واقعی آب در سطح حوضه آبریز و آبخوان میسر نگردد. نتایج واکاوی‌ها نشان داد که به شرط طراحی و اجرای اصولی و دقیق سامانه‌های آبیاری زیر فشار توام با شناخت کافی از اقلیم منطقه مورد نظر، می‌توان به راندمان بالا در آبیاری دست یافت. بنابراین، با توجه به اقلیم گرم و خشک سرزمین ایران اجرای آبیاری موضعی در مقایسه با آبیاری بارانی ارجحیت دارد. همچنین به منظور جلوگیری از اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی ناشی از توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار و بروز "اثر جهش" لازم است تمهیداتی اساسی و اصولی اندیشیده شود که از مهمترین آنها می‌توان به جلوگیری از افزایش سطح زیرکشت، افزایش قیمت آب به حد بازدارندگی، کاهش حجم آب تحویلی به کشاورزان، تغییر الگوی کشت به همراه کم‌آبیاری، اعمال روش‌های به‌زراعی و واردات آب مجازی اشاره کرد.

واژه‌های کلیدی: اثر جهش، صرفه‌جویی واقعی آب، مقیاس حوضه آبریز، مقیاس مزرعه.

مقدمه

افزایش جمعیت ایران در دو دهه گذشته و گذار از مرز 80 میلیون نفر، نشانگر نیاز روزافزون به مواد غذایی است که باید از وسعتی در حدود 16/5 میلیون هکتار زمین‌های(زراعی و باغی) فاریاب(آبی) و دیم تامین شود که در حدود 7/5 میلیون هکتار زیر کشت فاریاب و 9 میلیون هکتار نیز زیر کشت دیم است. این آمار نشان می‌دهد به تقریب سهم زمین‌های فاریاب 46% و سهم زمین‌های دیم 54% است(شکل 1) (21). از کل وسعت زمین‌ها، در حدود 14/5 میلیون هکتار به زمین‌های زراعی و حدود 2 میلیون هکتار نیز به باغ اختصاص دارد. از کل زمین‌های زراعی در حدود 6 میلیون هکتار زمین های فاریاب است(80% زیرکشت و 20% آیش) و حدود 8/5 میلیون هکتار نیز دیم است(شکل 2). اما قسمت اصلی تولید محصول‌های کشاورزی از زمین های فاریاب تأمین می شود که نشان می‌دهد پایداری کشاورزی کشور وابستگی فراوانی به زمین‌های فاریاب دارد. برای مثال؛ از کل 6/5 میلیون هکتار زیر کشت گندم در کشور، سهم زمین‌های فاریاب 38% و سهم زمین‌های دیم 62% است اما 70% گندم تولید شده از زمین‌های فاریاب به دست می‌آید(شکل 3) (21).

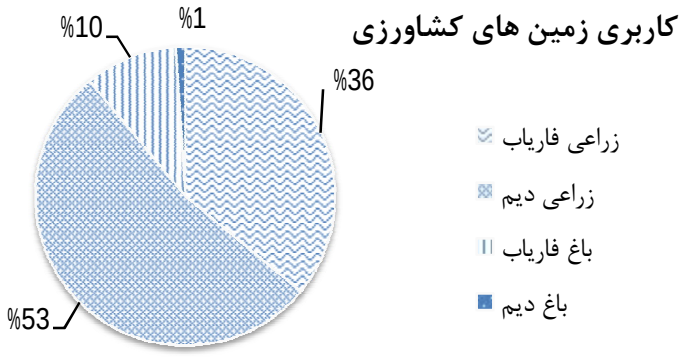
1- تاریخ دریافت: 95/6/20 تاریخ پذیرش: 96/4/22

2- نویسنده مسئول، پست الکترونیک: seyedhamid.ahmadi@gmail.com

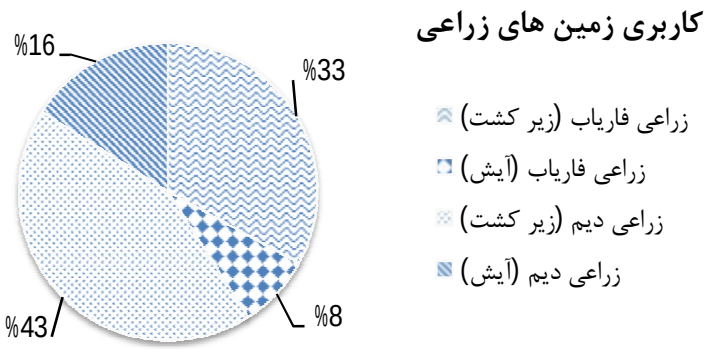
3- به ترتیب استادیار، پژوهشگر و رییس مرکز مطالعات خشکسالی، دانشگاه شیراز و عضو پیوسته فرهنگستان علوم و استاد بخش آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، جمهوری اسلامی ایران.

www.SID.ir

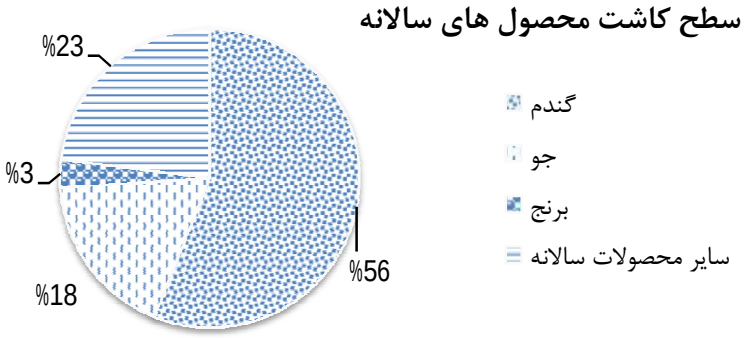
Archive of SID



شکل 1- کاربری زمین‌های کشاورزی کشور بر طبق آخرین سرشماری کشاورزی کشور در سال 1393 توسط مرکز آمار ایران(21).



شکل 2- کاربری زمین‌های زراعی کشور بر طبق آخرین سرشماری کشاورزی کشور در سال 1393 توسط مرکز آمار ایران(21).



شکل3- سطح کاشت محصول‌های سالانه در زمین‌های زراعی بر طبق آخرین سرشماری کشاورزی کشور در سال 1393 توسط مرکز آمار ایران(21).

www.SID.ir

Archive of SID

این آمار به روشنی نشان می‌دهدکه تأمین آب و به‌کارگیری راهبرد مدیریتی مناسب برای استفاده بهینه و پایدار آب در بخش کشاورزی در منطقه خشک و نیمه‌خشک ایران، که نیاز آبی محصول‌های کشاورزی در آن بالاست، برای ادامه نبض کشاورزی ایران بسیار حیاتی است. با توجه به بروز خشکسالی‌های شدید و پی‌درپی و به دنبال آن وقوع تنش آبی در کشور(13) فشار بر منابع آب زیرزمینی افزایش شدیدی یافته است، به گونه‌ای که میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی بیش از حجم آب تجدیدپذیر منابع زیرزمینی است(23). همچنین؛ به دلیل وقوع خشکسالی و کاهش بارش‌های جوی، حجم آب‌های تجدیدپذیر کشور از 130 میلیارد متر مکعب در سال 1370 به 104 میلیارد متر مکعب در سال‌های اخیر کاهش یافته است که نشان از کاهش چشمگیر حجم آب بهره‌برداری‌پذیر است(6). دراین راستا دولت جمهوری اسلامی ایران در سال‌های گذشته و حال با اتخاذ سیاست‌های حمایتی از بخش کشاورزی هزینه‌های زیادی را متقبل شده است(9، 18). برای مثال، در سال 1395 مبلغ 500 میلیون دلار از محل صندوق توسعه ملی با هدف افزایش بهره‌وری در تولید محصول‌های کشاورزی و صرفه‌جویی در کاربرد آب اختصاص یافته است تا سامانه‌های آبیاری زیر فشار(بارانی و قطره‌ای) در سطح زمین‌های زراعی و باغی توسعه یابد تا به این ترتیب هم راندمان آبیاری افزایش یابد و ضمن توزیع یکنواخت آب، امکان آبیاری زمین‌های دارای توپوگرافی نامنظم نیز فراهم شود(4) و هم حجم آب کمتری از منابع آب زیرزمینی استخراج شود که منجر به صرفه‌جویی آن می‌شود. با وجود این، به نظر می‌رسد که سیاست‌های اجرایی اتخاذ شده و هزینه‌های سنگینی که دولت تاکنون پرداخت کرده کمک شایانی به کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی نکرده است و چه بسا که حجم برداشت از منابع آب زیرزمینی رو به افزایش نیز باشد و دغدغه‌های ناشی از حمایت بیش از پیش دولت و نرسیدن به نتیجه مطلوب بیش از پیش عیان شود. در این پژوهش تحلیلی، علت‌هایی که بالقوه و بالفعل منجر به افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی می‌شوند، بررسی و نقد می‌شوند و سهم توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار نیز واکاوی و بررسی می‌شود. همچنین، از دستاوردها و تجربه‌های اجرایی و عملی کشور اسپانیا که شرایط بسیار مشابه با ایران از لحاظ تهدید منابع آب زیرزمینی دارد استفاده و نقد خواهند شد.

توسعه آبیاری زیرفشار در ایران در گذر زمان

طبق آخرین آمارهای رسمی منتشر شده توسط مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی(8، 25) از سال 1369 تا 1393، در مجموع 1360554 هکتار سامانه‌های آبیاری زیر فشار اجرا شده که در حدود 18% کل زمین‌های فاریاب کشور است که در مقایسه با کل زمین‌های فاریاب عدد به نسبت کوچکی است که به طور یقین در سال‌های پیشین این رقم کمتر از 18% بوده است(شکل 4). البته طبق آمار کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی(29) سطح زمین‌های فاریاب ایران 8/57 میلیون هکتار است که بر این اساس سامانه‌های آبیاری زیرفشار در حدود 16% کل زمین‌های فاریاب را شامل خواهند شد. همچنین، از مجموع زمین‌های فاریاب با آبیاری زیرفشار، در حدود 48% سیستم آبیاری قطره‌ای و 52% نیز سیستم آبیاری بارانی است(19) (شکل 4). طبق سیاست‌های اتخاذ شده وزارت کشاورزی در سال 1394 مقرر است تا در یک افق ده ساله، 4 میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی کشور به سامانه‌های آبیاری زیر فشار مجهز گردند(جدول 1) که به تقریب معادل 53% زمین‌های فاریاب کشور را شامل می‌شود(8). شایان ذکر است که در حال حاضر به الزام تمام سامانه‌های اجرا شده، در چرخه تولید محصول‌های کشاورزی قرار ندارند و به علت‌های مختلف مانند ضعف مدیریت در اجرا، مشکل‌های فنی و ترویجی فناوری های آبیاری زیر فشار، کمبود آموزش، ارائه ندادن خدمات پس از اجرا توسط شرکت‌های مجری، نامرغوبی جنس لوله‌ها، و سرقت ابزار و لوازم آبیاری برخی از این سامانه‌ها توسط کشاورزان جمع آوری شده و دوباره از روش‌های آبیاری سنتی برای آبیاری زمین‌ها استفاده می‌شود(10، 12).

