



فناوری های مورد نیاز برای ارتقای بهره وری

آب آبیاری

کمیسیون آب، محیط زیست و اقتصاد سبز

دیرخانه کمیسیون های تخصصی

عنوان گزارش: فناوری های مورد نیاز برای ارتقای بهره‌وری آب آبیاری

کمیسیون: آب، محیط زیست و اقتصاد سبز

تهیه کننده: حامد ابراهیمیان - فرشته بتوخته

انتشار: دبیرخانه کمیسیون های تخصصی اتاق ایران

شماره گزارش: ۰۱۹۶۸۹

بهار ۹۶

چکیده

امروزه فناوری‌های مختلفی برای مقابله با کم‌آبی و افزایش بهره‌وری آب معرفی شده‌اند. در این مقاله، فناوری‌های مختلف مورد نیاز برای ارتقای بهره‌وری آب آبیاری مورد بررسی قرار گرفت. کاهش قابل توجه تلفات آب با اصلاح جریان ورودی و ابعاد مزرعه در آبیاری سطحی، افزایش قابل توجه بهره‌وری آب در روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و زیرزمینی برای محصولات زراعی و باغی، کارایی قابل توجه فناوری‌های نوین در مدیریت صحیح آب در مزرعه (مانند سنسورهای مختلف، مالچ‌ها، لوله‌های دریچه‌دار، مدل‌های شبیه‌سازی و تکنیک کم‌آبیاری)، اهمیت استفاده از بذرها و ارقام اصلاح شده در افزایش بهره‌وری آب، ضرورت استفاده از تجهیزات و لوازم با کیفیت آبیاری و اهمیت آموزش و اطلاع‌رسانی به کشاورزان در مورد برنامه‌ریزی آبیاری و استفاده از فناوری‌ها از جمله یافته‌های اصلی این تحقیق می‌باشد. نتایج مطالعات حاکی از ضرورت استفاده از این فناوری‌ها به منظور استفاده بهینه از منابع آب با در نظر گرفتن پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری زیرسطحی، برنامه‌ریزی آبیاری، خودکارسازی، مدل شبیه‌سازی، کم‌آبیاری.

فهرست مطالب

۱- مقدمه.....	۲
۲- فناوری.....	۲
۱-۲- طراحی مناسب سیستم‌های آبیاری.....	۲
۲-۲- انتخاب مناسب روش آبیاری	۳
۳-۲- مدیریت صحیح آب در مزرعه.....	۷
۴-۲- استفاده از بذرها و ارقام اصلاح شده.....	۱۳
۵-۲- استفاده از تجهیزات و لوازم مناسب آبیاری.....	۱۵
۶-۲- آموزش و اطلاع رسانی به کشاورزان.....	۱۶
۳- جمع‌بندی.....	۱۷
منابع.....	۱۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۱- روند بکارگیری روش‌های آبیاری در کالیفرنیا از ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰.....	۷
جدول ۲- مقایسه بهره‌وری آب (WP) و عملکرد محصول (Yield) در سطوح مختلف آبیاری برای محصولات گندم و ذرت در مناطق مختلف.....	۱۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱- ایستگاه نظارت مزرعه WEB-TX4 شرکت هورتر.....	۹
شکل ۲- آب مصرفی و عملکرد توت فرنگی در مزارع کالیفرنیا با استفاده از سیستم‌های مدیریت آبیاری Hortau.....	۱۰

۱- مقدمه

کمبود آب یکی از مسائل همیشگی انسان از گذشته تاکنون بوده است. ایران همواره با مشکل کم آبی مواجه بوده است. از طرفی مصرف عمده آب در کشور به آبیاری اراضی کشاورزی اختصاص دارد. یکی از چالش‌های اصلی در کشور، مصرف بیش از حد آب توسط کشاورزان و عدم استفاده بهینه از منابع آب موجود است. افزایش بهره‌وری آب آبیاری به همراه کاهش مصرف آب در اراضی کشاورزی برای مقابله با مساله کم آبی کشور یک ضرورت است. مهم‌ترین دلایل پایین بودن بهره‌وری آب آبیاری در کشور شامل موارد زیر است:

- ۱- طراحی نامناسب سیستم‌های آبیاری،
- ۲- نامناسب بودن روش آبیاری،
- ۳- عدم مدیریت صحیح آب در مزرعه،
- ۴- عدم استفاده از بذرها و ارقام اصلاح شده،
- ۵- استفاده از تجهیزات و لوازم نامناسب آبیاری،
- ۶- عدم آموزش و اطلاع رسانی به کشاورزان.
- ۷- ضعف در مدیریت تغذیه
- ۸- مدیریت ضعیف مکانیزاسیون در عملیات داشت، کاشت و برداشت

بشر همواره در پی ابداع و استفاده از فناوری‌ها برای غلبه بر مسائل مختلف بوده است. فناوری‌های مختلفی برای مقابله با کم‌آبی و افزایش بهره‌وری آب ارائه شده است. در این نوشتار، فناوری‌های مورد نیاز برای ارتقای بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های زیر معرفی و بررسی شده است.

۲- فناوری‌ها

۲-۱- طراحی مناسب سیستم‌های آبیاری

امروزه با توسعه مدل‌های عددی به راحتی می‌توان عملکرد سیستم‌های مختلف آبیاری را شبیه‌سازی نمود و شاخص‌های مهم آبیاری نظیر راندمان کاربرد، نوع تلفات آب، یکنواختی و کفایت آب آبیاری را برای هر کدام از گزینه‌های طراحی تعیین کرد. مهم‌ترین و متداول‌ترین مدل‌های شبیه‌سازی آبیاری سطحی SIRM و WinSRFR هستند که در طراحی، مدیریت و ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی کاربرد دارند. افزایش قابل توجه راندمان آبیاری در سیستم‌های آبیاری سطحی با اصلاح ابعاد هندسی مزارع و مدیریت جریان آب ورودی در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است. به عنوان مثال، ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۳) تنها با تغییر دبی ورودی و زمان قطع جریان نشان دادند که راندمان کاربرد در آبیاری جویچه‌ای در یکی از مزارع کرج از ۳۴ به ۷۵ درصد قابل افزایش است. مدل SIRM به طور موفقیت‌آمیزی می‌تواند سیستم‌های مختلف آبیاری سطحی را شبیه‌سازی کند (ابراهیمیان و لیاقت، ۲۰۱۱). همچنین باتیستا و همکاران (۲۰۰۹) قابلیت مدل WinSRFR را در شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سیستم‌های مختلف آبیاری سطحی تایید کردند. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی WaterGEMS و Epanet در طراحی هیدرولیکی سیستم‌های آبیاری تحت فشار رایج است.

