مجله پژوهش های معاصر در علوم و تحقیقات
سال پنجم، شماره ۵۰، شهریور ۱۴۰۲
ISSN: ۲۶۷۶-۵۷۶٤
www.jocrisar.ir

بررسی سیستم‌های نوین آبیاری برای حفظ منابع آب زیرزمینی

محمد آریا صدیقی [۱]

[۱] کارشناسی زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه کشاورزی دانشگاه آزاد سنندج

چکیده

اهداف: آب یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن حاضر است که می‌تواند منشاء بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان باشد. وجود خلا بین توان تامین آب و شدت تقاضا، بحران‌آفرین است. و هنگامی که این عدم تعادل با راهکارهای مدیریتی مهار نشود، باعث به وجود آمدن مشکلات جدی در کشور می‌شود. از منابع تامین آب سطح زمین، سفره‌های آب زیرزمینی نقش مهمی در این عرصه دارند و بیش از ۶۰ درصد آب شرب جهان را تامین می‌کنند. یکی از حوزه‌هایی که بیشترین مصرف آب‌های زیرزمینی را به خود اختصاص داده اند مربوط به کشاورزی می‌باشد که می‌توان با استفاده از سیستم‌های آبیاری نوین برای اراضی کشاورزی تقاضای آب را با توجه به افزایش راندمان کاربرد آب مدیریت کرد. هدف تحقیق کاربردی است. روش تحقیق: با استفاده از روش تجزیه و تحلیل کتابخانه‌ای و مروری انجام شده است. یافته‌ها: بعد از بررسی مقالات، کتب، اسناد و پایگاه‌های اینترنتی معتبر اطلاعاتی در زمینه منابع آب زیرزمینی و نحوه تشکیل آن‌ها، سیستم‌های آبیاری نوین، راهکارهایی برای مدیریت منابع آب‌زیرزمینی، انواع آبیاری‌های نوین و چالش‌های موجود در این سیستم‌ها آورده‌ایم. نتیجه‌گیری: نتایج تحلیل یافته‌ها حاکی از آن بود که با استفاده از روش‌های نوین آبیاری و کشت مثل گلخانه‌ای، بارورسازی ابرها، آبیاری تحت فشار، استفاده از آب‌های ژرف و شیرین کردن آب دریا میزان استفاده بیش از حد از منابع آب زیرزمینی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، سیستم تحت فشار، فناوری گلخانه‌ای، سیستم نوین آبیاری

مقدمه

آب‌های زیرزمینی به آب‌هایی گفته می‌شود که در لایه‌های آبدار و اشباع زیرزمین تجمع پیدا کرده است. این آب‌ها فقط حدود ۴ درصد از مجموعه آب‌هایی را که فعالانه در چرخه آب شناختی دخالت دارند، تشکیل می‌دهد (حیدری تاشه کبود و امامی، ۱۳۹۸). اما با این وجود مهم‌ترین و فراوان‌ترین منبع تامین آب شیرین در جهان محسوب می‌شود به‌طوری که بیش از ۹۶ درصد آب شیرین را در خود ذخیره می‌کند. مخصوصا در برخی مناطق مثل استان خراسان رضوی به دلیل کمبود بارش، ۸۵ درصد نیازهای آبی از این حوزه آب‌خیز برآورده می‌شود (خبرگزاری ایسنا، ۱۳۹۴).

امروزه کشاورزی ۷۰ درصد از کل آب شیرین سراسر جهان را مصرف می‌کند و همین مقدار در برخی کشورهای توسعه یافته در این حوزه مانند ایران می‌تواند به ۹۵ درصد برسد (FAO, ۲۰۱۷). کشاورزان با مشکلات جدی در زمینه تامین آب اراضی‌های کشاورزی روبه‌رو هستند (نوروزی و چیزاری، ۲۰۰۶). یکی از راه‌حل‌های مشکل کمبود آب، آموزش بهبود شیوه‌های مدیریت آب به تعداد کشاورزانی است که در مصرف آب شریک می‌شوند. راهکارهای مدیریتی در زمینه بهبود آب زراعی کشاورزان می‌توان به نقش ترویج و آموزش کشاورزی به عنوان متولی اصلی ایجاد تغییر در رفتار افراد از طریق سه حیطه شناختی، عاطفی و روانی- حرکتی اشاره کرد. آموزش عواملی همچون حفاظت از آب، احساس تعهد، آگاهی، تمایل، ادراک خطر و نوآور بودن تاثیر بسزایی در بالابردن درک کشاورزان نسبت به مدیریت بهینه مصرف منابع آب کشور دارد (باعزم و خزیمه‌نژاد، ۱۳۹۹). یکی از این راهکارها برای دستیابی اهداف پایدار کشاورزی، استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری در میان کشاورزان می‌باشد. زیرا این روش‌ها علاوه‌بر زمین‌های مسطح، در زمین‌های با توپوگرافی متغیر می‌تواند کاربرد داشته باشد (ولیزاده، ۲۰۰۳). سیستم‌های نوین آبیاری روش‌هایی هستند که آب را توسط لوله و با فشاری بیش از فشار اتمسفر در سطح اراضی کشاورزی توزیع می‌کنند. مثل آبیاری تحت فشار بارانی و قطره‌ای که از روش‌های نوین آبیاری هستند. در آبیاری بارانی که از اواسط دهه ۵۰ در کشور توسعه یافته، آب به صورت قطرات باران بر روی خاک باریده و آبیاری تا رفع کمبود ذخیره آبی خاک منطقه ریشه‌ها ادامه پیدا می‌کند (خادم، ۲۰۱۴). از جمله خصوصیاتی که سیستم‌های آبیاری نوین می‌توانند داشته باشند تا احتمال پذیرش آن‌ها در میان کشاورزان افزایش پیدا کند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: مورد نیاز واقعی مردم در حرفه و زندگی روزمره باشد و راه‌حل مناسبی برای مشکلات مردم باشد؛ تناقضی با اعتقادات و فرهنگ مردم منطقه نداشته باشد؛ مطابق با موقعیت، خصوصیات و امکانات مردمو منطقه باشد؛ منافع مردم منطقه را تضمین کند؛ قابلیت رقابت با روش‌های مشابه و موجود را داشته و نتایج بهتری ارائه کند؛ کاربرد عملی داشته و مورد پذیرش رهبران محلی باشد (ظریفیان و همکاران، ۱۳۹۹).

کاظم عطار و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله خود با عنوان تاثیر بهای واقعی آب بر گسترش سطح روش‌های آبیاری تحت فشار و بهبود بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری (مطالعه موردی: شبکه آبیاری دشت قزوین) دریافتند که قیمت فروش آب در شبکه آبیاری در سال پایه مطالعه بسیار پایین‌تر از قیمت تمام شده آن است. همچنین قیمت‌گذاری آب در شبکه آبیاری، به دلیل بالابردن هزینه‌های کشاورزی، منجر به تشویق کشاورزان به اجرای سیستم‌های نوین آبیاری و به تبع آن منجر به کاهش مصرف و افزایش بهره‌وری آب در شبکه آبیاری می‌گردد.