واکاوی گسترش برنامه آبیاری زیر فشار در ایران

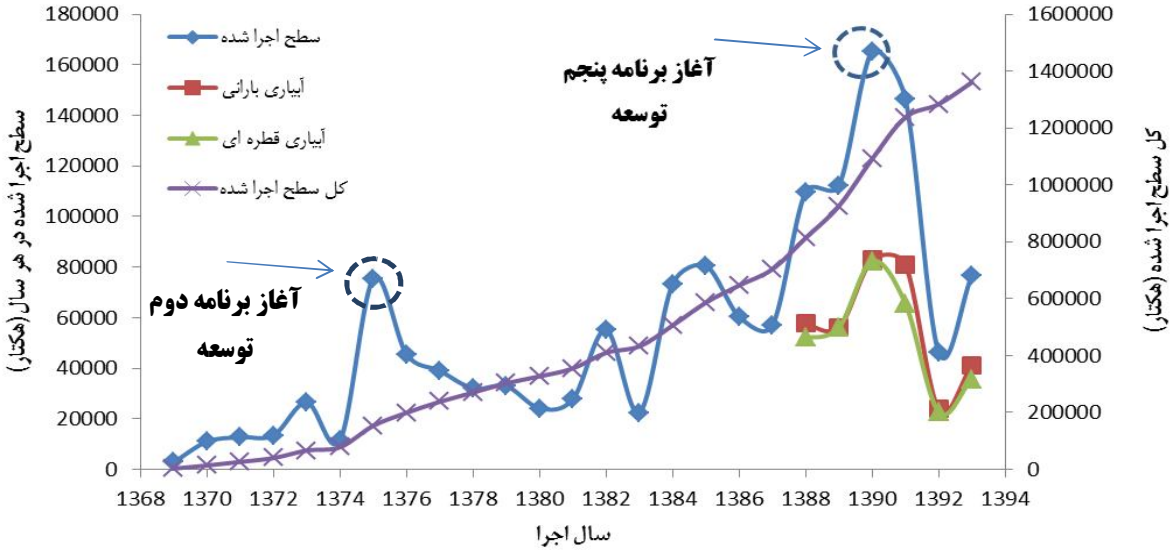
هدف اصلی از اجرا و توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار بارانی و قطره‌ای در سطح زمین‌های زراعی و باغی، افزایش بهره‌وری آب(افزایش تولید محصول زراعی یا باغی به ازای واحد کاربرد آب) و بنابراین صرفه‌جویی در کاربرد آب است(7، 38). البته در سال‌های آغازین اجرا و توسعه این سامانه‌ها توسط دولت اهداف دیگری از جمله افزایش سطح زیر کشت زمین‌های فاریاب به منظور تولید بیشتر، تبدیل زمین‌های دیم به آبی و همچنین تبدیل زمین‌های با توپوگرافی نامنظم به زمین‌های آبی نیز مدنظر بوده که به دلیل بالا بودن زمین‌های

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- روند اجرای سیستم‌های آبیاری زیر فشار در پنج برنامه توسعه اقتصادی- اجتماعی- فرهنگی جمهوری اسلامی ایران از سال 1369 تا 1393(8).

برنامه توسعه	سطح سامانه‌های زیر فشار(هزار هکتار)		
	پیش‌بینی شده	اجرا شده	درصد
برنامه اول توسعه(1369-1373)	277	67	24
برنامه دوم توسعه(1374-1378)	807	203	25
برنامه سوم توسعه(1379-1383)	609	162	27
برنامه چهارم توسعه(1384-1388)	1000	381	38
برنامه پنجم توسعه(1389-1393)	4000	547	14



شکل 4. توسعه سالانه و تجمعی سامانه‌های آبیاری زیر فشار در کشور در بازه زمانی 1369 تا 1393 و تفکیک آبیاری قطره‌ای و زیر فشار از سال 1388 تا 1393(8، 25).

دیم به آبی و همچنین تبدیل زمین‌های با توپوگرافی نامنظم به زمین‌های آبی نیز مدنظر بوده که به دلیل بالا بودن راندمان سیستم تا سه برابر سطح زیر کشت آبی قابل افزایش بوده است(4، 7). البته در پژوهش‌هایی که سال‌ها بعد صورت گرفت علت اصلی پذیرش آبیاری زیرفشار توسط کشاورزان، امکان افزایش سطح زیرکشت محصول‌های کشاورزی و افزایش بهره‌وری اقتصادی ناشی از توسعه زمین های زیر پوشش بوده است(7، 10).

آمار بلندمدت در بازه سال 1360 تا 1392 نیز نشان می‌دهد که رشد سالانه زمین‌های آبی 1/24% و سطح زمین‌های دیم نیز در میانگین سالانه 0/49%- کاهش داشته است(24). باید توجه داشت که افزایش سطح زمین‌های آبی به الزام ناشی از توسعه آبیاری زیر فشار نیست زیرا در دو دهه 60 و 70، به علت رشد سریع جمعیت کشور، نیاز به تولیدهای کشاورزی فزونی یافت و گسترش زمین‌های فاریاب در دستور کار وزارت کشاورزی قرار گرفت. در حالی‌که استفاده از روش‌های آبیاری زیرفشار در آن بازه زمانی گسترش چشمگیری نداشت و بیشتر

www.SID.ir

Archive of SID

از روش‌های آبیاری سنتی استفاده می‌شد. همچنین، کاهش سطح زمین‌های دیم نیز بیشتر ناشی از بروز خشکسالی‌های هواشناسی شدید در دو دهه گذشته است که منجر به کاهش شدید بارندگی در سطح کشور و در نتیجه تغییر در الگو و گسترش زراعت دیم شده است(24).

آیا اجرای آبیاری زیر فشار در کشور باعث افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی شده است؟

بدون شک یکی از عوامل اصلی ایجاد بحران آبی ایجاد شده در سطح کشور ناشی از خالی شدن سفره‌های آب‌های زیرزمینی به علت افزایش سطح زیر کشت محصول‌های کشاورزی زراعی و باغبانی است. طبق آمار انتشار یافته توسط سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد(فائو)، کل سطح زیر کشت(آبی و دیم) ایران از 11 میلیون هکتار در سال 1379 به تقریب به 14 میلیون هکتار در سال 1391 افزایش یافته است(31). شواهد نشان می‌دهد(شکل 4) که سامانه‌های آبیاری زیر فشار(چه با راندمان بالا و چه با راندمان پایین) در گذشته و حال سهم اندکی از پوشش زمین‌های فاریاب را داشته و دارند، در حالی‌که به‌طورکلی سامانه‌های آبیاری سطحی(سنتی) با راندمان آبیاری 40 تا 45% در مزرعه بیش از 80% از زمین‌های فاریاب را پوشش می‌دهند. بنابراین در کل هرگونه برداشت اضافی از منابع آب‌های زیرزمینی ناشی از اجرای ضعیف آبیاری سطحی، افزایش سطح زمین‌های فاریاب و کاشت گیاهان آب‌بر است که باعث اضافه برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی شده است(22). البته هرچند به طور میانگین در کل کشور سطح زمین‌های زیر آبیاری بارانی و قطره‌ای به تقریب یکسان است(شکل 4)، اما در برخی از استان‌ها مانند فارس به علت وجود باغ‌های فراوان استفاده از آبیاری قطره‌ای بیشتر رایج است و به تقریب 82% از زمین‌هایی که مجهز به سامانه‌های آبیاری زیر فشار هستند مربوط به آبیاری قطره‌ای است(22) و به علت توسعه روز افزون باغ‌ها استفاده از آبیاری قطره‌ای فزونی یافته است. در چنین مناطقی، گسترش سطح باغ‌ها و تجهیز آنها به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بدون توجه به ظرفیت مخزن آب زیرزمینی منجر به افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی می‌شود. پژوهش‌ها در استان فارس نیز نشان داده است که با گسترش استفاده از سامانه‌های آبیاری زیر فشار، سطح زیر کشت در برخی از مناطق استان فارس افزایش چشمگیری داشته که در برخی موارد افزایش 6 برابری سطح زیرکشت نیز گزارش شده است(10).

بیان این نکته مهم است که در اصل، مبنای اجرای آبیاری قطره‌ای رسیدن به راندمان آبیاری 85 تا 90% است، اما شواهد مختلف نشان می‌دهد که راندمان آن بین 55 تا 70% به دست آمده است(14، 18). با وجود این، گسترش سامانه‌های آبیاری زیرفشار در تمام سطح زمین‌های کشور یکسان نیست و این سامانه‌ها به طور عمده در مناطقی که کشاورزی گسترده است استفاده شده، در حالی‌که بحران منابع آب زیرزمینی مسئله‌ای گسترده و کلان در سطح کشور است. طبق آمار موجود در بین استان‌های کشور، فارس، خراسان و همدان در کل و در پنج برنامه توسعه اقتصادی- اجتماعی- فرهنگی سه استان پیشرو در توسعه سامانه های آبیاری زیر فشار هستند(8) که همین سه استان نیز از لحاظ منابع آب زیرزمینی در شرایط بسیار بدی قرار دارند.