۲-۲- انتخاب مناسب روش آبیاری

در خیلی از موارد گزارش شده است که روش آبیاری در مزرعه به دلایل مختلف مانند بافت سبک خاک، توپوگرافی نامناسب، عمق کم خاک زراعی، کم بودن دبی ورودی، تلفات زیاد تبخیر و بادبردگی و عدم آشنایی کشاورز در راهبری سیستم آبیاری، مناسب نیست. از این رو، روش آبیاری باید متناسب با شرایط اقلیمی، زراعی، و آب و خاک مزرعه و همچنین متناسب با سطح آگاهی کشاورزان در استفاده از سیستم آبیاری انتخاب شود. هر چند دلیل اصلی کشاورزان برای تغییر سیستم آبیاری، کاهش مصرف آب نیست بلکه دلایل اصلی افزایش درآمد و بهره‌وری

اقتصادی، کاهش هزینه نیروی کارگری و کاهش هزینه پمپاژ آب می‌باشد. اما با محدود شدن منابع آب و کاهش حق‌آبه‌های کشاورزی، کشاورزان تمایل دارند تا استفاده موثری از منابع آب موجود نمایند.

۲-۲-۱- آبیاری سطحی

استفاده از روش‌های نوین آبیاری سطحی مانند آبیاری جویچه‌ای یک در میان، موجی (surge)، کابلی (cablegation)، جریان کاهشی (cutback) می‌تواند تلفات آب در مزرعه را به مقدار شایان توجهی کاهش دهد. مشکلات عمده در آبیاری سطحی، تلفات نفوذ عمقی و رواناب است که می‌توان با مدیریت آبیاری سطحی، راندمان آبیاری را افزایش داد و حتی آلودگی ناشی از آلاینده‌های کشاورزی را به حداقل رساند. آبیاری جویچه‌ای یک در میان یک روش کم آبیاری است که قادر است تلفات آبیاری در مزرعه را کاهش دهد. دو نوع مدیریت آبیاری برای این روش وجود دارد: جویچه‌ای یک در میان ثابت و جویچه‌ای یک در میان متغیر. ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۱) با آزمایشات مزرعه‌ای نشان دادند که آبیاری جویچه‌ای یک در میان منجر به افزایش ۱/۵ تا ۲ برابر بهره‌وری آب برای محصول ذرت همراه با کاهش جزئی عملکرد محصول شد. این در حالی بود که مصرف آب تا ۵۰ درصد نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای معمولی کاهش یافت. مدیریت جریان کاهشی در آبیاری سطحی باعث کاهش تلفات رواناب و افزایش بهره‌وری آب آبیاری می‌شود. در آبیاری موجی با قطع و وصل کردن جریان منجر به افزایش یکنواختی و کاهش تلفات آب به خصوص در خاک‌های سبک می‌شود. در آبیاری کابلی، مدیریت کاهش دبی ورودی با گذشت زمان وجود دارد که سبب کاهش قابل توجه تلفات آب می‌شود. هر دو روش آبیاری موجی و کابلی بیشتر در تحقیقات به کار برده شده است و کمتر در عمل مورد استفاده قرار گرفته است.

۲-۲-۲- آبیاری تحت فشار

روش‌های نوین آبیاری تحت فشار از جمله فناوری‌هایی است که منجر به افزایش قابل توجه بهره‌وری آب در ایران و جهان شده است. سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی و قطره‌ای وجود دارند که متناسب با شرایط مزرعه به کار می‌روند. در اینجا بنا نیست که مزایا و محدودیت‌های سیستم‌های مختلف آبیاری تحت فشار بیان شوند. اما در این مقاله دو فناوری نسبتاً جدید سیستم‌های آبیاری تحت فشار یعنی آبیاری قطره‌ای نواری (Tape) و آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (SDI) معرفی و تشریح می‌شوند.

۲-۲-۲-۱- آبیاری قطره‌ای نواری (Tape)

با توجه به مشکل خشکسالی یکی از مهم‌ترین راهکارهای افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی، توسعه آبیاری تحت فشار و به ویژه آبیاری موضعی یا قطره‌ای با لوله‌های تیپ است که اولین بار حدود ۵۰ سال پیش در ایالات متحده آمریکا تولید شده است. این روش برای آبیاری کشت‌های متراکم و ردیفی بسیار مناسب است. از نوار تیپ برای آبیاری قطره‌ای انواع سبزیجات، صیفی‌جات، گیاهان ردیفی، علوفه و کشت‌های گلخانه‌ای استفاده می‌شود. از جمله مزایای این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (قربانی نصرآباد، ۱۳۹۴):

- صرفه جویی در مصرف آب، کود، سموم و انرژی
- کاهش هزینه‌های تولید و ضایعات محصول و در نهایت اقتصادی بودن تولید
- کنترل رطوبت عمومی مزرعه و میزان مصرف آب
- مدیریت دقیق تر کود و سموم
- قیمت مناسب، نصب و جمع‌آوری سریع و آسان
- رشد و رسیدن یکنواخت محصول و افزایش عملکرد و کیفیت آن
- مدیریت دقیق شوری آب و خاک
- بهبود کیفیت و تهویه خاک و عدم ایجاد سله و روان آب
- استفاده بهینه از سطح زیر کشت
- استفاده با فشار پائین (دامنه فشاری بین ۳ تا ۱۰ متر)

- قابلیت کاربرد برای سیستم های کم فشار ثقلی (بدون استفاده از پمپ)
- عدم رسوب گیری به دلیل طراحی ویژه روزنه های ورودی آب و کانال زیگزاک هدایت کننده و مصرف یکساله آن