عمیدپور و غلامی سفیدکوهی (۱۳۹۹) با بررسی تاثیر سیستم آبیاری نوین بر تعادل‌بخشی به منابع آب زیرزمینی پی بردند در آبیاری باید از روش‌هایی استفاده شود که هم در مصرف آب صرفه‌جویی شود و هم از شسته شدن و خسارت زدن به خاک کشاورزی جلوگیری به‌عمل آید. بخش کشاورزی به‌عنوان عمده‌ترین مصرف کننده آب، برای برون‌رفت از بحران کم‌آبی نیازمند

سرمایه‌گذاری برای توسعه روش‌های نوین آبیاری در مزارع است تا بتواند با مدیریت آب در مزرعه محصولات بیشتری تولید کند.

در سال‌های اخیر به دلیل عدم تغذیه مناسب سفره‌های آب سطحی و زیرزمینی، برداشت بی‌رویه از منابع آب به‌ویژه چاه‌ها به دلیل‌های گوناگون مانند توسعه صنعتی، رشد بی‌رویه جمعیت، کاهش بارش‌های جوی، خشکسالی‌ها و غیره، مسئله کم‌آبی حادتر شده و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی افزایش یافته است (شیرزادی لسکوکلایه و همکاران، ۱۳۹۷). آب زیرزمینی مهم‌ترین منبع تامین آب منطقه است. برداشت اضافه توام با اثرات مخرب پدیده تغییر اقلیم یعنی کاهش تغذیه آب زیرزمینی منجر به اضمحلال ذخایر استراتژیک آب زیرزمینی شده و در صورت وقوع یک دوره استرس آبی شدید می‌تواند شرایط بسیار شکننده‌تری را رقم بزند. بی‌توجهی به مدیریت پایدار آب زیرزمینی و عدم مدیریت ریسک خشکسالی، حتی ممکن است که به متروک شدن دشت‌ها و اضمحلال توسعه مخصوصا در مناطق بری بینجامد (درخشان و عمرانیان، ۱۳۹۶). هدف پژوهش بررسی سیستم‌های نوین آبیاری برای حفظ منابع آب زیرزمینی است.

مبانی نظری

آب زیرزمینی

آب زیرزمینی یک منبع مهم و ضروری برای اهداف شرب و کشاورزی است. اهمیت آب زیرزمینی به علت رشد روزافزون جمعیت و تغییرات اقلیمی روز به روز بیشتر می‌شود. ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی توسط چندین فاکتور که شامل ترکیب شیمیایی آب باران، فعالیت‌های بشری، ساختارهای زمین‌شناسی و کانی‌شناسی حوضه آبریز و آبخوان و فرایندهای زمین‌شناسی داخل محیط آبخوان کنترل می‌شوند. در عوض شیمی آب زیرزمینی به تعدادی عوامل همانند زمین‌شناسی عمومی، درجه هوازدگی شیمیایی انواع سنگ‌های مختلف، کیفیت آب تغذیه‌ای و وردی جدای از واکنش آب- سنگ بستگی دارد (دردی محمودی و همکاران،۱۳۹۴).

عوامل گوناگونی باعث به‌وجود آمدن سفره‌های آب زیرزمینی می‌شوند که به دو مورد از آن‌ها اشاره می‌کنیم:

جاذبه زمین

گرانش زمین قادر است که هرچیزی را به سمت مرکز خود جذب کند. بنابراین آب‌ها نیز بخشی از این موارد هستند که به آسانی تحت سلطه این نیروی عظیم قرار می‌گیرند. به همین دلیل آب‌ها از روی سطح زمین به دل آن نفوذ می‌کنند که نقش مهم خود را در ایجاد سفره‌های آب زیرزمینی و عمل به چرخه طبیعت به‌خوبی انجام دهند.

سنگ‌های زیرزمین

بسترهای سنگی در اعماق زمین وجود دارند. اگر جنس آن‌ها مانند گرانیت جامد بسیار متراکم باشد، حتی گرانش نیز قدرت کافی در کشیدن آب به دل زمین را نخواهد داشت. اما انواع زیادی از سنگ‌ها مانند ماسه، گرانیت و آهک در دل زمین تشکیل شده‌اند. بنابراین فضای خالی و کافی بین آن‌ها محل مناسبی جهت انباشته آب‌های زیرزمینی است. علاوه‌بر این، شکست و ترک بسترهای سنگی نیز در ایجاد سفره‌های آب زیر زمینی موثر هستند (خدابنده‌لو، ۱۳۹۹).

سیستم نوین آبیاری

فرایند آبیاری یکی از عوامل تاثیرگذار در بهبود بهره‌وری تولیدات کشاورزی در کشورهای درحال توسعه، به ویژه ایران است، و توسعه، بهبود و مدیریت کارای آن به‌عنوام یکی از زمینه‌های مهم توسعه کشاورزی به‌شمار می‌آید. در سالیان پی در پی، انسان اقدام به ابداع فنون، ابزار و روش‌هایی کرده تا مدیریت آبیاری را آسان کند (بلالی و همکاران، ۱۳۹۵). آبیاری، کاربرد مصنوعی آب در اراضی کشاورزی به‌منظور افزایش تولیدات گیاهی است. آبیاری، کمبود آب به‌عنوان یک عامل محدود کننده برای رشد گیاه را کاهش، یا برطرف می‌کند، امکان کشت محصولاتی را فراهم می‌نماید که در آن آب و هوا برای این منظور بسیار خشک است، و به افزایش عملکرد محصول در مناطقی که قابل دسترس خاک یک عامل محدود کننده در تمام نقاط و فصول رشد گیاهی است، می‌انجامد (آسانته،۲۰۱۳). کشاورزی آبی که شامل استفاده کنترل‌شده آب برای تولید یک محصول است (لاهمرز و ایدن، ۲۰۱۸). بیشترین پتانسیل را برای حل مشکل کمبود آب در سطح جهانی دارد. از آنجا که آبیاری کشاورزی بیش‌ترین مصرف آب شیرین را شامل می‌شود، بهبود بهره‌وری آبیاری مهم‌ترین گام برای پرداختن به نیازهای حوزه آب است. فناوری آبیاری به سه دسته فناوری سنتی، فناوری مبتنی بر خانوار و فناوری مبتنی بر اجتماع تقسیم می‌شود (طهماسبی و همکاران، ۱۳۹۹).

استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری و پذیرش فناوری نوین آبیاری و تغییر شیوه‌های سنتی آبیاری، مهم‌ترین راهکار ارائه شده در مدیریت بهینه مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی است (چوچیرد و همکاران، ۲۰۱۷). فناوری‌های حفظ آب، فناوری‌هایی هستند که هرگونه مصرف آب را بهینه می‌کنند و از مصرف بیش از اندازه با هدر رفت آب به هر روش ممکن جلوگیری می‌کنند. از فناوری‌های آبیاری که ترویج کشاورزی باید در آن نقش داشته باشد، می‌توان به روش‌های آبیاری تحت فشار، کم آبیاری، انجام عملیات لوله‌کشی مثل تعویض شیرآلات، انتقال آب با لوله به مزرعه، تاسیس ایستگاه پمپاژ، اندازه‌گیری جریان آب و دریچه، استفاده از موتور پمپ‌های برقی برای انتقال آب، اشاره کرد. شیوه‌های نوین آبیاری از اتلاف بی‌رویه آب جلوگیری می‌کند. به‌طور مثال، بازده آبیاری در آبیاری تحت فشار به شیوه بارانی تا ۸۰ درصد و در آبیاری قطره‌ای تا ۹۵ درصد افزایش می‌یابد (رزاقی بورخانی و میرترابی، ۱۳۹۹).

هدف اصلی از طراحی سامانه‌های آبیاری در مزارع تامین آب مورد نیاز زراعت با حداقل میزان تلفات می‌باشد. راندمان آب بیان کننده این است که چند درصد از آب ورودی به مزرعه به‌صورت مفید در اختیار گیاه قرار گرفته است. تلفات آب ممکن است به‌دلیل نفوذ در جدار کانال‌ها، رواناب سطحی، نفوذ عمقی به خارج از منطقه توسعه ریشه‌ها، تبخیر و امثال آن باشد. راندمان کل به صورت نسبت آب قابل استفاده برای گیاه به آب تامین شده از مخزن و راندمان کاربرد نسبت آب قابل استفاده برای گیاه به آب ورودی به مزرعه تعریف شده است. برای افزایش راندمان آبیاری در کشور فعالیت‌هایی نظیر گسترش شبکه‌های آبیاری، تجهیز و نوسازی اراضی، افزایش میزان آگاهی و دانش بهره‌برداران و نیز توسعه سامانه‌های نوین آبیاری در کشور در برنامه کاری متولیان قرار گرفته است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

پیشینه تحقیق

میثاقی و همکاران (۱۳۹۴) در مقاله خود با عنوان بررسی تاثیر توسعه سیستم‌های نوین آبیاری بر تغییرات سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش پویایی سیستم (مطالعه موردی: حوضه آبریز نیشابور) با تکیه بر نظریه پویایی سیستم‌ها به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت منابع و مصارف آب در حوزه آبریز نیشابور واقع در استان خراسان رضوی انجام شده است. تحلیل نتایج

اجرای سناریوهای مختلف طی ۲۵ سال آینده در دشت نیشابور برای بررسی مساله تغییرات تراز آب آبخوان در اثر اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار انجام گردید، به طوری که نتایج نشان داد در صورت افزایش سطح زیر کشت سالیانه حدود ۱,۳۸، ثابت ماندن سطح زیر کشت برابر ۰,۹۵ و کاهش سطح زیرکشت حدود ۰,۷۷ متر افت تراز آب آبخوان مشاهده خواهد شد که نسبت به افت سالیانه تراز آبخوان در دوره شبیه‌سازی و واقعیت به ترتیب ۵۸ درصد افزایش، ۸درصد افزایش و ۱۲ درصد کاهش افت را درپی خواهد داشت. بنابراین در صورت ثابت نگهداشتن و نیز کاهش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی تا حدودی می‌توان ذخیره آب زیرزمینی را افزایش و از کاهش شدید تراز آب آبخوان جلوگیری نمود، ولی درصورتی که استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار با افزایش سطح زیرکشت همراه باشد، افت تراز آب آبخوان تشدید خواهد شد.

کیانی و شاکر (۱۴۰۰) با بررسی اثربخشی سامانه‌های نوین آبیاری تحت فشار در ایران دریافتند که در طی سه دهه اخیر مقادیر راندمان آبیاری در کشور به واسطه‌ی اجرای سامانه‌های نوین آبیاری، افزایش سطح دانش بهره‌برداران، گسترش شبکه‌های آبیاری و برخی موارد دیگر از ۲۹,۷ در دهه ۷۰ به ۴۳,۸ درصد در دهه ۹۰ ارتقا یافته است که پیام اصلی آن کاهش تلفات آب در داخل مزرعه و اثربخش بودن روند اجرای این سامانه‌ها می‌باشد؛ بنابراین مطابق انتظار از کارکرد اصلی سامانه‌های نوین آبیاری یعنی کاهش تلفان ناشی از رواناب و نفوذ به اعماق زمین و در اختیار قرار دادن آب در محدوده ریشه گیاه موفق عمل نموده است. ممکن است این مقدار کاهش آب در سطح حوزه آبریز و سطح سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل عدم کنترل برداشت و یا افزایش سطح اراضی آبی نمود عینی نداشته باشد و راه‌حل این موارد مربوط به وظایف اجرایی دستگاه‌های متولی است.

جهانگیرپور و زیبایی (۱۴۰۰) در مقاله‌ای تحت عنوان بهینه‌سازی الگوی کشت در چارچوب اهداف کشاورزی اقلیم- هوشمند: مطالعه موردی شبکه آبیاری درودزن- ایران نتیجه گرفتند که با بهینه‌سازی همزمان اهداف متناقض حداکثرسازی سود اقتصادی و حداقل‌سازی ردپای آب، ردپای انرژی و انتشار دی اکسید کربن، درمقایسه با مدل تک- هدفه حداکثرسازی سود، باعث کاهش ۲,۸ درصد ردپای آب، کاهش ۲,۲۱ درصد ردپای انرژی، کاهش ۹,۶ درصد انتشار دی اکسید کربن و کاهش ۴,۷ درصد سود اقتصادی می‌شود. سهم سیستم قطره‌ای در آبیاری الگوی کشت آب- هوشمند، انرژی- هوشمند و اقلیم- هوشمند ۵,۵۴ درصد و برای سیستم بارانی نیمه متحرک ۲,۲۶ درصد است، درحالی‌که سیستم بارانی کلاسیک ثابت کمتر از یک درصد از آبیاری الگوی کشت بهینه را به خود اختصاص می‌دهد.

نتایج تحقیق نادری مهدیی و همکاران (۱۴۰۱) در مقاله‌ای تحت عنوان راهکارهای حفاظت از منابع آب در بخش کشاورزی استان کرمانشاه نشان داد که مهم‌ترین راهکارهای شناسایی شده به ترتیب مشتمل بر تغییر الگوی کشت، تجهیز مزارع به سیستم آبیاری نوین، فرهنگ‌سازی توسط رسانه‌ها و بازنگری قوانین و دستورالعمل‌های بخش آب می‌باشد. همچنین، نتایج تحقیق نشان داد که تولیدات بخش کشاورزی به‌طور فراوانی تحت تاثیر وضعیت منابع آب و نیز سیاست‌گذاری‌های نهادهای متوالی است. اگر با بحران آب مقابله نشود علاوه بر کاهش چشمگیر تولیدات بخش کشاورزی استان، منجر به کاهش درآمد روستاییان خواهد شد.