بنابراین، پرسش اساسی این است که چه عامل یا عواملی باعث شده تا این سه استان گوی سبقت را از سایر استان‌ها بربایند؟ آیا کمبود منابع آب و بروز خشکسالی در این استان‌ها باعث شده است تا تمایل به استفاده از سامانه‌های آبیاری زیر فشار افزایش یابد یا اجرای سامانه‌های آبیاری زیر فشار باعث شده تا منابع آب زیرزمینی دچار افت شدید شوند؟ اطلاعات نشان می‌دهد که دستکم بیش از 80% زمین‌های این استان‌ها با آبیاری سطحی و شیوه سنتی آبیاری می‌گردند که راندمان پایین آن در دو دهه گذشته در سطح مزرعه(در بهترین حالت 40 تا 45%) به همراه افزایش سطح کشت محصول‌های آب‌بر(تغییر الگوی کشت به سمت گیاهان با ارزش اقتصادی بالا) در همین بازه زمانی(24)، حفر چاه‌های آب جدید یا عمیق‌تر کردن چاه‌های آب در دشت‌ها ناشی از خشکسالی‌های پی در پی(7) و همچنین کاهش شدید بارش‌های جوی در سال‌های اخیر، باعث شده است تا میزان برداشت آب از منابع آب زیرزمینی به شدت افزایش یابد. بنابراین به الزام گسترش نسبی سامانه‌های آبیاری زیرفشار در دشت‌های حاصلخیز کشور نمی‌تواند دلیلی قاطع بر برداشت اضافی از آب‌های زیرزمینی و بروز شرایط وخیم فعلی بیلان آب‌های زیرزمینی باشد. هر چند که طبق پژوهش‌های به عمل آمده یکی از راهکارهایی که کشاورزان به منظور مقابله با خشکسالی اتخاذ کرده‌اند استفاده از سامانه‌های آبیاری زیر فشار بوده است(7، 9، 10، 11، 22) که همین سیاست اتخاذ شده توسط کشاورزان نیز بین همه آنها یکسان نبوده و عوامل متعددی مانند اندازه زمین زراعی، نبود موانع، و کیفیت شیمیایی آب بر استفاده از این سامانه‌ها موثر بوده(12) و گاهی نیز به دلایلی فنی و اقتصادی اجرای این سامانه‌ها با شکست مواجه شده است(9، 22).

www.SID.ir

Archive of SID

ناگفته نماند که یکی از اصلی‌ترین انگیزه‌های کشاورزان برای توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار، تسهیلات بسیار ویژه و بدون عوض است که دولت در اختیار آنها قرار داده است به گونه‌ای که تسهیلات بدون عوض تا 85% ارزش اجرای سامانه‌های آبیاری زیر فشار به کشاورزان پرداخت می شود که در مقایسه با سیاست‌های مشابه در سایر کشورها بسیار سخاوتمندانه است(27، 28)؛ بدون اینکه انگیزه‌ای برای کاهش برداشت آب در آنها ایجاد شود. در همین راستا، طبق پژوهشی نشان داده شده است که استفاده از تسهیلات بانکی و نیاز کشاورزان به سرمایه و سهولت اخذ وام با بهره بسیار کم، زمینه نصب این سامانه‌ها را فراهم کرده است که چنین دلیلی برای پذیرش این سامانه‌ها بدون اولویت‌بندی برای صرفه جویی منابع آب در سطح دشت و حوضه آبریز منطقی نیست(10). به همین منظور، گروهی از کشاورزان که منابع آب آنها بیش از منابع خاک بوده است، تمایل چندانی برای پذیرش و استفاده از نوآوری‌هایی که منجر به کاهش کاربرد و صرفه‌جویی آب شود نداشتند، در حالی‌که کشاورزان گروه دوم که منابع خاک و زمین آنها به مراتب بیشتر از منابع آبی بود با پذیرش سریع این سامانه‌ها و بهره بردن از کمک‌های سخاوتمندانه دولتی توانستند با کاهش مقدار کاربرد آب در واحد سطح، با آب ذخیره شده در آبخوان حوضه آبریز به سرعت سطح زیرکشت محصول‌های کشاورزی را افزایش دهند. با وجود این گروه سومی از کشاورزان نیز بودند که بین منابع آب و خاک آنها با راندمان فعلی آبیاری تعادل وجود داشت. این کشاورزان با الهام از بهبود راندمان آبیاری ناشی از کاربرد سامانه‌های آبیاری زیرفشار و کاهش مقدار کاربرد آب در واحد سطح به دلیل نداشتن زمین‌های بیشتر قادر نبودند که از آب ذخیره شده استفاده کنند و به همین دلیل با تغییر الگوی کشت به سمت محصول‌های آب‌بر با سود اقتصادی بالاتر از آب ذخیره شده روی آوردند(10). این موضوع نشان می‌هد که در عمل بین افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری آب در مقیاس مزرعه و نقش آن در صرفه‌جویی و ذخیره آب در آبخوان حوضه آبریز رابطه مستقیمی وجود ندارد و افزایش راندمان آبیاری در مزرعه منجر به افزایش راندمان آبیاری در سطح حوضه نخواهد شد و چه بسا که به علت بهره‌برداری مضاعف از آب ذخیره شده در آبخوان حوضه، راندمان آبیاری در سطح حوضه آبریز کاهش یابد. این موضوع می‌تواند نقطه عطفی در نگرش کلان به برنامه‌ریزی برای گسترش سامانه‌های آبیاری زیر فشار به منظور حفظ و صیانت از منابع آب زیرزمینی در سطح دشت یا یک حوضه آبریز باشد.

آیا صرف هزینه‌های زیاد و سرمایه‌گذاری دولت در توسعه و اجرای سامانه‌های آبیاری زیر فشار در عمل می‌تواند در کاهش برداشت از منابع آب یک دشت یا حوضه آبریز موثر باشد؟

تجربه کشورهای مختلف مانند اسپانیا، آمریکا، چین، اوکراین و چند کشور دیگر نشان داده است که به الزام سرمایه‌گذاری در توسعه روش‌های آبیاری زیر فشار بدون ایجاد انگیزه برای کاهش برداشت آب در کشاورزان و صرفه‌جویی در کاربرد آب نه تنها راه حل اساسی نیست، بلکه در صورت نبود مدیریت صحیح می‌تواند منجر به برداشت اضافه شود(26، 28، 34، 39). در اصل هدف از اجرای سامانه‌های آبیاری زیرفشار افزایش راندمان آبیاری در سطح مزرعه‌ها است تا از این طریق آب کمتری به کار برده شود(7، 10، 12، 40). در مبحث اقتصاد انرژی، موضوعی از سال 1865 توسط پژوهشگر انگلیسی William Jevons با عنوان "اثر جهش[1]" مطرح گردیده است(33) که عینا مفهوم آن در مبحث مدیریت منابع آب نیز به تازگی کاربرد پیدا کرده و بیشتر از عبارت "اثر جهش" در منابع و مطالعه‌ها استفاده شده است. بررسی "اثر جهش"(که البته به آن پارادوکس ژوانز[2] نیز گفته می‌شود) در منابع آب، در سال 2012 نیز توسط کمیسیون اروپا(29) و همچنین دفتر برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد(42) در مبحث توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار در کشورهایی مانند اسپانیا به روشنی بررسی شده است. البته در مطالعه‌های گسترده‌ای که پیش از سال 2012 در بحث مدیریت منابع آب در مناطقی که راندمان آبیاری در سطح مزرعه‌ها افزایش یافته صورت گرفته است نیز به طور ضمنی به مفهوم "اثر جهش" اشاره شده است و شواهد ناکارآمدی این راهبرد بدون توجه به عامل‌های آن بررسی شده است. برای مثال، به دلیل ماهیت زمان‌بر و در عین حال مشاهده ناپذیری آن، از پدیده "اثر جهش" با عنوان خشکسالی نامحسوس[3] نام برده شده(35) که با افزایش راندمان آبیاری در سطح مزرعه‌های کشاورزی باعث افزایش برداشت از کل آبخوان دشت شده است.

۱- Jump effect یا Rebound effect یا Take-back effect
3- Jevons paradox
4- Invisible drought

www.SID.ir

Archive of SID

در کل مفهوم" اثر جهش" این است که افزایش راندمان آبیاری از طریق سامانه‌های آبیاری زیرفشار و بهبود شبکه‌های آبیاری در یک دشت یا حوضه آبریز نه تنها باعث کاهش برداشت آب نمی‌شود بلکه باعث افزایش راندمان آبیاری باعث می‌شود که به طور بالقوه آب بیشتری برای مصرف در دسترس آب‌بران باشد و بنابراین برداشت از منابع آب موجود با سرعت بیشتری انجام شود. البته راه‌حل‌های مختلفی توسط پژوهشگران برای رخ ندادن پدیده "اثر جهش" یا کاهش آن پیشنهاد گردیده است که معروف‌ترین آن افزایش چشمگیر قیمت آب آبیاری برای آب‌بران و کشاورزان است تا راندمان کاربرد آب افزایش یابد. با وجود این، شواهد مختلف عینی در اسپانیا، آمریکا، اوکراین، مصر، اندونزی، مراکش و هند نشان داده که این امر برآورده نشده است و مادامی‌که برای کشت گیاهان و محصول‌های با ارزش اقتصادی بالا روش‌های کم‌آبیاری استفاده نشود، در کاهش برداشت آب از منابع آب اتفاقی نمی‌افتد و درعوض "اثر جهش" رخ می‌دهد. همچنین، برخی پژوهشگران اسپانیایی گزارش کرده‌اند تا وقتی آب در بین کشاورزان اسپانیا در حکم یک نهاده دارای ارزش ذاتی بالا در فرآیند تولید باشد، کشاورزان آگاهانه با کاربرد روش‌های کم‌آبیاری آب کمتری استفاده می‌کنند و بنابراین افزایش قیمت آب تأثیری روی کاهش برداشت از منابع آبی ندارد(26). البته برخی دیگر از پژوهشگران نیز بالا بردن قیمت آب را یک راه حل اساسی اعلام کرده‌اند(27)، اما به دلیل ملاحظه‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی اعمال چنین قیمت‌هایی در عمل منتفی است و اقتصاد کشاورزان را با بحران جدی مواجه می‌کند(34) مگر اینکه دولت‌ها با پرداخت مشوق‌های مالی به کشاورزان و جبران خسارت اقتصادی ناشی از اعمال برنامه‌های حفاظت آب، زمینه کاهش مصرف آب و در پی آن جلوگیری از بروز "اثر جهش" را فراهم کنند(27، 29).