در همین راستا در سال های اخیر بحث استفاده از روش آبیاری قطره ای در گیاهان زراعی در سطح کشور مدنظر قرار گرفته و تا حدودی سطح استفاده از آن در حال گسترش است. طبق بررسی های انجام شده در کشت گندم، آبیاری با لوله های تیپ موجب افزایش ۱۵ تا ۳۰ درصدی عملکرد و افزایش ۵۰ درصدی بهره وری آب شده است (ترک نژاد و همکاران، ۱۳۸۵ و معیری، ۱۳۹۲). همچنین در زراعت سیب زمینی استفاده از روش آبیاری قطره ای تیپ موجب افزایش ۳۵ درصدی عملکرد و ۴۰ درصدی بهره وری آب شد (اخوان و همکاران، ۱۳۸۶). کشت گندم توسط نوارهای آبیاری قطره ای (تیپ) در مجتمع کشت و صنعت کمال طیور در پاییز ۹۴ در واحد سطح ۱۳۰ هکتار و همچنین توسط سنتریپوت در واحد سطح ۵۰ هکتار انجام گردید. در شرایط برابر مقدار مصرف آب در دستگاه سنتریپوت به میزان ۷ هزار و ۹۰۰ مترمکعب و در سیستم کلاسیک ثابت به میزان ۸ هزار و سیصد مترمکعب رسید که این مقدار در روش تیپ به ۴۳۰۰ مترمکعب رسیده بود. راندمان تولید در سیستم سنتریپوت ۶/۵ تن در هکتار بود. اما در روش تیپ برای سطح ۱۳۰ هکتار بالای ۱۰ تن می باشد (Hamoon-nourab.ir). در کشت ذرت بکارگیری روش آبیاری تیپ نسبت به جوی و پشته ای موجب کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، افزایش ۷/۸ درصدی عملکرد و افزایش ۵۱ درصدی بهره وری آب گردید (افضلی گروه و همکاران، ۱۳۹۱). سامانه های آبیاری قطره ای نواری از مزارع چغندرکاری موجود در اصفهان و چهارمحال و بختیاری در دو سال متوالی مورد ارزیابی قرار گرفت و با روش آبیاری جویچه ای در زمین زراع مقایسه گردید. از نظر کارایی مصرف آب در عملکرد قند ناخالص و قند قابل استحصال در سامانه های آبیاری قطره ای نواری و جویچه ای به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۷۸ و ۰/۶۵ و ۰/۵۳ به دست آمد. از لحاظ عملکرد ریشه و صفات مربوط به کیفیت محصول چغندر قند بین دو روش آبیاری قطره ای نواری و جویچه ای تفاوت معنی داری مشاهده نشد (سالمی و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۲-۲-۲- آبیاری قطره ای زیرسطحی^۱ (SDI)

مزایای مهم آبیاری قطره ای زیرسطحی شامل استفاده کارآمدتر از آب، کاهش و یا تقریباً حذف تبخیر سطحی، رواناب سطحی و نفوذ عمقی، امکان استفاده از آب هایی با کیفیت پایین بدلیل کاهش انتقال عوامل بیماری زا و عدم تماس انسان و حیوانات با آب در آبیاری قطره ای زیرسطحی، کاهش تنش های رطوبتی و اسمزی با افزایش دور آبیاری و یکنواختی بیشتر می باشد (آیز و همکاران، ۲۰۱۵). از دیگر مزایا می توان به افزایش رشد بوته، عملکرد و کیفیت تولید به دلیل قرار گرفتن مناسب آب و مواد غذایی در منطقه توسعه ریشه ها و در زمان مناسب اشاره کرد (وودرو و همکاران، ۲۰۰۸). با استفاده از آبیاری قطره ای زیرسطحی، سطح خاک اطراف گیاه خشک می ماند که در نتیجه آن شیوع بیماری های قارچی - که با رطوبت خاک زیرسطح سایه انداز گیاه رابطه مستقیم دارد، کاهش می باشد، استفاده از قطره چکان های زیر سطحی مواد شیمیایی را مستقیماً در اختیار ریشه گیاه قرار می دهند که باعث می شود کمترین تماس با سطح روبه خاک و آلودگی های ناشی از آن را داشته باشد. در این روش آبیاری، راندمان مصرف مواد شیمیایی کشاورزی افزایش می یابد و همچنین با خشک بودن سطح خاک از جوانه زدن علف های هرز جلوگیری کرده و در نتیجه نیاز به علف کش ها را کاهش می دهد (آیز و همکاران، ۲۰۱۵).

آبیاری قطره ای زیرسطحی بیش از ۳۰ سال است که در کالیفرنیا استفاده می شود و از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰، سطح مزارع آبیاری شده با سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی ۳۸۰ درصد افزایش داشته است (جدول ۱). افزایش عملکرد و کیفیت محصول، کاهش آب مصرفی، کاهش هزینه های زراعی برای کنترل علف های هرز، کوددهی، خاکورزی موجب تشویق کشاورزان برای گسترش این روش در مزارع کالیفرنیا شده است و هم اکنون آبیاری قطره ای زیرسطحی یک تکنولوژی در دسترس به منظور بهبود بهره وری آب می باشد (آیز و همکاران، ۲۰۱۵؛ جانسون و کودی، ۲۰۱۵).

جدول ۱- روند بکارگیری روش‌های آبیاری در کالیفرنیا از ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰

روش آبیاری	1991 (کیلومتر مربع)	1991 (%)	2001 (کیلومتر مربع)	2001 (%)	2010 (کیلومتر مربع)	2010 (%)	درصد تغییر در کیلومتر مربع (1991-2010)
سطحی	22258	67	16187	50	14164	43	-36
بارانی	5666	17	5261	16	4856	15	-15
قطره ای	5261	15	10927	33	12545	39	150
زیرسطحی	<405	1	405	2	405	3	380
مجموع	33589	100	33184	100	32780	100	-

صداقتی و همکاران (۱۳۹۱) روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی برای باغ پسته در کرمان را مقایسه کردند. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق در طی سه سال، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر و میزان آب ۶۰ درصد نیاز آبی نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی، منجر به ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب شد. همچنین آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از نظر صفات رویشی و زایشی درختان، صفات کمی و کیفی محصول، کارایی مصرف آب و چگونگی توزیع رطوبت و همچنین شوری در محدوده ریشه درختان بهترین روش آبیاری شناخته شد.