بذرافشان و همکاران (۱۴۰۱) با واکاوی اسنادی فناوری‌های نوین آبیاری و آب کشاورزی در جهان و امکان بومی‌سازی آن‌ها در ایران ابتدا، روش‌ها و فناوری‌های پیشرفته و نوین آبیاری و آب کشاورزی در جهان معرفی کرده‌اند. این روش‌ها در هفت گروه فناوری‌های هوشمند، نانو، گلخانه، ابر جاذب‌ها، بارورسازی ابرها، بهره‌برداری از آب‌های ژرف و شیرین کردن آب دریا دسته‌بندی شده‌اند. واکاوی بررسی‌های اسنادی نشان می‌دهد که ایران از نظر فناوری‌های هوشمند مدیریت آب کشاورزی و فناوری نانو در ابتدای راه قرار دارد و برای استفاده از این فناوری‌ها به پژوهش‌های بیشتری نیاز است. با این حال، استفاده از

مدل‌های رشد و عملکرد محصول و برنامه‌های کاربردی گوشی‌های تلفن همراه و اجرای آبیاری موضعی به‌عنوان راه‌حل قابل دسترس برای مدیریت آبیاری و آب کشاورزی پیشنهاد شد.

در تحقیق مروری علی یاری و علی یاری (۱۳۹۹) تحت عنوان سیستم آبیاری هوشمند، سیستم نوین آبیاری در کشاورزی نتایج حاکی از آن است که با توجه به راندمان پایین آبیاری در ایران اصلاح الگوی مصرف در این بخش می‌تواند راهگشا باشد. بهبود روش‌های آبیاری و روش‌های انتقال و ذخیره آب در کشورمان که متوسط بارندگی آن ۲۵۰ میلی‌متر در سال است می‌تواند به رونق صنعت کشاورزی و حل معضل خشکسالی کمک بسزایی کند. استفاده از سیستم‌های هوشمند که با اندازه‌گیری رطوبت خاک مزارع و بررسی وضعیت آب و هوا با حداقل مصرف آب به صورت خودکار اقدام به آبیاری می‌کند از روش‌های نوین ارائه شده می‌باشد. این سیستم با بررسی پارامترهای لازم به میزان نیاز گیاهان اقدام به آبیاری کرده و آن‌ها را سیراب می‌کند و از هدر رفتن بیشتر آب جلوگیری به عمل می‌آورد. امروزه این کار با هوشمندسازی مزرع با تجهیزات پیشرفته به‌راحتی امکان‌پذیر می‌باشد.

روش تحقیق

با توجه به اینکه این پژوهش به بررسی سیستم‌های نوین آبیاری در حفظ منابع آب زیرزمینی می پردازد لذا در دسته بندی تحقیقات بر حسب هدف در زمره تحقیقات کاربردی قرار می گیرد که جهت بررسی این رابطه از روش توصیفی استفاده شده است. جمع آوری اطلاعات در این تحقیق بصورت کتابخانه ای_مروزی می‌باشد که از مقالات، کتب و پایگاه‌های الکترونیکی و غیرالکترونیکی معتبر در این زمینه استفاده شده است.

یافته‌ها

راهکارهای حفاظت از منابع آب زیرزمینی

در دسته راهکارهای مدیریتی تغییر الگوی کشت به‌عنوان بهترین راهکار حفاظت از آب می‌باشد. برنامه‌ریزی کمیت تولید در هر منطقه براساس تطابق با اقلیم و بهره‌برداری بهینه از منابع موجود مخصوصا منابع آبی یکی از ضرورت‌های اساسیدر این بخش می‌باشد. کشاورزان برای انتخاب الگوی کشت محصول بر مبنای انتظار از قیمت محصول، فناوری‌های تولید و عوامل تولید از جمله آب، منابع در دسترس، نیروی کار موجود، دسترسی به بازار فروش و سایر ملاحظات اقدام می‌کنند؛ بنابراین با توجه به استخراج راهکار تغییر الگوی کشت از سوی کارشناسان ذیربط منابع آب باید اجرای این راهکار همراه با درنظر گرفتن ملاحظات ویژه تا مرحله پذیرش نهایی محصول باشد و باتوجه به این موضوع باشد که کشاورزی که الگوی کشت خود را تغییر می‌دهد پس از کشت محصول جدید نیازمند حمایت ویژه‌ای از مرحله کاشت تا برداشت و همچنین تدابیری برای فروش محصول می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به این که راهکارهای فنی برای حفاظت از آب راهکار تجهیز مزارع به سیستم آبیاری نوین به‌عنوان راهکار برتر برای حفاظت از منابع آب است. یکی از اقداماتی است که به کشاورزان توصیه می‌شود، آن را جایگزین روش‌های سنتی آبیاری کنند. این سیستم‌ها به لحاظ بالا بودن بازده آبیاری، جایگاه قابل ملاحظه‌ای در سیاست‌گذاری‌های کشاورزی و بخصوص در مناطق کم آب دارند. در یک نگاه کلی، سامانه‌های نوین آبیاری دارای ملاحظات فنی و مدیریتی خاص خود می‌باشند که در صورت رعایت مسائل مربوط به آن‌ها، امکان موفقیت سامانه وجود دارد. در دسته راهکارهای فرهنگی،

راهکار فرهنگ‌سازی توسط رسانه‌ها به‌عنوان راهکار برتر پیشنهاد می‌شود. با توجه به این که رسانه‌ها تاثیرگذاری بیشتری بر افکار عمومی و شفاف‌سازی عوامل بحران و کم‌آبی دارند می‌توان از طریق سرمایه‌گذاری در شبکه‌های استانی و ساختن مستندها و تیزرهای تبلیغاتی بر افزایش آگاهی کشاورزان از ارزش آب و کاهش مصرف آب کشاورزی اثر گذاشت. در دسته راهکارهای سیاست‌گذاری، راهکار ارزش‌گذاری آب به‌عنوان راهکار برتر مطرح شده است. قیمت فعلی آب بسیار پایین از هزینه تمام شده آب و ارزش اقتصادی آب است که این موضوع یکی از دلایل برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی و سطحی می‌باشد. بنابراین ضروری است سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان منطقه اقدامات لازم برای بهبود نظام قیمت‌گذاری در منطقه را مدنظر قرار دهند اما ممکن است تبعات مثبت و منفی در پی داشته باشد (نادری مهدیی و همکاران، ۱۴۰۱).