بنابراین بدیهی است که به همراه توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار(قطره‌ای یا بارانی) باید سیاست‌های مدیریتی و زراعی نیز اتخاذ گردد تا اهداف اصلی که همان کاهش برداشت از آبخوان‌های دشت‌هاست برآورده شود. چنین مسایلی در کشورهای دیگر نیز گزارش شده است. برای مثال، در پژوهشی(38) گزارش شده است که پس از تغییر سامانه آبیاری عقربه‌ای معمولی[1] در سطح وسیعی از ایالت کانزاس آمریکا به سامانه آبیاری عقربه‌ای با آبپاش‌های کم‌فشار که راندمان پخش بالاتری دارند، کشاورزان الگوی کشت را تغییر دادند و از گیاهان آب‌بر به صورت گسترده‌تری استفاده کردند و بنابراین برداشت آب از منابع آب زیرزمینی افزایش یافت و اهداف اولیه که همان صرفه جویی در برداشت آب بود حاصل نگردید. در یک واکاوی موشکافانه دیگر(35) پیشنهاد شده است که سیاستگذاران بخش کشاورزی باید در پرداخت یارانه و حمایت‌های مالی برای توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار به منظور افزایش راندمان آبیاری در سطح مزرعه‌ها، بی‌نهایت دقت کنند تا به اهداف از پیش تعیین شده حفاظت منابع آب دست یابند و به الزام تنها با اجرای این سامانه‌های آبیاری، حفاظت از منابع آب زیرزمینی در سطح حوضه آبریز تضمین نمی‌شود و در این راستا کاهش سطح زیر کشت، اعمال روش‌های کم‌آبیاری در الگوی زراعی رایج و تغییر الگوی کشت به نفع گیاهان کم‌آب‌بر می‌تواند راهکارهای موثری در حفاظت از منابع آب زیرزمینی قلمداد گردد. نتیجه‌گیری مشابه‌ای نیز در مورد تاثیر حمایت مالی دولت در توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار و نقش بازدارنده آن در صرفه‌جویی واقعی آب به دلیل بروز اثر جهش گزارش شده است(39). در این گزارش‌ها راهکارهایی مانند کاهش دفعه‌های آبیاری(کم‌آبیاری)، گسترش کشت گیاهان کم آب‌بر، و کاهش سطح زیرکشت در قبال توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار در مرکز و غرب آمریکا توصیه شده است.

واکاوی راندمان آبیاری زیر فشار در ایران

پیش از اتخاذ هر سیاست مدیریتی در زمین‌هایی که سامانه‌های نوین آبیاری زیر فشار در آنها اجرا می‌شود، باید انتخاب مناسب سامانه آبیاری زیر فشار بررسی شود. روش صحیح انتخاب مناسب‌ترین روش آبیاری زیر فشار فرآیندی است که معیارهای مختلف فیزیکی، فنی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و قانونی را در برمی‌گیرد که فناوری بر مبنای آن قضاوت می‌شود(9، 12). دراصل در مناطقی مانند ایران که بادخیز است و همچنین میزان تبخیر-تعرق به علت اقلیم گرم و خشک آن زیاد است، استفاده گسترده از آبیاری بارانی به جز مناطق مستعد توصیه نمی‌شود(30) و پژوهش‌ها نیز نشانگر نبود تناسب این سامانه آبیاری زیر فشار در مناطق گرم و بادخیز است(10)، در حالی‌که آمار موجود نشان دهنده بیشتر بودن سطح آبیاری بارانی(52%) در مقایسه با آبیاری قطره‌ای(48%) است(25). در پژوهش‌های مختلفی که در ایران صورت گرفته راندمان آبیاری بارانی را 20 تا 30% کمتر از راندمان اسمی آن که 70 تا 75% است گزارش کرده‌اند(16) و درمورد سودمندی‌ها، کاستی‌ها و همچنین شرایط بهره‌برداری مناسب از این سامانه‌ها به طور گسترده بحث شده است(1). برای مثال، در بازه زمانی سال‌های

[1] Center pivot

www.SID.ir

Archive of SID

1351تا 1387 راندمان کاربرد آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در کشور را 58% گزارش کرده‌اند(16). در پژوهش دیگری که روی ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی در استان فارس صورت گرفته است، مقدار راندمان کلی سامانه‌های آبیاری بارانی (راندمان کاربرد) بین 25 تا 92% متغیر بوده که میانگین آن به تقریب به 70% نزدیک است. علت کاهش راندمان آبیاری و یکنواختی پخش، بادخیز بودن بعضی از مناطق گزارش شده است(15). همچنین، در پژوهش دیگری در استان خراسان رضوی راندمان کاربرد آبیاری در سامانه آبیاری بارانی لوله‌های چرخدار بین 40 تا 57% گزارش شده است(17) و علت آن نیز بالا بودن دمای هوا و بادخیز بودن منطقه است. همچنین، راندمان دستگاه آبیاری بارانی عقربه‌ای در استان فارس ارزیابی شده و راندمان کاربرد در چارک پایین(AELQ)[1] و راندمان پتانسیل در چارک پایین(PELQ)[2] بین 46 تا 63% گزارش شده است(20). دراصل کم بودن مقدار PELQ ناشی از طراحی و اجرای ضعیف، و همچنین ضعیف بودن مدیریت بهره‌برداری از سامانه آبیاری زیر فشار است. در پژوهش‌های دیگری که در خرم آباد(3) و کردستان(19) روی سامانه‌های مختلف آبیاری بارانی انجام شده مقدارهای AELQ و PELQ کمتر از 50% گزارش شده است که نشانگر بهره‌برداری نادرست و نامطلوب بودن اجرای این سامانه‌ها است.

شایان ذکر است که بهره‌برداری صحیح از سامانه‌های آبیاری موضعی(قطره‌ای) نیز در کشور صورت نمی‌گیرد و آمار و اطلاعات گویای این واقعیت است که اجرای پروژه‌های آبیاری قطره‌ای نیز منجر به افزایش راندمان آبیاری نشده است. در پژوهشی(5) که روی ارزیابی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در باغ‌های مرکبات داراب استان فارس انجام شده است، به علت مشکل‌های فنی و مدیریتی در اجرای آبیاری قطره‌ای، باغداران با افزایش تعداد قطره‌چکان‌های هر درخت و افزایش زمان آبیاری، گاهی تا 2/5 برابر نیاز آبی درختان آبیاری کرده‌اند که باعث تلفات نفوذ عمقی و رواناب شده است. در این پژوهش‌ها، دامنه تغییرهای AELQ بین 31 تا 82% و دامنه تغییرهای PELQ بین 36 تا 82% بوده است که بیشتر آنها دارای عملکرد متوسط و ضعیف بوده‌اند. در پژوهش دیگری روی باغ‌های مرکبات مازندران عملکرد آبیاری قطره‌ای در دامنه ضعیف تا خوب متغیر بوده است به گونه‌ای‌که AELQ و PELQ به ترتیب بین 50% تا 85% تغییر کرده‌اند(2).

در اسپانیا که شرایط آب و هوایی مشابه ایران دارد، 73% زمین‌های فاریاب(3/61 میلیون هکتار) آن با آبیاری زیرفشار آبیاری می‌شود(در مقایسه با ایران که 18% است) که در مجموع معادل 2/6 میلیون هکتار است(به تقریب 2 برابر زمین‌های آبیاری زیرفشار در ایران). از این مقدار 67% آن آبیاری قطره‌ای است و بقیه نیز(33%) آبیاری بارانی است(36). در همین راستا، در فاصله زمانی ده ساله 1997(1376 شمسی) تا 2008(1387 شمسی) در ناحیه آندلوس اسپانیا سطح زمین‌های فاریاب با آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای از 44%، 19% و 37% به ترتیب به 23%، 13% و 64% تغییر کرده است که نشان می‌دهد تمایل به آبیاری بارانی به شدت کاهش یافته اما سطح زمین‌های آبیاری قطره‌ای به تقریب 73% افزایش یافته است(26). البته اگر مدیریت مناسب اتخاذ نگردد، این افزایش سطح آبیاری قطره‌ای می‌تواند به طور جدی زمینه بروز "اثر جهش" و برداشت مازاد از منابع آب زیرزمینی را مهیا سازد. بنابراین، استفاده از سامانه آبیاری زیرفشار نامناسب باعث می‌شود که رسیدن به راندمان مورد نظر برآورده نشود و بنابراین برداشت اضافی صورت خواهد گرفت. از آنجاکه این سامانه‌ها به طور بالقوه کارایی، اطمینان پذیری و انعطاف پذیری بیشتری در مقایسه با آبیاری سطحی دارند و کشاورز یا آب‌بر قادر است بر حسب نیاز گیاه، آبیاری را انجام دهد که همین موضوع زمینه‌ساز افزایش برداشت از آبخوان در سطح حوضه آبریز خواهد شد.

نقش انتقال فناوری و آموزش فرهنگ استفاده از آن در سامانه‌های آبیاری زیر فشار

در کل، پیش از توسعه سامانه‌های آبیاری زیر فشار باید فرهنگ استفاده صحیح از این سامانه‌ها به کاربران آموزش داده شود و انتقال فناوری[3] باید هم‌زمان با آموزش فناوری[4] و نظارت مداوم بر استفاده صحیح از این سامانه‌ها باشد(32). مطالعه‌های مختلف نشان داده است حاصل نشدن این دو فرآیند منجر به شکست طرح در افزایش راندمان آبیاری خواهد شد. برای مثال، گزارش‌های مختلفی در ایران وجود دارد که کشاورز در برنامه اول توسعه، سامانه آبیاری بارانی را با استفاده از تسهیلات دولتی دریافت کرده اما به دلیل ناتوانی در بهره‌برداری، طراحی غیر اصولی، ضعف مدیریت و سایر موارد، سامانه‌های اجرا شده پس از 5 تا 6 سال به طور کامل مستهلک شده‌اند و کشاورز مجدد در برنامه چهارم توسعه، سامانه آبیاری جدیدی را دریافت کرده که آن نیز پس از مدتی کارایی خود را از دست داده است(8).

1- Application efficiency in low quarter (AELQ)
2- Potential efficiency in low quarter (PELQ)
3- Technology transfer
4- Technological translation

www.SID.ir

Archive of SID

از نکته‌های مهم دیگر در اجرای موثر سامانه‌های زیر فشار، به ویژه آبیاری قطره‌ای، استفاده از منابع آب با کیفیت خوب است. اگر در آبیاری قطره‌ای از آب‌های با کیفیت پایین استفاده شود لازم است تا آب اضافی برای آبشویی در نظر گرفته شود که همین موضوع باعث افزایش برداشت از منابع آب می‌شود. همچنین، لازم است تا بارندگی نیز به اندازه کافی باشد(در حدود 300 میلی‌متر) تا نمک‌های جمع شده در فصل رشد، آبشویی شوند و از ناحیه ریشه خارج گردند. بنابراین، طراحی اصولی و صحیح و اجرای دقیق و ارزیابی مداوم سامانه‌های آبیاری اجرا شده در حفظ کارایی سامانه بسیار مهم است.