۲-۳- مدیریت صحیح آب در مزرعه

علی‌رغم استفاده از سیستم‌های نوین و مناسب آبیاری در مزرعه، در بسیاری از موارد مشاهده شده است که عملکرد سیستم آبیاری به دلیل مدیریت نامناسب آبیاری در مزرعه رضایت بخش نبوده است. برنامه‌ریزی آبیاری از اقدامات مهم و اساسی در مصرف صحیح آب آبیاری است که سیستم آبیاری باید براساس این برنامه‌ریزی عمل کند. راهکارهای مهم برای ارتقای مدیریت آب در مزرعه به منظور کاهش تلفات آب، افزایش عملکرد محصول و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب در ذیل آمده است:

۲-۳-۱- برنامه‌ریزی مناسب آبیاری

برنامه‌ریزی دقیق آبیاری از طریق روش‌های زیر امکان پذیر است:

- استفاده از اطلاعات هواشناسی برای تعیین زمان و عمق آبیاری
- استفاده از سنسورهای رطوبتی و گیاهی برای تشخیص زمان آبیاری و برنامه‌ریزی دقیق آبیاری
- خودکارسازی سیستم آبیاری برای آبیاری دقیق با استفاده از تجهیزاتی مانند شیرخودکار برقی، کنترلر، سنسورهای رطوبت خاک، پکیج هواشناسی و

به عنوان مثال، در سال ۱۹۸۲، سیستم اطلاعات مدیریت آبیاری کالیفرنیا (CIMIS) به عنوان یک پروژه تحقیقی توسط دانشگاه کالیفرنیا و سازمان حفاظت از منابع آب کالیفرنیا اجرا شد. CIMIS یک شبکه یکپارچه با بیش از ۲۴۹ ایستگاه هواشناسی خودکار، واقع در بسیاری از سایت‌های کشاورزی و شهری در سراسر کالیفرنیا می‌باشد. این سیستم اطلاعاتی به تولید کنندگان کشاورزی و مدیران محیط زیست کمک می‌کند تا بتوانند به بهترین شکل زمان آبیاری و مقدار آب مورد نیاز گیاهان خود را مدیریت کنند که این امر سبب بهبود مدیریت آب و انرژی از طریق اجرای شیوه‌های آبیاری کارآمد می‌گردد (اچینگ و مولن‌برندت، ۲۰۰۰). اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی در شبکه جمع‌آوری شده و به یک سیستم مرکزی در شهر ساکرامنتو^۱ منتقل می‌شود. پس از بررسی دقت داده‌ها، با استفاده از آنها مقدار تبخیر خاک و مقدار آب مصرف شده توسط چمن مرتع (تعرق) در اطراف ایستگاه‌های هواشناسی برآورد می‌گردد. داده‌های حاصل به عنوان مقدار تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_o) ارائه می‌شود. داده‌های تبخیر-تعرق گیاه مرجع از زمانی که در فرم‌ها ثبت می‌شود برای کاربران قابل دسترسی می‌باشد. تغییرات مقدار ET_o می‌تواند به عنوان یک راهنما در مورد تغییرات مقدار آب مصرفی توسط محصولات مختلف در طول زمان استفاده گردد. با استفاده از ضریب گیاهی (K_c) و ET_o، مقدار آب خالص مصرفی با یک دقت مناسب برآورد می‌شود. با این اطلاعات آبیاری می‌تواند یک برنامه آبیاری مناسب برای سیستم آبیاری

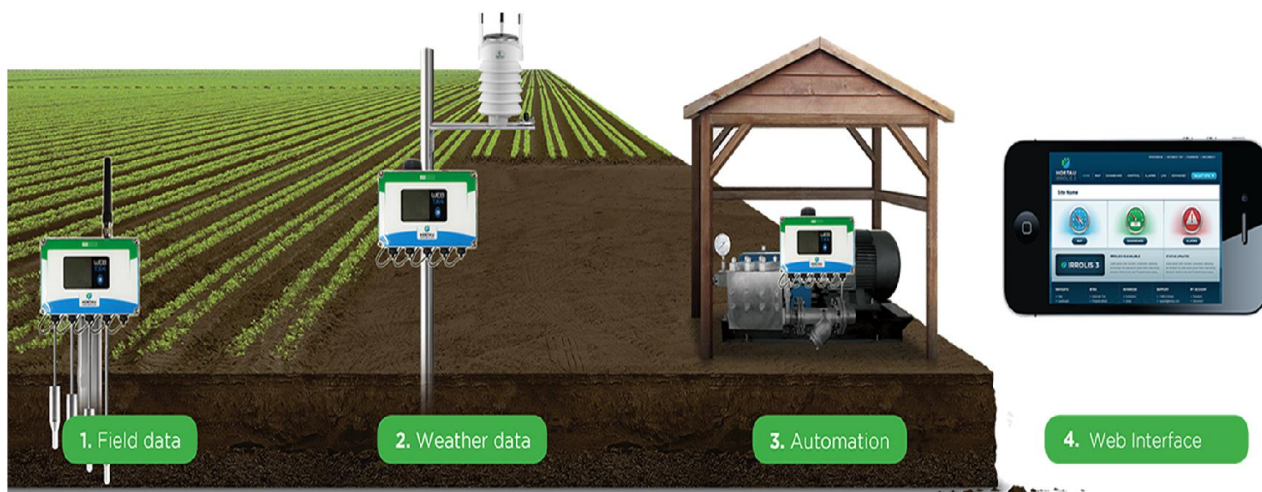
¹ Sacramento

خود ایجاد کند، در بسیاری از موارد، برنامه‌ریزی مناسب می‌تواند مقدار آب استفاده شده در طول یک فصل زراعی را کاهش و عملکرد محصول را بهبود بخشد. در سال ۱۹۹۵، بخش اقتصاد منابع در دانشگاه کالیفرنیا، یک نظرسنجی به منظور برآورد سود حاصل از CIMIS انجام داد. نتایج این نظرسنجی افزایش عملکرد و کاهش مصرف آب را نشان می‌دهد. برای ۵۴۰۰۰ هکتار از زمین‌های آبی که این بررسی انجام شده است، ۸ درصد افزایش سالانه عملکرد وجود دارد. نتایج این بررسی به طور متوسط کاهش ۱۳ درصدی مصرف آب را نشان می‌دهد. سود حاصل از کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد توسط دانشگاه کالیفرنیا ۳۲/۴ میلیون دلار برآورد گردید. با توجه به هزینه ۱/۱ میلیون دلاری، سود خالص سالانه حاصل از CIMIS حدود ۳۱/۳ میلیون دلار و در سطح ایالت نسبت سود به هزینه برای ۲۸ به ۱ می‌باشد (اچینگ، ۲۰۰۲).

همچنین راه‌حل‌های مدیریت آبیاری شرکت HORTAU از سال ۲۰۰۲ به تولیدکنندگان کمک کرده است تا با مدیریت آبیاری گیاه با استفاده از حسگرهای هوشمند تنش خاک، از رشد مطلوب گیاه اطمینان حاصل کرده و میزان مصرف آب و انرژی کاهش یابد. نظارت منظم بر تنش خاک کمک می‌کند تا تولیدکنندگان زمان دقیقی که یک محصول نیاز به آبیاری دارد را مشخص کنند، در نتیجه سلامت، کیفیت و عملکرد محصول افزایش می‌یابد. بر اساس مطالعات صورت گرفته به طور متوسط ۲۰ تا ۳۵ درصد کاهش مصرف آب و انرژی و افزایش ۱۰ تا ۵۰ درصدی عملکرد بدست آمده است. همچنین عملاً تلفات کود از طریق آبیاری به صفر می‌رسد و با افزایش سلامت محصولات زراعی حملات آفات و بیماری‌ها و استفاده از آفت‌کش‌ها کاهش می‌یابد.