انواع سیستم‌های نوین آبیاری برای حفظ سفره‌های زیرزمینی

فناوری‌های نوین گلخانه‌ای از دیدگاه بهره‌وری مصرف آب و انرژی

بررسی اسنادی موجود نشان می‌دهد استفاده از فناوری کشت عمودی و فناوری‌های نور بخشیده و مصنوعی در گلخانه، بهره‌وری مصرف آب را افزایش داده است. در کشاورزی عمودی، گیاهان زراعی و باغبانی روی سازه‌ای افقی و چندین طبقه و به صورت مرتفع و عمودی در محیط‌های دارای خاک یا بدون خاک کاشته می‌شوند. به‌طور کلی، سامانه‌های بدون خاک به دو گروه باز و بسته تقسیم می‌شوند. در نوع باز، برخلاف نوع بسته، محلول غذایی پس از تغذیه گیاه به مخزن بر نمی‌گردد و بنابراین، احتمال گسترش بیماری وجود ندارد. سامانه‌های بدون خاک از نظر محیط نگهدارنده نیز تقسیم می‌شوند و کشت در آب (آبکشت) و هواکشته دو نوع رایج آن‌هاست. در روش آبکشت، گیاه از بالای ریشه با مقوا، چوب، پلاستیک یا سیم نگه داشته می‌شود و ریشه به طور مداوم یا متناوب در برابر محلول غذایی یا لایه‌ای نازک از مواد غذایی قرار می‌گیرد. در کشت سبزی‌ها به روش آبکشت ۷۰ تا ۹۰٪ در مصرف آب صرفه جویی می‌شود (شارما و همکاران، ۲۰۱۸). هلند، استرالیا، فرانسه، انگلستان، کانادا و ایالات متحده آمریکا کشورهای پیشرو در زمینه آبکشت هستند. در روش هواکشت، ریشه گیاهان به طور متناوب با محلول مواد غذایی خیس می‌شود. استفاده از این روش کشت در مورد گیاهانی مانند گوجه فرنگی، بادمجان و کاهو نتیجه خوب نشان داده است. افزون بر شیوه کشت در گلخانه‌ها، بهره‌گیری از فناوری نور پخشیده و نور پالایش شده نیز موجب افزایش بازده مصرف آب و تولید محصول می‌شود. نور پخشیده با کاهش دمای برگ در گلخانه (در مقایسه با نور مستقیم) موجب کاهش تبخیر تعرق گیاه و کاهش مصرف آب می‌شود. بهترین محدوده طول موج نور برای فتوسنتز گیاه، نور آبی و قرمز است. پالایش طیف نور به طوری که طول موج‌های نور آبی و قرمز اجازه عبور داشته باشند، انرژی گرمایی گلخانه را کاهش می‌دهد که این فرایند، بدون تأثیر کاهشی بر میزان فتوسنتز گیاه، تبخیر-تعرق و آب مصرفی گیاه را کاهش می‌دهد. کاربرد نور مصنوعی برای تکمیل نور آفتاب در کشت گلخانه‌ای در زمان کم بودن نور خورشید، روشی است برای افزایش تولید محصول در گلخانه. با استفاده از مدل‌های برنامه ریزی برای محاسبه مقدار بهینه نور مکمل، تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز با لامپ‌های HPS و LED۲ در گلخانه می‌توان سود حاصل از نور مصنوعی در تولید محصول‌های گلخانه‌ای را افزایش داد.

استفاده از منبع‌های انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی به جای سوخت‌های فسیلی برای توسعه پایدار گلخانه‌های نوین بسیار ضروری است. در فناوری‌های مبتنی بر انرژی خورشیدی، الکتریسیته یا گرمای مورد نیاز در محیط گلخانه از صفحه‌های خورشیدی تامین می شود که قادر به ذخیره مازاد انرژی نیز هستند. این صفحه‌ها، انرژی مورد نیاز سامانه خود کارسازی گلخانه، مانند تهویه، فن‌ها و کودآبیاری را فراهم می‌کنند (وانگمو و همکاران، ۲۰۲۰).

فناوری ابر جاذب‌ها

بسپار (پلیمر) های ابر جاذب موادی هستند که می‌توانند حجم زیادی از آب را در خود ذخیره می‌کنند و پس از تورم نیز به همان شکل باقی می‌مانند. با خشک شدن خاک، آب داخل بسپار به تدریج تخلیه می شود. به این ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند. از سودمندی‌های کاربرد ابر جاذب‌ها در کشاورزی می‌توان به کاهش هدر رفت آب آبیاری، کاهش دفعه آبیاری، کاهش فشردگی خاک و بهبود تهویه خاک اشاره کرد (اوستراند و همکاران، ۲۰۲۰).

فناوری بارورسازی ابرها

فناوری بارورسازی ابرها با هدف‌های مختلفی به کار گرفته شده است مانند افزایش مقدار بارش برای کاهش تأثیر خشکسالی در ناحیه‌های خشک و نیمه خشک جهان، کاهش مقدار بارش به منظور کاهش خسارت سیل و جلوگیری از خسارت تگرگ به محصول‌های کشاورزی. البته هدف اولیه در بسیاری از پروژه‌های بارورسازی ابرها، افزایش بارش ابرهایی است که احتمال بارش آن‌ها کم است (کونراد و همکاران، ۲۰۱۶). ایالات متحده، چین، تایلند و استرالیا کشورهایی هستند که پژوهش‌هایی درازمدت در این زمینه داشته‌اند. کره جنوبی از بارورسازی ابرها در مهار آتش‌سوزی‌های جنگلی و خسارت ناشی از خشکسالی‌ها نتیجه هایی موفقیت‌آمیز به دست آورده است (لی و همکاران، ۲۰۱۰).

فناوری استفاده از آب‌های ژرف (فسیلی)

آب‌های ژرف به آب‌های زیرزمینی عمیقی گفته می‌شود که از بارندگی‌ها تغذیه نمی‌شوند و به‌طور معمول، در عمق ۳۰۰ تا ۱۲۰۰ متر قرار دارند. آب این منابع به دلیل شوری زیاد و وجود مواد جامد انحلال‌پذیر در آب (بیشتر از ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) مناسب برای آشامیدن نیست، ولی می‌تواند برای فعالیت‌های کشاورزی به ویژه در کشورهایی بهره‌برداری شود که اقلیم خشک و بیابانی دارند. در بسیاری از کشورها مانند الجزایر، اردن، عربستان، لیبی، آمریکا و انگلیس مطالعه درباره آب‌های فسیلی از مدت‌ها قبل شروع شده و در برخی کشورها این آب‌ها به مرحله بهره‌برداری رسیده‌اند.

فناوری شیرین کردن آب دریا

فناوری شیرین کردن آب یا نمک‌زدایی آب دریا به دو گروه حرارتی و غشایی تقسیم‌بندی می‌شوند. مهم‌ترین فناوری‌های شیرین‌سازی حرارتی آب دریا که به صورت تجاری استفاده می‌شوند عبارت‌اند از: تقطیر ناگهانی چند مرحله‌ای، تقطیر چند اثرمرحله‌ای و بخار متراکم. از روش‌های مرسوم فرایندهای غشایی می‌توان به روش‌های الکتروتراکافت، اسمز معکوس، اسمز پیش‌رونده، میکروصافش، فراصافش، نانوصافش و صافش یونی اشاره کرد. بخش بزرگی از تاسیسات شیرین‌سازی آب دریا در خاورمیانه و بزرگترین آن با ظرفیتی بیش از یک میلیون متر مکعب در روز در شهر راس الزور عربستان سعودی استقرار یافته است. بعد از عربستان، امارات و کویت بزرگترین تأسیسات آب شیرین‌کن دنیا را در اختیار دارند (زوتالیس و همکاران، ۲۰۱۴). در خاورمیانه بیش از ۹۰ درصد تاسیسات آب شیرین‌کن از فناوری‌های حرارتی و در اروپا، بیش از ۹۲ درصد تاسیسات آب شیرین‌کن از فناوری غشایی استفاده می‌کنند (المارزوکی و همکاران، ۲۰۱۴).