به طور معمول، در تمام جهان توسعه سامانه‌های آبیاری زیرفشار با حمایت گسترده دولت‌ها صورت می‌گیرد تا از این طریق برداشت از آبخوان‌ها کاهش یابد. اما به دلایل مختلف این مشوق‌های مالی موثر نبوده و در عمل صرف هزینه‌های بسیار زیاد کمکی به کاهش برداشت از آبخوان‌ها نکرده و حتی باعث تشدید "اثر جهش" نیز شده است. در سیاست‌های اتخاذ شده، به طور کلی ارزش آب[1] افزایش یافته است اما به دلایل زیر کشاورزان بر سیاست افزایش قیمت آب[2] فایق آمدند و در عمل کاهش مصرف آب صورت نگرفت. برای دستیابی به کاهش مصرف آب باید قیمت آب افزایش چشمگیری یابد اما این مهم به دلایل 1- شرایط سیاسی، اقتصادی و اجتماعی، 2- مشکل‌های فنی و اجرایی در اندازه‌گیری آب تحویلی به کشاورز و 3- نبود دستیابی به موفقیت در بازار آب، میسر نبوده است و بنابراین بالا بردن قیمت آب تحویلی به کشاورزان بدون ایجاد مشوق‌های مالی و انگیزه‌های لازم به کشاورزان برای کاهش مصرف آب به حل این موضوع کمکی نمی‌کند(34). بنابراین، علاوه بر ایجاد انگیزه در بین کشاورزان(مانند پرداخت وام‌های بدون عوض و وام‌های بلندمدت با سود کم) برای کاهش مصرف آب، شناخت عامل‌های اصلی محیطی که می‌توانند در تعیین قیمت واقعی آب و در نهایت پرداخت هزینه آن توسط کشاورز اثر بگذارد، بسیار اهمیت دارد. عامل‌هایی مانند اندازه زمین زراعی؛ سن و قدمت زمین یا باغ، مالکیت و حقابه، کیفیت شیمیایی آب، نوع گیاه کشت شده و منطقه جغرافیایی از اهمیت زیادی در ایجاد رغبت در کشاورزان برای پرداخت هزینه آب برخوردار است(37).

تدابیر لازم برای جلوگیری از بروز "اثر جهش" پس از اجرای سامانه‌های آبیاری زیر فشار در حال حاضر یا آینده

نتایج و ارزیابی‌های حاصل از پژوهش‌های مختلف نشان داده است که اتخاذ تدبیرعلی مدیریتی و نظارتی گسترده‌ای لازم است تا اجرای سامانه‌های زیرفشار به حفظ منابع آب و صرفه جویی در برداشت از آبخوان‌های دشت‌ها کمک کرده، از بروز "اثر جهش" جلوگیری کند. شایان ذکر است بسیاری از این راهکارها که در ذیل به آنها اشاره شده است، به نوعی جزء سیاست‌های دولت قلمداد می‌شود، اما اجرای آنها به دلایلی تاکنون به طور جدی عملیاتی نشده، یا احتمال عملیاتی شدن آنها در آینده نیز به دلیل‌های مختلف سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فنی، و فرهنگی میسر نخواهد شد. به هر حال، راهکارهای ذیل پیشنهادهایی هستند که برای نجات منابع آب زیرزمینی از بحران کنونی ضروری و حیاتی به نظر می‌رسند و اهتمام کافی و وافی به اجرای آنها در اختیار دولت و سیاست بلندمدت آن برای حفظ ذخایر و ایجاد تعادل در منابع آب زیرزمینی است. نکته بسیار مهم در موفقیت اجرای سیاست‌های کاهش مصرف آب توسط کشاورزان این است که دولت با در نظر گرفتن تشویق و انگیزه‌های مالی خسارت اقتصادی کشاورزان را که ناشی از کاهش مصرف آب و در نتیجه کاهش تولید محصول های کشاورزی است را جبران کند، زیرا هدف کشاورز از مصرف آب، بالا بردن بهره اقتصادی و افزایش درآمد است و هرگونه تحمیل سیاست‌های ریاضتی در کاهش مصرف آب در تضاد آشکار با درآمد اقتصادی کشاورز است و جبران نشدن این خسارت، دستیابی به اهداف حفظ ذخایر و ایجاد تعادل در منابع آب زیرزمینی و یا جلوگیری از بروز "اثر جهش" را با مشکل مواجه می‌کند.

به هر حال اجرای هر یک از موارد ذیل نیاز به برنامه‌ریزی دقیق و اصولی دارد که باید برای هر منطقه و دشت، بسته به شدت بحران آب زیرزمینی و آبخوان آن، در شرایط فعلی و دورنمای آینده کشاورزی آن تصمیم‌گیری کرد. برای مثال، اجرای سیاست کم‌آبیاری در رقم‌های محصول‌های زراعی مقاوم و کم‌آب‌بر همراه با آبیاری زیر فشار موضعی(سطحی یا زیرسطحی) می‌تواند مصرف آب را کاهش چشمگیری دهد و راندمان آبیاری را در سطح مزرعه افزایش دهد، اما برای نیل به اهداف حفظ منابع آب حوضه آبریز پس از اعمال چنین مدیریت آبیاری سختگیرانه‌ای، باید سیاست‌های اجرایی دیگری نیز هم‌زمان اتخاذ گردد تا از بروز "اثر جهش" جلوگیری کرد. برای مثال، نباید اجازه داد تا

Water value - 1
Water price -2

www.SID.ir

Archive of SID

سطح زیر کشت ناشی از صرفه جویی آب در آبخوان افزایش یابد. اتخاذ چنین سیاست‌هایی هرچند بسیار کارساز و موثر است اما عملیاتی شدن آنها بستگی به اهتمام دولت و سازمان‌های اجرایی و همچنین شرایط اقتصادی، اجتماعی، فنی، و فرهنگی هر منطقه دارد.

بیان این نکته نیز مهم است که مفهوم "اثر جهش" و پیدایش آن در مباحث بالا در زمانی موضوعیت پیدا می‌کند که از سودمندی‌های سامانه‌های آبیاری زیرفشار در نقش یک فناوری در کاهش و صرفه‌جویی در مصرف آب استفاده شود و متعاقب آن آب صرفه‌جویی شده برای مصارف دیگر یا توسعه زمین‌های زیر کشت استفاده گردد. بنابراین در مناطقی که کماکان از همان آبیاری سطحی (سنتی) با راندمان پایین استفاده می‌شود، مفهوم "اثر جهش" کاربردی ندارد و تنها راندمان پایین آبیاری به همراه مدیریت ضعیف و تناسب نداشتن سطح و الگوی کشت، منجر به برداشت اضافی و تخلیه منابع آب زیرزمینی می‌شود، همان‌گونه که تا کنون نیز به همین منوال در مناطق مختلف کشور عمل شده و بحران آب زیرزمینی در اغلب مناطق آشکار است. تدبیرها و راهکارهای لازم برای جلوگیری از بروز "اثر جهش" عبارتند از:

الف- نبود افزایش سطح زیر کشت ناشی از صرفه‌جویی آب.

ب- نبود کشت گیاهان آب‌بر ناشی از صرفه‌جویی آب.

پ- رعایت حقابه‌های موجود و حتی کاهش آن.

ت- اندازه‌گیری و تحویل حجمی آب به کشاورزان.

ث- اختصاص ندادن آب صرفه‌جویی شده به سایر مصرف‌ها مانند صنعت.

ج- تغییر الگوی کشت تابستانه به زمستانه و گیاهان کم آب‌بر با تبخیر- تعرق کم.

چ- گسترش نیافتن زمین‌های فاریاب و زیر کشت نبردن زمین‌های با کیفیت پایین با استفاده از آب صرفه‌جویی شده.

ح- اعمال روش‌های کم‌آبیاری برای صرفه جویی آب.

خ- افزایش چشمگیر قیمت آب تحویلی به کشاورز.

د- کاهش سطح کشت در شرایط بحرانی.

ذ- واردات و تجارت آب مجازی.

ر- استفاده از روش‌های آبیاری زیر فشار زیرسطحی برای کاهش تبخیر.

ز- نظارت دقیق و مستمر بر درستی اجرای موارد بالا.

تجربه‌ها و راهکارهای عینی صرفه جویی واقعی آب

راهکارهای صحیح به منظور نیل به اهداف صرفه‌جویی واقعی آب پس از اجرای سامانه‌های آبیاری زیر فشار و جلوگیری از بروز "اثر جهش" براساس تجربه‌های کشور اسپانیا چیست؟ اسپانیا یکی از کشورهای مهم و پیشرو در زمینه توسعه علمی و عملی سامانه‌های آبیاری زیرفشار در جهان است و در این گذر، سهم آبیاری قطره‌ای به مراتب بیش از آبیاری بارانی است. با توجه به قرار گرفتن اسپانیا در نوار گرم و نیمه‌خشک دنیا نیاز به آبیاری در این کشور زیاد و به تقریب مشابه ایران است و بنابراین استفاده از سامانه آبیاری زیرفشار به منظور حفاظت از منابع آب زیرزمینی و کاهش برداشت مورد توجه دولت این کشور قرار گرفته و هزینه‌های زیادی نیز برای آن صرف شده است. با وجود این، در مواردی "اثر جهش" در منابع آبی این کشور رخ داده و در پی استفاده از آبیاری زیرفشار اضافه برداشت از مخزن و آبخوان صورت گرفته است. در زیر به دو نمونه از اقدام‌های دولت اسپانیا که در یکی "اثر جهش" اتفاق افتاده و در دیگری "اثر جهش" بروز نکرده اشاره شده است و عوامل موثر در موفقیت و شکست هر کدام در کاهش برداشت آب بحث خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعه موردی 1(جلوگیری از بروز "اثر جهش" و صرفه‌جویی آب) (27)

حوضه آبریز رودخانه Guadalquivir که طولانی‌ترین رودخانه در جنوب اسپانیا به طول 650 کیلومتر در آن جاری است، دارای وسعت 57527 کیلومتر مربع است و در حدود 4 میلیون نفر در این حوضه زندگی می‌کنند. متوسط بارندگی در این حوضه 573 میلی‌متر است. به منظور ذخیره سالانه و کاهش برداشت 3 میلیارد متر مکعب آب در سال در این حوضه(25% کاهش برداشت و ذخیره)، در بازه زمانی 2005 تا 2008 در حدود 36000 هکتار از زمین‌های کشاورزی سنتی این حوضه به شبکه انتقال آب و آبیاری نوین مجهز شد. هزینه اجرای این سامانه‌های نوین آبیاری که شامل تجهیز و نوسازی سامانه آبیاری از حالت سنتی و سطحی به آبیاری زیر فشار(بارانی یا قطره‌ای) بود در حدود 6000 یورو در هکتار برآورد گردید که دولت اسپانیا 60% هزینه را در قالب تسهیلات بدون عوض دولتی و کشاورزان نیز 40% بقیه را پرداخت کردند و مسئولیت بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌ها نیز بر عهده کشاورزان قرار گرفت.