مزایای ایستگاه نظارت مزرعه WEB-TX4 شرکت هورتا (شکل ۱) به شرح زیر است:

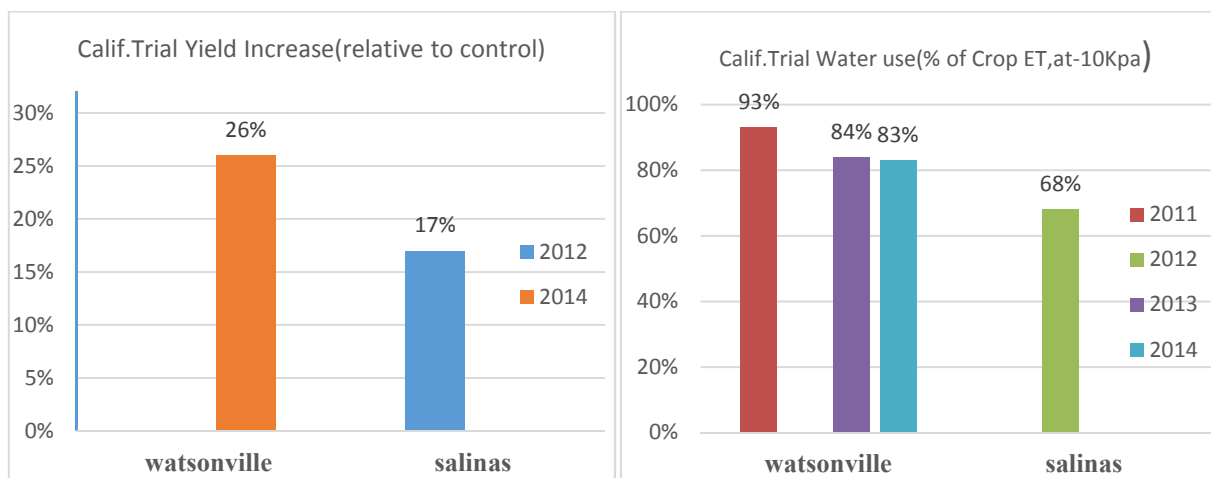
- ✓ نظارت بر تنش‌های گیاهی به صورت لحظه‌ای
- ✓ اندازه‌گیری رطوبت خاک
- ✓ انجام آبیاری به صورت خودکار
- ✓ اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی (دمای هوا، سرعت و جهت باد، رطوبت نسبی هوا و.....)
- ✓ هشدار زمان سرمازدگی گیاهان
- ✓ کنترل ایستگاه پمپاژ
- ✓ اندازه‌گیری فشار و میزان جریان در خطوط آبیاری



شکل ۱- ایستگاه نظارت مزرعه WEB-TX4 شرکت هورتا

از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ شرکت Hortau با تولیدکنندگان توت‌فرنگی کالیفرنیا همکاری داشته و برای ارزیابی سیستم‌های مدیریت آبیاری دقیق در مزارع توت‌فرنگی مناطق Watsonville و Salina واقع در کالیفرنیا، یک گروه محقق از تعاونی توسعه کالیفرنیا (UC) و دانشگاه لاول در Quebec تشکیل داد. پژوهش با استفاده از اشکال مختلف آبیاری دقیق و شیوه نظارت با استفاده از Hortau انجام شد. بر اساس نتایج بدست آمده در منطقه Watsonville، محققین با استفاده از سنسورها برای تعیین زمان آبیاری در سال ۲۰۱۱ با حفظ عملکرد، ۷ درصد و در سال

۲۰۱۳، ۱۶ درصد کاهش مصرف آب داشتند (شکل ۲). در سال ۲۰۱۴ علاوه بر ۱۶ درصد کاهش مصرف آب، ۲۶ درصد افزایش عملکرد بدست آوردند. در منطقه Salinas در سال ۲۰۱۲ با کاهش ۳۲ درصدی مصرف آب، ۱۷ درصد افزایش عملکرد بدست آوردند (HORTAU.com).



شکل ۲- آب مصرفی و عملکرد توت فرنگی در مزارع کالیفرنیا با استفاده از سیستم های مدیریت آبیاری Hortau

۲-۳-۲- استفاده از تکنیک کم آبیاری (deficit irrigation)

با توجه به محدودیت منابع آب توصیه می شود که کم آبیاری به عنوان یک گزینه کارآمد به منظور افزایش بهره‌وری آب در طرح‌ها و پروژه‌های آبیاری مدنظر قرار گیرد. کم آبیاری عبارت است از مصرف عامدانه و عالمانه کمتر آب و به عبارت دیگر استفاده بیشتر و بهتر از واحد حجم آب می باشد. کم آبیاری با کمتر آبیاری (less irrigation) متفاوت است. هدف اصلی از اجرای کم آبیاری افزایش بهره‌وری آب چه از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین بازدهی را دارند. گیاه، خاک، آب موجود و مدیر مزرعه از مهمترین عوامل موثر در مدیریت کم آبیاری می باشند. گیاه منتخب باید نسبت به کم آبی مقاوم و خاک باید دارای ظرفیت کافی برای ذخیره رطوبت بوده و محدودیتهای شوری و قلیائی نداشته باشد. مدیر مزرعه باید فرد کاردان و آگاه به فیزیولوژی رشد گیاه و تشخیص دهنده مراحل حساس رشد گیاه باشد. گیاهان در مراحل مختلف رشد واکنش‌های مختلفی به کم آبی دارند، لذا لازم است با شناخت کامل رفتار گیاه، به گونه‌ای که تأثیرات منفی به حداقل برسد زمان آبیاری تنظیم گردد. توجه به این نکته ضروری است که اجرای نادرست کم آبیاری در مزرعه خسارت اقتصادی شدیدی وارد خواهد نمود.

نتایج اعمال درصدهای مختلف کم آبیاری در کشت گندم و ذرت در آمریکا و سوریه نشان داد با کاهش ۳۳ درصد آب مصرفی نسبت به شرایط آبیاری کامل بهترین تیمار بوده است و با کاهش ۰/۴ و ۹/۵ درصد عملکرد، ۱۶ و ۲۲ درصد افزایش بهره‌وری در کشت گندم به ترتیب در آمریکا و سوریه و با کاهش ۱۶ درصدی عملکرد در کشت ذرت، ۷ درصد افزایش بهره‌وری بدست آمد (جدول ۲) (زانگ، ۲۰۰۳).