سامانه نوین آبیاری تحت فشار

این روش نوین از اواخر دهه شصت آغاز و به‌طور مستمر ادامه دارد. این امر در کشور با تدوین برنامه‌های پنج ساله توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور با هدف بهینه‌سازی مصرف آب و بهبود راندمان آبیاری انجام شده است و البته در طی این برنامه‌ها به دلایل مختلف تنها ۲۵ تا ۳۰ درصد محقق شده است. طبق بررسی‌های صورت گرفته میانگین سالانه سطح

سامانه‌های آبیاری تحت فشار اجرا شده در کشور در برنامه اول، دوم و سوم توسعه به ترتیب ۲۲۹۳، ۷۰۱۷ و ۵۶۰۲ هکتار بوده است و از اواسط دهه ۸۰ یعنی با اجرایی شدن برنامه چهارم توسعه روند اجرای سامانه‌ها به صورت چشم‌گیری افزایش یافته است (کیانی و شاکر، ۱۳۹۸). یکی از برنامه‌های مهم افزایش بهره‌وری آب، افزایش میزان بازده آبیاری یا کاهش تلفات آب در داخل مزرعه به وسیله توسعه سامانه‌های نوین آبیاری از جمله سامانه نوین آبیاری تحت فشار در کشور است (شاهنوشی و همکاران، ۱۳۹۸). بهره‌وری آب یعنی نسبت عملکرد به مقدار آب به‌کاربرده شده برای گیاه تعریف می‌شود. دو راه عمده کلی برای افزایش بهره‌وری می‌توان به کاهش مصرف آب با حفظ تولید قبلی که با بهبود مدیریت آبیاری حاصل می‌شود و افزایش تولید یا افزایش ارزش در واحد آب مصرفی که با بهبود مدیریت تولید با ایجاد ارزش افزوده به‌دست می‌آید (کیانی و صداقت دوست، ۱۳۹۵).

مشکلات و چالش‌های سامانه‌های نوین آبیاری

چالش‌های اصلی سامانه‌های نوین آبیاری اجرا شده در کشور، میزان اثربخش بودن این فعالیت‌هاو تاثیر آن بر افزایش ذخایر آب موجود در کشور می‌باشد. در طی یک دهه گذشته در محافل کارشناسی پیرامون توسعه سامانه‌های نوین آبیاری و اثربخشی آن تردیدهایی مطرح شده است (شاکر و حسام، ۱۳۹۹). اگرچه در خصوص عدم صرفه‌جویی موثر آب در اثر تبدیل سامانه‌های موجود به آبیاری تحت فشار دلایلی و گمانه‌زنی‌های متعددی توسط کارشناسان ارائه می‌گردد، ولی برآیند نظرات به شرح زیر خلاصه می‌شوند:

توسعه سطح زیر کشت

انگیزه اقتصادی بالاترین محرک برای پذیرش یا عدم پذیرش یک رفتار جدید در بین بهره برداران کشاورزی محسوب می‌شود. با فرض اینکه سامانه‌ها در عمل از نظر کیفی به‌خوبی طراحی، اجرا و بهره‌برداری شده باشند، مکانیسمی برای کنترل و هدایت آب صرفه‌جویی شده وجود ندارد. به طوری که تقریباً در طراحی‌های سامانه نوین آبیاری بر مبنای حقابه درج شده در پروانه بهره‌برداری که در روش‌های سنتی هم همان مقدار بود، انجام می‌شود. خلاصه اینکه برداشت آب تفاوتی نکرده است. از آب صرفه‌جویی شده فرصت جدیدی برای تولید بیشتر و درآمد بیشتر برای کشاورزان به وجود می‌آید و در نتیجه برای کسب درآمد بیشتر مبادرت به توسعه اراضی خود ویا فروش آب به دیگر همسایگان می‌کنند.

سرعت کم در توسعه سامانه‌ها

رشد اندک در توسعه کمی سامانه‌ها ظرفیت لازم برای جبران کسری منابع آبی را ندارند. ملاحظه شد که در طی سی سال و تلاش مسئولان برای اجرای برنامه‌های آبیاری تحت فشا، تنها موفق به اجرای حدود ۴/۲ میلیون هکتار (حدوداً ۳۰ درصد) از اراضی کشور شدند. به عبارت دیگر اگر این شیوه‌ها در حفظ منابع آبی اثربخش هستند، نیاز است تا برنامه‌ها با رشد بیشتری همراه شوند.

کیفیت ادوات، اجرای نامطلوب و بهره‌برداری نادرست سامانه‌ها

در تحلیل ارائه شده در بالا قرض شده است که سامانه‌ها به لحاظ کیفی انتظارات را برآورده کرده باشند؛ اما در عمل نیز بررسی‌ها نشان داده است که اجرای سامانه‌های تحت فشار با مشکلات متعددی روبرو هستند به‌طوری که همه اهداف مورد

انتظار صرفه‌جویی منابع آب به دلیل مناسب نبودن ادوات مورد استفاده، طراحی، نحوه اجرا و بیشتر از همه بهره‌برداری و نگهداری نادرست محقق نشدند.

عدم کنترل در برداشت آب از منابع آبی

برای تعیین اثربخش بودن اجرای سامانه‌ها نیاز است تا برداشت آب از منبع در حوزه‌های مختلف در قبل و بعد از اجرا کنترل و مقایسه شوند. در حال حاضر این اطلاعات موجود نیست. با توجه به مشاهدات، منتقدین افت سفره‌های آب زیرزمینی را به اثربخش نبودن طرح‌های سامانه آبیاری تحت فشار نسبت می‌دهند. نه کاهش حجم روزافزون سطح سفره‌ها بیانگر عدم تأثیر اجرای سامانه‌ها است و نه افزایش عمق سطح سفره‌ها نشان دهنده اثربخش بودن آن‌ها است.