از عامل‌های بسیار مهمی که منجر به موفقیت این طرح و دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده برای ذخیره سازی آب در حوضه بود، که البته می‌تواند الگویی برای موارد مشابه در سایر مناطق جهان باشد، اعمال و در نظر گرفتن شرایط پیش‌نیاز و الزامی برای کشاورزان بود تا بتوانند واجد شرایط دریافت 60% تسهیلات دولتی باشند. این شرایط عبارت بودند از:

1- تقبل پرداخت 40% بقیه اجرای سامانه‌های آبیاری زیرفشار.

2- کاهش میزان حقابه کشاورزان از 8000 متر مکعب در هکتار به 6000 متر مکعب در هکتار.

3- اجرای اندازه‌گیری حجمی آب و تحویل قبض برداشت حجمی آب.

4- افزایش نیافتن سطح زیر کشت پس از اجرای سامانه آبیاری زیرفشار.

در پی اجرای این سیاست‌های سخت‌گیرانه و ریاضتی مصرف آب، کشاورزان با تغییر الگوی کشت گیاهان فعلی و آب‌بر، به گیاهان با ارزش بالاتر و هم‌زمان نیاز آبی کمتر در الگوی کشت جدید، سطح زیر کشت مرکبات و سبزی‌ها را افزایش داده و از طرف دیگر سطح زیرکشت پنبه، ذرت، و چغندر قند(گیاهان آب‌بر) را کاهش دادند. با اتخاذ این راهبرد، کشاورزان مصرف آب را کاهش دادند و در نهایت در برداشت آب و صرفه‌جویی در منابع آب طبق اهداف از پیش تعیین‌شده موفق شدند(جدول 2). میزان صرفه‌جویی واقعی آب برابر با 2000 متر مکعب در هکتار است که معادل 25% حقابه قبل از اجرای سامانه‌های آبیاری زیرفشار است. همچنین، نکته بسیار مهم دیگری که دستیابی به اهداف کاهش برداشت و ذخیره‌سازی آب در حوضه را میسر کرد، این است که دولت اسپانیا آب صرفه‌جویی شده را در مصرف‌های جانبی دیگر استفاده نکرد و تنها از آن برای بهبود بیلان آب در حوضه و همچنین اهداف زیست‌محیطی بهره برد.

بنابراین، در این پروژه با توجه به سیاست‌های زیر "اثر جهش" مشاهده نشد و اهداف اصلی به سرانجام رسید. این سیاست‌ها عبارت بودند از:

الف- اعمال محدودیت‌های سرسختانه و جدی برای گسترش سطح زیر کشت.

ب- کاهش حقابه‌های قبلی.

پ- اختصاص بخشی از آب صرفه‌جویی شده واقعی برای اهداف زیست‌محیطی.

مطالعه موردی 2(بروز "اثر جهش" و تحقق نیافتن صرفه‌جویی در آب) (28)

پروژه آبیاری Riego de Alto Aragon در حوضه آبریز رودخانه Ebro در شمال شرقی اسپانیا قرار دارد. در سال 2003 از کل سطح آبیاری برابر با 121000 هکتار، 73% آن آبیاری سطحی و 27% نیز آبیاری بارانی بوده است. در پی اجرای برنامه ملی نوین‌سازی زمین‌های کشاورزی، 52000 هکتار از این زمین‌های با مصرف آب 292 میلیون متر مکعب از سیستم سطحی(5600 متر مکعب در هکتار) به بارانی(4700 متر مکعب در هکتار) ارتقا یافتند. اجرای این برنامه 500 میلیون یورو هزینه داشت.

برنامه‌ریزی اصلی برای کاهش برداشت از آبخوان‌های موجود در یک دشت پس از اجرای سامانه‌های آبیاری زیرفشار بر اساس افزایش راندمان آبیاری و همچنین کاهش مصرف آب در یک دشت در مقایسه با قبل از توسعه سامانه‌های نوین آبیاری استوار است. در این منطقه راندمان آبیاری سطحی 65% و راندمان آبیاری بارانی 77/5% است و بنابراین میزان صرفه‌جویی مورد انتظار بر اساس معادله‌ای که در ادامه آمده است برابر با 47 میلیون متر مکعب بود:

www.SID.ir

Archive of SID

$$S = \left(1 - \frac{Ea_1}{Ea_2}\right) AW_1$$

که در این رابطه S میزان آب صرفه‌جویی مورد انتظار، Ea_1 و Ea_2 به ترتیب راندمان آبیاری سطحی(0/65) و بارانی(0/775) و AW_1 مقدار آب به کار رفته در آبیاری سطحی(292 میلیون متر مکعب) است. طبق این اطلاعات مقدار آب صرفه‌جویی شده معادل 47 میلیون متر مکعب است.

جدول 2- شاخص‌های اصلی برای ارزیابی سرمایه‌گذاری در سامانه‌های آبیاری زیرفشار به منظور کاهش برداشت آب از منابع آب زیرزمینی.

سال	2002-1999	2012-2009	درصد افزایش/کاهش
سطح آبیاری شده(هکتار)	36040	33132	-8
حقابه(متر مکعب در هکتار)	8000	6000	-25
مصرف آب(متر مکعب در هکتار)	6526	5159	-21
تبخیر- تعرق(متر مکعب)	8259	8405	+2
باران موثر(متر مکعب در هکتار)	1556	2372	+52
نیاز آبیاری(متر مکعب در هکتار)	6703	6033	-10
هزینه آب(یورو در هکتار)	249	278	+11
هزینه آب(یورو در متر مکعب)	0/038	0/053	+41
هزینه انرژی(درصد)	25	43	+77
تغییر الگوی کشت	پنبه(26%)	پنبه(23%)	(-%8) (-%4)
	ذرت(24%)	ذرت(16%)	(-%10)
	چغندر قند(18%)	چغندر قند(8%)	(+%1)
	سبزی‌ها(4%)	سبزی‌ها(5%)	(+%13)
	مرکبات(9%)	مرکبات(23%)	(+%5)
	سایر(9%)	سایر(14%)	

در این منطقه آب بازگشتی استفاده‌پذیر به آبی گفته شده که دوباره پس از استخراج از منابع آب زیرزمینی در پایین‌دست توسط کشاورزان استفاده شده است یا دوباره به آبخوان برگشته است بدون آنکه کیفیت آن تغییر کند. آب بازگشتی استفاده‌ناپذیر نیز آبی است که به علت تغییر کیفیت زیاد، در دسترس و استفاده مجدد نیست. در سال‌های اخیر، مفهوم آب برگشتی ناشی از نفوذ عمقی در آبیاری سطحی به آب‌های زیرزمینی و استفاده مجدد از آنها در همان محل مزرعه یا پایین‌دست حوضه آبریز بررسی شده است و نشانگر این است که با توجه به اینکه مقداری از نفوذ عمقی آب دوباره استفاده می‌شود بنابراین راندمان آبیاری در سطح مزرعه‌ها بیش از رقم‌های گزارش شده است. اما بیان دو نکته لازم است: الف- اغلب آب برگشتی دارای همان کیفیت آب منبع اصلی نیست و به علت عبور از ناحیه ریشه و آبشویی، غلظت نمک‌های محلول در آن افزایش می‌یابد و از کیفیت آن کاسته می‌گردد. ب- بحث آب برگشتی در مناطقی سندیت دارد که سطح آب زیرزمینی بالا باشد تا آب عبور کرده از ناحیه ریشه دوباره بتواند به آب زیرزمینی برسد. با توجه به اینکه سطح آب زیرزمینی در بسیاری از مناطق ایران بیش از 100 متر است سال‌ها طول می‌کشد تا آب نفوذ یافته عمقی دوباره به آب زیرزمینی برسد یا ممکن است آب در لایه‌های مختلف خاک در اعماق ذخیره شود و هیچگاه آب به آب زیرزمینی نرسد و استفاده نشود. به هر حال، مقدار آب بازگشتی در شرایطی که

www.SID.ir

Archive of SID

سفره‌های آب زیرزمینی در اعماق زیاد قرار دارند ناچیز است. مفهوم آب بازگشتی و صرفه‌جویی خشک[1] و تر[2] به تفصیل توسط پژوهشگران ارایه و بررسی و نقد قرار شده است(41).

جدول 3- واکاوی مولفه‌های بیلان آب در پروژه آبیاری ریگو دو آلتو آراگون و بروز "اثر جهش"(آبیاری بارانی، سناریو 2) که منجر به افزایش برداشت آب شده است(مقایسه 200 و 357 میلیون متر مکعب در آبیاری سطحی و بارانی سناریو 2).

مولفه بیلان آب حوضه (میلیون متر مکعب)	سناریوهای آبیاری			
	آبیاری سطحی	آبیاری بارانی، سناریو 1	آبیاری بارانی، سناریو 2 (بروز اثر جهش)	آبیاری بارانی، سناریو 3
تبخیر- تعرق موثر(a)	190	190	304	170
تبخیر- تعرق غیر موثر(b)	3	32	52	29
آب بازگشتی استفاده‌ناپذیر(c)	7	1	1	1
آب بازگشتی استفاده‌پذیر(d)	92	20	31	18
مجموع ردیف‌های(a)، (b) و (c)	200	223	357	200

در منطقه آراگون، سه سناریو مدیریت آبیاری بارانی اجرایی بوده است(جدول 3). در سناریو بارانی 1(سناریو فرضی)، سهم تبخیر-تعرق موثر گیاه که صرف تولید محصول می‌شود ثابت نگاه داشته شده، اما با تبدیل آبیاری سطحی به بارانی میزان تلفات بادبردگی و تبخیر افزایش یافته است(32 میلیون متر مکعب) و به همین علت 23 میلیون متر مکعب از صرفه‌جویی آب که می‌تواند در کاربردهای دیگر استفاده شود، صرف تبخیر در آبیاری بارانی می‌شود(آب به کار رفته 223 میلیون متر مکعب).