جدول ۲- مقایسه بهره‌وری آب (WP) و عملکرد محصول در سطوح مختلف آبیاری برای محصولات گندم و ذرت در مناطق مختلف

Wheat, Texas, USA		Wheat, Syria		Maize, Texas, USA		سطح آبیاری
عملکرد (ton/ ha)	بهره وری kg/m-3	عملکرد (ton/ ha)	بهره وری kg/m-4	عملکرد (ton/ ha)	بهره وری kg/m-4	
4.76	0.64	5.79	0.93	13.95	1.42	آبیاری کامل
4.74	0.76	5.24	1.19	11.36	1.53	67% آبیاری
3.88	0.8	5.15	0.99	6.62	1.21	33% آبیاری
2.19	0.61	3.27	0.93	1.36	0.43	دیم

۲-۳-۳- مدیریت به‌زرایی

اقدامات به‌زرایی مانند کاشت نشایی، کشاورزی حفاظتی (خاک‌ورزی مناسب) و تغییر تاریخ کاشت منجر به کاهش مصرف آب و استفاده حداکثر از باران می‌شود. همچنین مدیریت تغذیه گیاهان و مدیریت مناسب مکانیزاسیون در عملیات‌های کاشت، داشت و برداشت منجر به افزایش محصول و بهره‌وری آب کشاورزی خواهد شد. عملیات کودآبیاری نیز می‌توانند سبب کاهش تلفات و افزایش یکنواختی توزیع کود شوند که در نهایت بهره وری آب و کود در مزارع را افزایش می‌دهند.

۲-۳-۴- کاهش تلفات آب

۲-۳-۴-۱- استفاده از مالچ برای کاهش تبخیر

استفاده از مالچ‌ها یکی از راهکارهای افزایش بازده آبیاری و بهره وری آب است. مالچ‌ها به طور کلی به دو صورت آلی (مانند بقایای گیاهی) و غیر آلی (شیمیایی و معدنی) وجود دارند. استفاده از مالچ‌ها ضمن حفظ رطوبت خاک از طریق کاهش تبخیر از سطح خاک، مانع از رشد علف‌های هرز و در نتیجه کاهش مصرف آب شود (برای نارد و بیلاندر، ۲۰۰۴). علاوه بر این می‌توان به اثر استفاده از مالچ که باعث افزایش تا ۶۰ درصدی بهره‌وری مصرف آب، کارایی مصرف نیتروژن و کمک آن به مسائل زیست محیطی اشاره کرد (کوئین و همکاران، ۲۰۱۵). امروزه دستگاه نصب همزمان مالچ و لوله‌های تروا که توسط تراکتور حمل می‌شود ساخته شده‌اند که تلفات تبخیر آب را به شدت کاهش می‌دهد.

۲-۳-۴-۲- استفاده از لوله‌های دریچه‌دار برای کاهش تلفات نشت و تبخیر

لوله‌های دریچه‌دار به علت کاهش نفوذ عمقی و تبخیر سطحی آب حین انتقال و توزیع در زمین‌های زراعی باعث صرفه جویی در مصرف آب می‌شوند. لوله‌های دریچه‌دار قادرند عمل توزیع و انتقال کودهای شیمیایی را از طریق جریان آب به انجام رسانده، راندمان مصرف کود را افزایش دهند. نصب، راه اندازی و کاربرد این سیستم بسیار آسان است و نیاز به دوره‌های آموزشی خاصی ندارد و هزینه تعمیر و نگهداری آن ناچیز است. همچنین لوله‌ها پس از استهلاک قابل بازیافت بوده و بقایای آن سبب آلودگی محیط زیست نمی‌گردد. این لوله‌ها در زراعت‌های مختلف و همچنین در باغات میوه جهت آبیاری قابل استفاده است. از مزایای دیگر این روش می‌توان به مدیریت و بهره برداری ساده، آبسویی آسان، یکنواختی بیشتر در توزیع آب، حفظ انرژی بدون تاثیر در بازدهی محصول و امکان استفاده از آب با کیفیت پایین (از لحاظ فیزیکی و شیمیایی) در آبیاری بدون آسیب رساندن به سیستم (بر خلاف سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره ای) اشاره نمود (کریمی و بهرامی، ۱۳۸۴). نتایج ارزیابی‌های صورت گرفته در کشورهای مختلف جهان اعم از استرالیا، چین، مصر و ایران نشان می‌دهد که کاربرد لوله‌های دریچه‌دار در روش‌های آبیاری سطحی باعث کاهش مصرف آب به میزان ۲۸-۲۵ درصد و افزایش راندمان کاربرد آب تا حدود ۳۰ درصد نسبت به روش‌های سنتی می‌گردد (کریمی و بهرامی، ۱۳۸۴). مطالعات انجام شده در مصر نشان داد که استفاده از لوله‌های دریچه دار در کشت پنبه باعث افزایش ۶۱ درصدی محصول و کاهش ۲۹/۶ درصدی مصرف آب، در کشت گندم منجر به افزایش ۶۵ درصدی محصول و کاهش ۳۰ درصدی آب، در کشت ذرت باعث افزایش ۱۱۶ درصدی محصول و کاهش ۱۴/۵ درصد مصرف آب، و در کشت برنج باعث افزایش ۵۳/۶ درصدی محصول و کاهش ۱۹/۷ درصدی مصرف آب گردید (البنا عثمان، ۲۰۰۲). براساس مطالعات صورت گرفته توسط قدمی فیروزآبادی و سیدان (۱۳۸۸) برای کشت سیب‌زمینی در شهرستان

کیودرآهنگ همدان، استفاده از لوله‌های دریچه دار موجب افزایش ۴۴ تا ۲۷ درصدی عملکرد محصول و کاهش ۲۲/۷ درصدی مصرف آب و افزایش ۱۳۲ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به روش سنتی شد.