مصرف بیشتر آب در مقایسه با قبل از اجرای سامانه

روش‌های آبیاری تحت فشار به دلیل اینکه مقدار آب وارد شده به مزرعه را موثرتر در اختیار گیاه قرار می‌دهد و از سهم رواناب و نفوذ عمقی می‌کاهد در نتیجه قابلیت افزایش عملکرد را دارد. افزایش عملکرد به مفهوم افزایش مصرف آب است. به عبارت دیگر در روش‌های آبیاری تحت فشار فرصتی ایجاد می‌کند تا با افزایش سطح زیر کشت با توجه به میزان آب مازاد بعد از اجرای سامانه مصرف آب نسبت به روش‌های مرسوم بیشتر شود. درنتیجه برخی اعتقاد دارند که این شیوه‌ها در صرفه‌جویی برداشت از منابع آب موثر نبوده (کیانی و شاکر، ۱۴۰۰).

بحث و نتیجه‌گیری

سفره‌های آب زیرزمینی منبع مهم برای تامین آب شرب و کشاورزی هستند و عوامل گوناگونی مثل جاذبه زمین و سنگ‌های زیرزمین در به‌وجود آمدن آن‌ها نقش دارند. گرانش زمین که با کشیدن آب به سمت مرکز خود باعث نفوذ آب‌ها به دل زمین می‌شوند و فضای خالی بین سنگ‌هایی مانند ماسه، گرانیت و آهنک محل مناسبی برای انباشته شدن آب‌های زیرزمینی است. آبیاری یعنی کاربرد مصنوعی آب در اراضی کشاورزی به منظور افزایش تولیدات گیاهی. استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری در کشاورزی و تغییر شیوه‌های سنتی مهم‌ترین راهکار برای مدیریت بهینه مصرف آب و راندمان آبیاری در بخش کشاورزی می‌باشد. راندمان آب بیان کننده این است که چند درصد از آب ورودی به مزرعه به صورت مفید در اختیار گیاه قرار گرفته است و هدف اصلی طراحی این سیستم‌ها به حداقل رساندن میزان تلفات در استفاده از آب می‌باشد. راهکارهای بسیاری نظیر تغییر در الگوی کشت، استفاده از رسانه‌های برای فرهنگ سازی و آگاه کردن کشاورزان از اهمیت آب‌های زیرزمینی، قیمت‌گذاری برای منابع آبی و استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری به جای روش‌های سنتی وجود دارد. فناوری گلخانه‌ای از فناوری‌های نوین آبیاری که در آن با استفاده از فناوری کشت عمودی، فناوری‌های نوربخشیده و مصنوعی در گلخانه، بهره‌وری مصرف آب را افزایش می‌دهند. در این نوع کشت، گیاهان روی سازه‌ای افقی و چندیت طبقه و به صورت مرتفع و عمودی در محیط‌های دارای خاک یا بدون خاک کاشته می‌شوند. از دیگر سیستم‌ها می‌توان به فناوری ابرجاذب‌ها اشاره کرد که می‌توانند حجم زیادی از آب را در خود ذخیره کنند و پس از تورم نیز به همان حالت باقی بمانند. در فناوری بارورسازی ابرها هدف‌هایی از جمله افزایش مقدار بارش برای کاهش تاثیر خشکسالی در ناحیه‌های خشک و نیمه خشک، کاهش مقدار بارش به‌منظور کاهش خسارت سیل و ... دنبال می‌شود. سامانه آبیاری تحت فشار از اواخر دهه شصت آغاز و به طور مستمر ادامه دارد و هدف آن بهینه‌سازی مصرف آب و بهبود راندمان آبیاری می‌باشد. از آب‌های ژرف که از بارندگی تغذیه نمی‌شوند می‌توان برای فعالیت‌های کشاورزی از آن‌ها به عنوان یک سیستم نوین آبیاری بهره برد و اخرین فناوری مربوط به شیرین کردن آب دریا

است که به دو گروه غشایی و حرارتی تقسیم می‌شوند. اما سیستم‌های نوین آبیاری با وجود همه مزایایی که برای حفظ منابع آبی دارند با چالش‌هایی در کشور روبه‌رو هستند. چالش‌هایی از قبیل توسعه سطح زیر کشت، سرعت کم در توسعه سامانه‌ها، اجرای نامطلوب و بهره‌برداری نادرست سامانه‌ها، عدم کنترل در برداشت آب از منابع آبی و مصرف بیشتر آب در مقایسه با قبل از اجرای سامانه.

منابع

باعزم، زهرا و خزیمه‌نژاد، حسین (۱۳۹۹). بررسی نقش آموزش اثربخش بر مدیریت منابع آب از دیدگاه کشاورزان بیرجند در شرایط کم‌آبی. فصل‌نامه علمی پژوهش مدیریت آموزش کشاورزی، شماره ۵۵، ۸۰-۹۶.

بذرافشان، جواد؛ خلیلی، علی؛ زندپارسا، شاهرخ؛ سپاس‌خواه، علیرضا؛ علیزاده، امین و فرهودی، جواد (۱۴۰۱). واکاوی اسنادی فناوری‌های نوین آبیاری و آب کشاورزی در جهان و امکان بومی‌سازی آن‌ها در ایران. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۷(۲)، ۱۳۹-۱۵۸.

بلالی، حمید؛ سعدی، حشمت الله و وحدت ادب، رضا (۱۳۹۵). عامل‌های اقتصادی و اجتماعی موثر بر پذیرش تکنولوژی آبیاری تحت فشار در گندم زارهای شهرستان همدان. فصلنامه پژوهش مدیریت آموزش کشاورزی، ۸(۳۷)، ۸۵-۹۶.

جهانگیرپور، درنا و زیبایی، منصور (۱۴۰۰). بهینه‌سازی الگوی کشت در چارچوب اهداف کشاورزی اقلیم- هوشمند: مطالعه موردی شبکه آبیاری درودزن- ایران. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۵(۴)، ۴۰۷-۴۲۲.

حیدری تاشه کبود، شادیه و امامی، سمیه (۱۳۹۸). بررسی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های نوین. مجله نخبگان علوم و مهندسی، ۴(۲)، ۲۶۷-۲۸۱.

خبرگزاری ایسنا (۱۳۹۴). مدیریت منابع آب در ایران؛ نابودی سفره‌های آب زیرزمینی یا اقتصاد تشنه کرمان؟!. دسترسی به کد خبر: https://www.isna.ir/news/91030603335

خدابنده‌لو، نسیم (۱۳۹۹). شناخت آب‌های زیرزمینی و منشا تشکیل آن.

https://namatek.com/

درخشان، هاشم و عمرانیان، حمید (۱۳۹۶). حداکثر خشکسالی محتمل مبنایی برای حفظ دخایر استراتژیک آب زیرزمینی. آب و توسعه پایدار، ۴(۲).

دردی محمودی، محمد؛ مرادیان، علیرضا؛ اصغری مقدم، اصغر و ندیری، عطاالله (۱۳۹۴). آب زیرزمینی: بررسی هیدروژیوشیمیایی منابع آب دشت شیرامین. کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.

رزاقی بورخانی، فاطمه و میرترابی، مهدیه السادات (۱۳۹۹). مدل‌یابی بهینه به‌کارگیری فناوری‌های نوین حفاظت آب در میان کشاورزان. مجله تحقیقات اقتصاد وتوسعه کشاورزان ایران، ۲(۴)، ۷۰۱-۷۱۴.