در سناریو بارانی 2، که سناریو واقعی است و در منطقه نیز به طور عملی اجرا شده، ناشی از گسترش آبیاری زیرفشار بارانی است که در آن با تبدیل آبیاری سطحی به بارانی، راندمان آبیاری افزایش می‌یابد و بنابراین آب بیشتری در آبخوان می‌تواند بالقوه صرفه‌جویی شود، اما از آن‌جاکه هیچ محدودیت حقابه برای کشاورزان از نظر برداشت از منابع آب زیرزمینی اعمال نشده است، "اثر جهش" رخ داده و کشاورزان از طریق افزایش سطح زیرکشت و همچنین تغییر الگوی کشت به نفع گیاهان آب‌بر با بهره اقتصادی بیشتر حجم آب بیشتری را از منابع زیرزمینی استخراج کرده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، به علت بروز "اثر جهش" از میزان ذخایر آب بازگشتی استفاده‌پذیر نیز استفاده شده است(در مقایسه با آب بازگشتی استفاده‌پذیر در آبیاری سطحی) و در کل 134 میلیون متر مکعب آب بیشتری از مخزن آب زیرزمینی استفاده شده است(357-223=134) و بنابراین امکان اختصاص این آب به سایر موارد از جمله موارد زیست‌محیطی وجود ندارد.

در سناریو فرضی آبیاری بارانی 3 که الگوی موثر برای جلوگیری از بروز "اثر جهش" است، میزان برداشت و حقابه کشاورزان به 170 میلیون متر مکعب کاهش یافته است با این تفاوت که همان 200 میلیون متر مکعب مانند روش آبیاری سطحی استفاده می‌شود اما به علت بادبردگی و موارد دیگر مانند تبخیر، آب کمتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد.

شرایط مناسب برای توسعه و گسترش سامانه‌های آبیاری زیرفشار در ایران

همان‌طور که اشاره شد، توسعه آبیاری زیر فشار در ایران اصولی نبوده است و مسائل اجرایی و مدیریتی باعث شده تا اهداف اصلی که افزایش راندمان آبیاری تا حد مطلوب در سطح مزرعه‌ها است به خوبی حاصل نشود. البته باید توجه داشت که گسترش این سامانه‌ها می‌بایست

Dry -1 Wet -2

www.SID.ir

Archive of SID

طبق اصول علمی و با اجرای صحیح انجام شود تا در نهایت منجر به بروز "اثر جهش" نشود. بنابراین باید در مناطقی که این سامانه‌ها گسترش می‌یابند مطالعه‌های پایه‌ای صورت گیرد تا شرایط ابتدایی به دست آید. این شرایط به شرح زیر است:

شرایط محیطی مناسب برای اجرای آبیاری موضعی(قطره‌ای)

الف- خاک‌های سنگریزه‌ای موجب اتلاف آب می‌شود.

ب- شوری آب آبیاری کمتر از $1\ dS\ m^{-1}$ بدون آبشویی زمستانه کاربردی است.

پ- شوری آب بین $1\text{-}2\ dS\ m^{-1}$ همراه با آبشویی زمستانه با باران 300 میلی‌متری در زمستان کاربردی است.

ت- کاربرد آبیاری موضعی بیشتر برای باغ‌هاست و برای گیاهان زراعی در صورت اقتصادی بودن می‌تواند به کار برده شود.

ث- آبیاری موضعی زیر سطحی برای کاهش تبخیر از سطح خاک و استفاده از پساب با مخاطره کمتر بهداشتی می‌تواند به کار برده شود.

همچنین، 1- طراحی صحیح سامانه آبیاری زیر فشار، 2- آموزش روش کار استفاده صحیح از سیستم آبیاری، 3- تهیه دستورالعمل برنامه آبیاری از نظر ساعت‌های آبیاری، دور آبیاری و استفاده آن توسط کاربران و 4- نگهداری و سرویس سیستم به ویژه گرفتگی قطره‌چکان‌ها با اسیدشویی از اصول مدیریت صحیح سامانه‌های آبیاری موضعی هستند که اجرای آنها متضمن راندمان بالای کاربرد آبیاری می‌شود.

شرایط محیطی مناسب برای اجرای آبیاری بارانی

الف- خاک- خاک سنگین یا بسیار سبک موجب اتلاف آب به صورت رواناب یا نفوذ عمقی می‌شود.

ب- آب و هوا(باد و دمای هوای نامناسب)- دمای بالا و سرعت زیاد باد موجب اتلاف آب و کم شدن راندمان دستگاه می‌شود.

پ- نوع گیاه و ارتفاع آن- گیاهان بلند زراعی موجب پخش غیر یکنواخت آب از فواره‌ها می‌شود.

ت- شوری آب آبیاری- شوری آب آبیاری موجب سوختگی برگ می‌شود که با برنامه‌ریزی درست آبیاری(آبیاری شبانه) و سرعت گردش مناسب فواره‌ها اصلاح‌شدنی است.

به منظور رسیدن به راندمان کاربرد بالا در آبیاری بارانی در مناطقی که این سامانه‌ها راه‌اندازی می‌شوند، لازم است که موارد مدیریتی به شرح ذیل اتخاذ گردند: 1- طراحی و اجرای صحیح سیستم آبیاری با استفاده از میزان تبخیر-تعرق، باران موثر و کمک آب زیرزمینی(در صورت وجود)، 2- آموزش شیوه استفاده از سیستم‌ها، 3- تهیه دستورالعمل برنامه آبیاری از نظر ساعت‌ها و دور آبیاری(به کمک آب مورد نیاز آبیاری) و استفاده از آن توسط کاربران و 4- نگهداری و سرویس کردن سیستم.

نتیجه گیری

نتیجه‌گیری کلی در دو بخش ارایه می‌شود. بخش اول مربوط به اصول و مبانی صحیح کاربرد سامانه‌های آبیاری زیرفشار است و در بخش دوم به مواردی اشاره می‌شود که از بروز "اثر جهش" جلوگیری می‌کند و راندمان آبیاری بالا حاصل می‌گردد و صرفه‌جویی واقعی آب رخ می‌دهد. بیان این نکته در پایان این پژوهش بسیار مهم است، که عملیاتی کردن سیاست‌هایی که به صورت راهکار مقابله با بروز نیافتن "اثر جهش" ارایه می‌شوند، بستگی تام به سیاست دولت و اهتمام جدی دستگاه‌های اجرایی زیرمجموعه دولت به منظور صیانت از منابع آب‌های زیرزمینی دارد. هر چند عوامل متعدد سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فنی، و فرهنگی نقش به‌سزایی در موفقیت دولت در پیاده‌سازی و عملیاتی کردن این سیاست‌ها دارد، اما نباید فراموش کرد که آب و منابع آب زیرزمینی یک سرمایه ملی و متعلق به نسل‌های آینده نیز است، و حیات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور خشک و نیمه خشک ایران و نجات آن از بحران بی‌آبی کنونی عزمی بسیار جدی و محکم برای اجرای این سیاست‌ها در کوتاه مدت، میان‌مدت، و بلندمدت می‌طلبد؛ که در برخی از کشورها مانند اسپانیا با اعمال سیاست‌های صحیح و هرچند سختگیرانه، از نابودی منابع آب‌های زیرزمینی جلوگیری کرده‌اند زیرا پیشگیری بهتر از درمان است!

www.SID.ir

Archive of SID

اجرای آبیاری زیر فشار

الف- به جای به کارگیری اصول مدیریت سیاه- سفید(0- 1) برای استفاده از سامانه‌های آبیاری زیرفشار از اصول مدیریت فازی(خاکستری) استفاده شود.

ب- برای اجرای اصول مدیریت فازی، با توجه به شرایط محیطی و مدیریتی لازم برای استفاده از این سامانه‌ها، محل مناسب برای آنها پهنه‌بندی شود.

پ- برای شرایط اقلیم خشک و نیمه خشک ایران اولویت با سیستم موضعی یا قطره‌ای است و سیستم بارانی مناسب نیست.

برای گیاهانی که به صورت متراکم کشت می‌شوند نیز باید یا از سامانه‌های آبیاری بارانی که آب را با دقت بالا و بدون تلفات بادبردگی به کار می‌روند استفاده کرد که این دستگاه‌ها بیشتر برای زمین‌های زراعی بزرگ با منابع آب زیاد کاربرد دارند و در ایران به طور گسترده استفاده نمی‌شوند و همچنان سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و متحرک که تلفات آب زیادی نیز دارند، بیشترین فراوانی استفاده را داشته‌اند(12). با وجود این، در سال‌های اخیر و در پی خشکسالی‌های شدید، در کشت گندم در منطقه‌های جنوبی کشور از آبیاری موضعی نواری استفاده شده است و در حال حاضر نیاز است تا مطالعه‌های بیشتری روی کاربرد آبیاری موضعی در کشت گیاهان متراکم صورت گیرد. به هر حال، در گیاهان ردیفی همچنان آبیاری موضعی بر آبیاری بارانی اولویت دارد و مدیریت آب بهتر صورت می‌پذیرد.

بروز نیافتن "اثر جهش"

الف- اعمال محدودیت‌های سرسختانه و جدی برای جلوگیری از افزایش سطح زیرکشت.

ب- افزایش قیمت آب به حد بازدارندگی در مصرف بی رویه آب.

پ- مجهز کردن چاه‌ها به کنتور هوشمند و کاهش حجم آب تحویلی.

ت- از مدار خارج کردن چاه‌های غیر مجاز.

ث- ایجاد درآمدهای جایگزین در روستاها با صنایع کوچک روستایی.

ج- تغییر الگوی کشت تابستانه به زمستانه و کشت گیاهان با ارزش اقتصادی بالا به همراه روش‌های کم‌آبیاری.