۲-۳-۵- استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی برای مدیریت آب در مزرعه

استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی یکی از فناوری‌های کارا، کاربردی و کم هزینه است که می‌توان از آنها برای مدیریت آب در مزرعه و ارتقای بهره‌وری آب استفاده نمود. با کاربرد این مدل‌ها می‌توان بسیاری از محاسبات پیچیده مربوط به حرکت آب و املاح و گرما در خاک، طراحی سیستم‌های آبیاری و زهکشی و... را به سرعت انجام داده و تأثیر هر پارامتر را روی شاخص‌های مختلف به راحتی ارزیابی نمود. همچنین به منظور مدیریت یکپارچه‌ی آب در مزرعه برای سیستم‌های مختلف آبیاری، محصول، خاک و کیفیت آب آبیاری می‌توان از این مدل‌ها استفاده کرد که ابزاری بسیار مفید برای کارشناسان و مدیران است. مدل‌های شبیه‌سازی مانند AquaCrop، SALTMED، SWAP و... به منظور مدیریت آب در مزرعه و تعیین اثربخشی گزینه‌های مختلف مدیریتی بر افزایش بهره‌وری آب به کار می‌روند. نکته مهم در استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی، ضرورت واسنجی و صحت سنجی مدل‌ها با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای است. توانایی مدل‌های AquaCrop، SALTMED و SWAP در شبیه‌سازی عملکرد محصول ذرت تحت تنش‌های آبی و شوری در منطقه کرج توسط حسن‌لی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش شده است.

۲-۴-۲- استفاده از بذرها و ارقام اصلاح شده

منابع ژنتیکی به همراه آب و خاک به عنوان منابع پایه‌ای سه گانه بخش کشاورزی محسوب می‌شوند. منابع ژنتیکی در بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک نیز نقش محوری دارند. در کشورهایی مانند ایران که با محدودیت آب و خاک زراعی و تنش‌های شدید محیطی روبرو هستند، ذخایر ارزشمند منابع ژنتیکی در افزایش و پایداری تولید در حفاظت منابع آب، خاک و محیط زیست نقش اساسی دارد. صنعت بذر با گسترش توان تولید، افزایش راندمان، سرعت تولید ارقام جدید و حفظ خلوص ژنتیکی این ارقام، نقش حیاتی بر عهده داشته است. کیفیت مناسب بذر و نهال اثرات مختلفی بر مقدار محصول دارد و بررسی‌های به عمل آمده حاکی از این است که اعمال مدیریت زراعی، در افزایش بهره‌وری آب نقش عمده‌ای دارد و امکان دستیابی به عملکردهای بالا به ازاء آب مصرفی وجود دارد.

۲-۴-۱- رقم‌های زودرس

تولید و معرفی ارقام زودرسی که بدون کاهش عملکرد قابل توجه به تعداد دوره‌های آبیاری کمتری جهت رسیدن نیاز دارند، بالتبع آب کمتری مصرف خواهند نمود و موجب افزایش بهره‌وری آب خواهد شد. بنابراین با معرفی ارقام زودرس می‌توان با به تعویق انداختن تاریخ کاشت برخی محصولات در سه ماهه نخست سال که میزان مصرف آب کشاورزی بالا است، آبی مصرف نشود. به طور مثال ارقام ذرت با ده روز زودرس‌تر بودن یک دور آبیاری کمتر نیاز دارند. رقم فجر و دهقان که از ارقام داخلی ذرت هستند با تولیدهای مناسب حدود ۷-۸ تن دانه با رطوبت ۱۴٪ و طول دوره رسیدگی ۱۱۰ و ۱۱۵ روز نسبت به رقم ۷۰۴ حدود یک ماه زودرس‌تر بوده و در نتیجه سه دور آبیاری کمتر نیاز دارد. از آنجا که در هر دور آبیاری کرتی به طور متوسط حدود ۱۰۰۰ مترمکعب آب در یک هکتار مصرف می‌شود بنابراین حدود ۳۰۰۰ مترمکعب آب در هکتار صرفه‌جویی می‌شود (استخر و استخر، ۱۳۸۸).

۲-۴-۲- رقم‌های مقاوم به تنش‌های آبی و شوری

تنش‌های محیطی از قبیل شوری (خاک و آب) و تنش کم‌آبی یکی از موانع اصلی در تولید محصولات زراعی و باغی است. در حال حاضر استفاده از گیاهان و ارقام مقاوم به شوری و کم آبی یکی از مهم‌ترین روش‌های مؤثر در بهره‌برداری و افزایش عملکرد هکتاری در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در سال‌های اخیر ارقام مختلف گندم متحمل به شوری مانند رقم سیستان با متوسط عملکرد ۴۳۲۳ کیلوگرم در هکتار، گندم بم با متوسط عملکرد ۴۸۵۶ کیلوگرم در هکتار، اکبری با متوسط عملکرد ۴۵۲۹ کیلوگرم در هکتار و رقم ارگ با میانگین عملکرد ۵۴۷۰ کیلوگرم در هکتار در اراضی تحت تنش شوری با EC آب و خاک معادل ۱۰-۱۲ دسی زیمنس بر متر

و همچنین ارقام گندم متحمل به کم آبی مانند رقم پیشگام که میانگین عملکرد آن در شرایط آبیاری معمول ۸۷۳۸ کیلوگرم در هکتار و در شرایط آبیاری محدود ۵۱۴۶ کیلوگرم در هکتار و مناسب برای کشت در شرایط آبیاری محدود و کم آبیاری آخر فصل مناطق سرد و رقم سپاهان با متوسط عملکرد ۱۰/۳۱ تن در هکتار مناسب برای کشت در مناطق معتدل مواجه با تنش خشکی را معرفی کرد.

۲-۵- استفاده از تجهیزات و لوازم مناسب آبیاری

متأسفانه در مواردی گزارش شده است که تجهیزات و لوازم آبیاری که در مزارع مورد استفاده قرار می‌گیرند دارای کیفیت مناسبی نیستند و منجر به ضرر و زیان به کشاورزان و کاهش بهره‌وری آب شده است. اقدامات مهمی که می‌توان در این زمینه انجام داد شامل کنترل کیفی لوازم آبیاری، آگاه‌سازی کشاورزان در خصوص تاثیر کیفیت لوازم آبیاری بر بهره‌وری آب و استفاده از قطره‌چکان‌ها و آبیاری‌های مناسب پمپ‌های دور متغیر است.