شاکر، مجتبی و حسام، موسی (۱۳۹۹). نگرشی بر روند توسعه‌ی کمی سامانه‌های نوین آبیاری تحت فشار در کشور و نقش آن‌ها در کاهش مصرف آب. هفتمین همایش علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران.

شاهنوشی، ناصر؛ طاهرپور، حمید؛ فاطمی، متین و علامه، علی اصغر (۱۳۹۸). ارزیابی تاثیر طرح‌های آبیاری تحت فشار بر افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی مطالعه موردی: استان خراسان رضوی. مجله اقتصاد کشاورزی، ۱۳(۴)، ۱-۱۸.

شیرزادی لسکوکلایه، سمیه؛ صبوحی، محمود؛ داوری، کامران و کیخا، احمدعلی (۱۳۹۷). اثر سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر سطح تراز آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۰(۳)، ۱۸۷-۲۲۰.

طهماسبی، اصغر؛ عسکری بزایه، فاطمه؛ نورمحمدی، راضیه و رضوی‌زاده، سیدنورالدین (۱۳۹۹). تبیین تمایل کشاورزان به استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری در دهستان جوادآباد ورامین. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۴(۵)، ۱۶۸۶-۱۶۹۶.

ظریفیان، شاپور؛ رستمی، جواد و پیش بهار، اسماعیل (۱۳۹۹). عوامل موثر بر بکارگیری سیستم‌های نوین آبیاری در توسعه کشاورزی پایدار (مطالعه موردی: شهرستان بستان‌آباد، استان آذربایجان شرقی). نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۰(۳)، ۲۱۷-۲۲۹.

عباسی، فریبرز؛ ناصری، ابوالفضل؛ سهراب، فرحناز؛ باغانی، جواد؛ عباسی، نادر و اکبری، مهدی (۱۳۹۴). ارتقای بهره‌وری مصرف آب. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

علی یاری، یاسمن و علی یاری، غزل (۱۳۹۹). سیستم آبیاری هوشمند، سیستم نوین آبیاری در کشاورزی. هفتمین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین علوم و تکنولوژی با محوریت علم در خدمت توسعه.

عمیدپور، زهرا و غلامی سفیدکوهی، محمدعلی (۱۳۹۹). تاثیر سیستم آبیاری نوین بر تعادل‌بخشی به منابع آب زیرزمینی. پنجمین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران.

کاظم عطار، هستی؛ نوری، حمیده و ابراهیمیان، حامد (۱۳۹۹). تاثیر بهای واقعی آب بر گسترش سطح روش‌های آبیاری تحت فشار و بهبود بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری (مطالعه موردی: شبکه آبیاری دشت قزوین). مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۴(۲)، ۶۱۶-۶۲۵.

کیانی، علیرضا و شاکر، مجتبی (۱۳۹۸). تحلیلی بر مشکلات و موانع توسعه آبیاری تحت فشار. نشریه علمی مدیریت آب در کشاورزی، ۶(۱)، ۶۵-۷۴.

کیانی، علیرضا و شاکر، مجتبی (۱۴۰۰). بررسی اثربخشی سامانه‌های نوین آبیاری تحت فشار در ایران. نشریه مدیریت آب در کشاورزی، ۸(۲)، ۱۶۷-۱۸۲.

کیانی، علیرضا و صداقت دوست، امیر (۱۳۹۵). بهره‌وری آب و روش‌های بهبود آن. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی.

میثاقی، علی؛ انصاری، حسین؛ دواری؛ کامران و خاشعی سیوکی، عباس (۱۳۹۴). بررسی تاثیر توسعه سیستم‌های نوین آبیاری بر تغییرات سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش پویایی سیستم (مطالعه موردی: حوضه آبریز نیشابور). کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.

نادری مهدیی، کریم؛ جلیلیان، نسرین و سپهوند، فاطمه (۱۴۰۱). راهکارهای حفاظت از منابع آب در بخش کشاورزی استان کرمانشاه. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۸(۲)، ۶۱-۷۱.

AlMarzooqi, F.A., A.A. Al Ghaferi, I. Saadat and N. Hilal. (2014). Application of Capacitive Deionisation in water desalination: A review. Desalination, 342:3-15.

Asante, A.V. 2013. Smallholder Irrigation Technology in Ghana: Adoption and Profitability Analysis. MA thesis in Agribusiness and Extension, Faculty of Agriculture, Kwame Nkrumah University of Science and Technology.

Chuchird, R., Sasaki, N., & Abe, I. (2017). Influencing factors of the adoption of agricultural irrigation technologies and the economic returns: a case study in Chaiyaphum Province, Thailand. Sustainability, 9, 1524.

Conrad, G.K.Jr., G.W. Bomar, T.P. DeFelice, D.A. Griffith and D.W. Langerud. (2016). Guidelines for Cloud Seeding to Augment Precipitation. doi:10.1061/9780784408193. 19

FAO. (2017). Water for sustainable food and agriculture. A report produced for the G20 Presidency of Germany, Rome, and 2017.1-33pp.

Khadem H.2014.Irrigation. Available at:http://daneshnameh.roshd.ir.

Lahmers, T., and Susanna, E. 2018. Water and Irrigated Agriculture in Arizona, Arroyo. University of Arizona Water Resources Research Center, Tucson, AZ.

Lee, C., K.H. Chang, J.W. Cha, J.W. Jung, J.Y. Jeong, H.Y. Yang, S.K. Seo, J.Y. Bae, S.Y. Kang, Y.J. Choi. et al. (2010). Estimation for the economic benefit of weather modification (Precipitation enhancement and fog dissipation). Atmosphere, 20: 187–194,

Noroozi, O., & Chizari, M. (2006). Effective cultural and social factors regarding attitude of wheat farmers of Nahavand Township toward sprinkler irrigation development. Iranian Agricultural Extension and Education Journal, 2(2), 59-69.

Ostrand, M.S., T.M. DeSutter, A.L.M. Daigh, R.F. Limb and D.D. Steele. (2020). Superabsorbent polymer characteristics, properties and applications. Agrosystems, Geosciences & Environment, 3: e20074. https://doi.org/10.1002/agg2.20074

Sharma, N., S. Acharya, K. Kumar, N. Singh, and O.P. Chaurasia. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: an overview. J. Soil Water Conserv. 17(4):364–371.

Valizadeh N, 2003. The Perspective and Development Process of Pressure Irrigation in Iran. Tehran: Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID).

Wangmo, P., V.K. Jadoun and A. Agarwal. (2020). A Review on Solar Energy-Based Smart Greenhouse. In: Kumar H., Jain P. (eds) Recent Advances in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1071-7_52.

Zotalis, K., E.G. Dialynas, N. Mamassis and A.N. Angelakis. (2014). Desalination technologies: Hellenic experience. Water, 6: 1134-1150. https://doi.org/10.3390/w6051134