منابع

1. بی نام. 1383. مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری بارانی (توانمندی‌ها و چالش‌ها). کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، کرج، موسسه فنی و مهندسی کشاورزی، 25 بهمن 1383. شماره انتشار 97، 248 صفحه.
2. بی‌آزار، ش.، م. احتشامی، ه. عبادی و ر. فیفایی. 1386. ارزیابی هیدرولیکی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای داخل خط در باغ‌های مرکبات غرب مازندران. پژوهشنامه علوم کشاورزی، 13-1:1.
3. بیرانوند، ز.م.، س. برومندنسب، ز. ایزدپناه و ع. ملکی. 1393. بررسی بازده آبیاری سیستم‌های آبیاری بارانی در منطقهٔ خرم آباد. مدیریت آب و آبیاری 202-191:(2)4.
4. ترک نژاد، ا.، م. آقایی سربرزه، ح. جعفری، ع.ر. شیروانی، ر. رویین تن، ع. نعمتی و خ. شهبازی. 1385. ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای در گندم و مقایسه آن با روش آبیاری سطحی. پژوهش و سازندگی، 44-72:36.
5. حسن‌لی، ع.م. و ع.ر. سپاس‌خواه. 1379. ارزیابی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، مطالعه موردی باغ‌های مرکبات داراب. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 27-4:13.
6. خلیلی، د. 1395. چالش های فراروی مدیریت منابع آب در شرایط خشکسالی در ایران. مجله پژوهش های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، 164-1:149.
7. دانشور، م. و م. زیبایی. 1391. اثرات سیستم های آبیاری بارانی در مقابله با خشکسالی در استان فارس. اقتصاد کشاورزی، 125-6:109.

www.SID.ir

Archive of SID

8. رحمتی، ح.، م. شاکر و ع.ر. کیانی. 1392. بررسی عملکرد کمی و روند توسعه طرح‌های آبیاری زیر فشار در کشور. چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌ای آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب، 6 تا 8 اسفند 1392.

9. رفیعی، ه.، م. بخشوده و م. زیبایی. 1384. ارزیابی و انتخاب سیستم بهینه آبیاری در شهرستانهای فریدن و سمیرم. پنجمین کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

10. زیبایی، م. 1382. تعیین بازده سرمایه گذاری در زمینه نصب سیستمهای آبیاری زیر فشار در استان فارس. مجموعه مقالات همایش تامین مالی کشاورزی تجربه ها و درسها. تهران، دانشگاه تربیت مدرس، پژوهشکده اقتصاد. صفحه‌های 149 تا 171.

11. زیبایی، م. 1386. عوامل موثر بر عدم تداوم در استفاده از سیستم های آبیاری بارانی در استان فارس مقایسه تحلیل لاجیت و تحلیل ممیزی. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران. مشهد، انجمن اقتصاد کشاورزی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد. صفحه‌های 1 تا 16.

12. زیبایی، م.، و م. بخشوده. 1387. رتبه‌بندی تکنولوژیهای آبیاری با استفاده از روش تصمیم‌سازی چند معیاری: مطالعه موردی استان فارس. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ویژه اقتصاد و توسعه کشاورزی، 13-22:3.

13. سپاس‌خواه، ع . ر. 1395 . راهکارهای مقابله با چالش تامین غذا در ایران. مجله پژوهش های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، 28-1:19.

14. سپاس‌خواه، ع . ر. 1383 . نگرشی دوباره بر پژوهش های بازده آبیاری در جمهوری اسلامی ایران. مجموعه مقالات روش های پیشگری از اتلاف منابع ملی. تهران، 19 تا 21 خرداد، صفحه‌های 53 تا 62.

15. سپاس‌خواه، ع.ر.، م. نوشادی و ت. هنر. 1383. گزارش طرح ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی در استان فارس. مجری مسئول علیرضا سپاس‌خواه. بخش آبیاری، دانشگاه شیراز، 192 صفحه.

16. سهراب، ف.، و عباسی، ف. 1388. ارزیابی بازده آبیاری در کشور و ارائه نقشه هم بازده آبیاری. مجموع مقالات دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. 5 و 6 اسفند ماه. صفحه‌های 29 تا 44.

17. عابدیان، ی. 1376. ارزیابی دستگاه آبیاری بارانی لوله‌های چرخدار (Side-roll sprinkler) در مزارع چغندرقند استان خراسان. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، بخش آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

18. علیزاده، ح.ع.، ع. لیاقت و ت. سهرابی. 1393. ارزیابی سناریوهای توسعه سیستم های آبیاری زیر فشار بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل سازی پویایی سیستم. نشریه حفاظت منابع آب و خاک 15-3:1.

19. فاریابی، ا.، ع. معروف پور و ه. قمرنیا. 1389. بررسی و ارزیابی سیستم های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت دهگلان کردستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک 15-14:1.

20. فروغی، ف. 1381. ارزیابی هیدرولیکی سیستم آبیاری عقربه‌ای و تاثیر آن بر بهره‌وری بیولوژیک گندم در منطقه باجگاه. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، بخش آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

21. مرکز آمار ایران. 1394. نتایج تفصیلی سرشماری عمومی کشاورزی کل کشور. تهران: مرکز آمار ایران، دفتر ریاست، روابط عمومی و همکاریهای بین الملل، 128 صفحه.

22. نجفی، ب.، ع.ا. قائمی، م.ح. طرازکار و د. رحمتی. 1387. بررسی اقتصادی سیستم آبیاری قطره ای در استان فارس. اقتصاد و کشاورزی، 102-2:87.

23. نیکخواه، م.، م.ح. رحیمیان، م.ج. روستا و ح. رزاقیان. 1394. ارزیابی برخی راهکارهای مدیریتی افزایش شاخص کارآیی مصرف آب مزارع گندم در شرایط شور. آب و توسعه پایدار، 58-1:53.

24. وزارت جهاد کشاورزی. 1394الف. بررسی آمار سطح برداشت و میزان تولید 36 سال محصول های زراعی (سال 1357 لغایت 1392). معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. 285 صفحه.

www.SID.ir

Archive of SID

25. وزارت جهاد کشاورزی. 1394ب. آمارنامه کشاورزی جلد دوم سال 1393. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. 379 صفحه.

26. Berbel, J. and L. Mateos. 2014. Does investment in irrigation technology necessarily generate rebound effects? A simulation analysis based on an agro-economic model. Agr. Syst. 128:25-34.
27. Berbel, J., C. Gutierrez-Martin, J.A. Rodriguez-Diaz, E. Camacho and P. Montesinos. 2015. Literature review on rebound effect of water saving measures and analysis of a Spanich case study. Water Resour. Manage. 29:663-678.
28. Dumont, A., B. Mayor and E.L. Lopez-Gunn. 2013. Is the rebound effect or Jevons paradox a useful concept for better management of water resources? Insights from the irrigation modernization process in Spain. Aquatic Procedia 1:64-76.
29. EC, European Commission. 2012. A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources, Brussels. Retrived from http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52012DC0673. Accesssed on August 22, 2016
30. Evans, R.G., J. LaRue, K.C. Stone and B.A. King. 2013. Adoption of site-specific variable rate sprinkler irrigation systems. Irrig. Sci. 31:871-887.
31. FAO, 2012. Statistics Division (FAOSTAT), Retrieved from http://faostat.fao.org/
32. Garb, Y. and L. Friedlander. 2014. From transfer to translation: using systemic understandings of technology to understand drip irrigation uptake. Agr. Sys. 128:13-24.
33. Greening, L.A., D.L. Greene and C. Difiglio. 2000. Energy efficicney and consumption- the rebound effect- a survey. 28:389-401.
34. Hellegers, P.J.G.J. and C.J. Perry. 2006. Can irrigation water use be guided by market forces? Theory and practices. Int. J. Water Resour. Develop. 22:79-86.
35. Huffaker, R. 2008. Conservation potential of agricultural water conservation subsidies. Water Resour. Res. 44: W00E01.
36. International Committee on Irrigation and Drainage (ICID). 2015. Supporting Agricultural Water Management for Sustainable Development. Annu. Rep. 2014-2015. 88 p.
37. Jaghdani, T.J. and B. Brümmer. 2016. Determinants of willingness to pay for groundwater: Insights from informal water markets in Rafsanjan, Iran. Int. J. Water Resour. Develop. 32:944-960.
38. Pfeiffer, L. and C-YC. Lin. 2014. Does efficient irrigation technology lead to reduced growundwater extraction? Empirical evidence. J. Environ. Econ. Manage. 67: 189-208.
39. Scheierling, S.M., R.A. Young and G.E. Cardon. 2006. Public subsidies for water-conserving irrigation investments: Hydrologic, agronomic, and economic assessment. Water Resour. Res. 42: W03428
40. Schuck, E.C., W. Marshal Fraiser, R.S. Webb, L.J. Ellingson and W.J. Umberger. 2005. Adoption of More Technically Efficient Irrigation Systems as a Drought Response. Water Resour. Develop. 21:651-662.
41. Seckler, D. 1996. The new era of water resources management. Research Report 1. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
42. UNEP. 2012. Measuring water use in a green economy, A Report of the Working Group on Water Efficiency to the International Resource Panel. United Nations Environment Programme (UNEP).

www.SID.ir

Archive of SID

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 2(2): 131-148(2017)

Analyzing the Consequences of Development of Pressurized Irrigation Systems in Iran

S.H. Ahmadi [1] and A.R. Sepaskhah[2]

As a solution to cope with the occurring drought in most regions of the world and Iran, the pressurized irrigation systems have been extensively used. Due to feasibility of implementing these irrigation systems, an extensive pressure could be imposed on groundwater resources, which would be a real threat for sustainable groundwater withdrawal, and the goals of real water saving strategies in aquifers of watersheds will not be met. Analysis showed that it is possible to achieve high irrigation efficiency if the pressurized irrigation systems are correctly and technically designed based on the climate of the region and then installed and performed appropriately. It is realized that sprinkle irrigation systems might not be recommended in the warm and dry climate of Iran, and instead the localized irrigation systems are suggested and favorable over them. Nevertheless, it is necessary to adopt several fundamental management strategies to prevent the occurrence of rebound effect. Some of the main strategies that would potentially prevent rebound effect are including but not limited to restricting the expansion of cultivated areas, considerable increase of water price, volumetric delivery of water to farmers, changing cropping pattern that is combined with deficit irrigation strategies, crop improvement, and importing virtual water.

Key words: Farm scale, Real water saving, Rebound effect, Watershed scale.

1. Corresponding author, Email: seyedhamid.ahmadi@gmail.com
2. Assistant Professor, Researcher and Head of Drought Research Institute, Shiraz University and Fellow of Academy of Sciences and Professor, Shiraz University, Shiraz, I.R. Iran, respectively.

www.SID.ir