۲-۵-۱- قطره‌چکان‌ها

یکی از مهم‌ترین ابزارهای بکار رفته در آبیاری قطره‌ای، قطره‌چکان است. در یک سیستم آبیاری قطره‌ای، قطعات مختلفی مانند لوله‌ها، پمپ، اتصالات و فیلتراسیون عمل انتقال آب را از منبع آب به گیاهان انجام می‌دهند. ولی نهایتاً این قطره‌چکان‌ها هستند که آب را به میزان مورد نیاز در اختیار گیاهان قرار می‌دهند. انتخاب قطره‌چکان مناسب در یک سیستم آبیاری یکی از تخصصی‌ترین موارد طراحی می‌باشد، چرا که تامین حیات گیاه را تضمین می‌نماید. عدم توجه به مشکلات قطره‌چکان‌ها باعث کاهش یکنواختی پخش آب، افزایش مدت کار سیستم و تعویض پیوسته قطره‌چکان‌ها می‌گردد. علاوه بر این، قطره‌چکانها در مشخصات هیدرولیکی شبکه نیز تاثیرگذار بوده و همه این عوامل باعث شده تا کارخانه‌جات بسیاری اقدام به تولید این قطعه با مشخصات فنی مختلف نمایند.

۲-۵-۲- آبیاری‌ها

آبیاری به عنوان وسیله پخش آب نقش کلیدی در عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی دارد. اندازه قطره‌های تولید شده توسط آبیاری‌ها کاربرد زیادی در طراحی و ارزیابی این سیستم‌ها دارند. فشار و قطر نازل بر روی عوامل مختلفی تاثیر دارند که عبارتند از اندازه قطره‌های آب، قطر پراکنش، انرژی برخورد آب به خاک و شدت پخش آب. اندازه قطره‌های آب نقش مهمی در میزان تلفات بادرگگی و تبخیر، کوبش خاک و آسیب به محصول و خاک دارد. آگاهی از اندازه قطره‌های تولید شده از آبیاری‌ها برای انتخاب آبیاری متناسب با نیازهای طراحی و دارای کمترین آسیب به خاک و محصول از اهمیت زیادی برخوردار است. الگوی پاشش آبیاری، الگوی هم پوشانی، بیشینه و کمینه فشار هر آبیاری، شعاع پاشش و قطر پراکنش و شدت پخش از جمله موارد مهمی است که در ارزیابی و انتخاب آبیاری‌ها باید در نظر گرفته می‌شود.

۲-۵-۳- استفاده از پمپ‌های دور متغیر

در سال‌های اخیر به دلیل مزایای بسیار زیاد سیستم‌های دور متغیر از قبیل فشار خروجی نسبتاً ثابت، عدم نوسانات شدید فشار، مصرف انرژی پایین و کمتر شدن استهلاک قطعات مکانیکی، از این سیستم‌ها در بوستر پمپ بصورت فراگیر استفاده می‌گردد. در این سیستم‌ها با تغییر فرکانس الکتروموتور از طریق اینورتر (Inverter)، دور موتور تغییر می‌کند. با تغییر دور موتور منحنی فشار و دبی پمپ نیز به تبع آن دچار تغییر می‌گردد و با دورهای مختلف در یک فشار ثابت، می‌توان دبی‌های مختلفی را در خروجی پمپ داشت. نوع ایستگاه پمپاژ و روش‌های بهره‌برداری از آن در تلفات آب و انرژی نقش موثری دارد. با توجه به تقاضای متغیر دبی و فشار در طول فصل آبیاری، بر اساس مطالعه انجام گرفته، میزان تلفات آب در ایستگاه‌های پمپاژ معمول، حتی با فرض طراحی ایده‌آل، بر حسب نوع ایستگاه ۱۶ تا ۳۶ درصد است. یکی دیگر از مسائل مهم در ایستگاه‌های پمپاژ ایجاد فشار مازاد بر نیاز است که در پمپ‌های دور ثابت صورت می‌گیرد و علاوه بر کاهش عمر پمپ‌ها و افزایش نشت در خطوط لوله باعث مصرف بی‌هوده انرژی نیز می‌شود. نتایج نشان داد عملکرد پمپ‌های دور متغیر کاملاً مناسب و تلفات آب و انرژی ناچیز است (دلفان آذری و پرورش‌ریزی، ۱۳۹۴).

۲-۶- آموزش و اطلاع‌رسانی به کشاورزان

عدم آموزش و اطلاع‌رسانی کشاورزان در راهبری سیستم آبیاری یکی از دلایل عدم موفقیت بسیاری از پروژه‌های سیستم‌های آبیاری تحت فشار در کشور بوده است. نقش کشاورزان در موفقیت پروژه‌های آبیاری بسیار حیاتی است. آموزش و توانمندسازی کشاورزان و مشارکت آنها در پروژه‌های آبیاری برای کشاورزی پایدار یک ضرورت است. اقدامات زیر برای نیل به این هدف مهم پیشنهاد می‌شود:

- تقویت و سازماندهی تشکلهای و تعاونی‌های مردمی و دولتی و بررسی نقش آنها (در صورت وجود) در مصرف آب و تولید محصول
- بررسی سطح آگاهی و ظرفیت جوامع محلی در روستاهای مورد مطالعه از وضعیت موجود منابع آب منطقه و شرایط آن در آینده، تکنیک‌های کاهش مصرف آب و ارتقای بهره‌وری آب
- برگزاری کارگاه‌های اعتمادسازی و ورود به جامعه محلی آب در روستاهای منطقه مورد مطالعه با هدف استخراج دیدگاه‌های کشاورزان (به ویژه کشاورزان خرد) در مورد صرفه‌جویی مصرف آب
- برگزاری کارگاه‌ها با هدف آگاه‌سازی کشاورزان در مورد اهمیت نقش آنها در صرفه‌جویی مصرف آب، استفاده پایدار از منابع آب و ارتقای بهره‌وری آب
- استفاده از ابزارهای رسانه‌ای برای افزایش آگاهی کشاورزان مانند ایجاد شبکه تلویزیونی، شبکه‌های مجازی، نصب تابلوهای اطلاع‌رسانی در روستاها و

با حمایت اتحادیه اروپا، پروژه‌ای به نام ECOWATER برای بررسی بهبود آبیاری با استفاده از فناوری‌ها در جنوب شرق ایتالیا و جنوب پرتغال اجرا شد (لویدو و همکاران، ۲۰۱۴). مشکل تامین آب و شوری خاک در منطقه Sinistra Ofanto در جنوب شرق ایتالیا و افزایش قیمت آب در منطقه Monte Novo_ در جنوب پرتغال وجود دارد. به همین دلیل کشاورزان هر دو منطقه تمایل زیادی به استفاده از فناوری‌های آبیاری داشتند (سال ۲۰۱۳). با بررسی‌های انجام شده، مشخص شد که کشاورزان به طور کلی فاقد دانش کافی برای صرفه‌جویی آب به خصوص از نظر برنامه‌ریزی آبیاری بودند. ایجاد سیستم تبادل دانش (knowledge-exchange system) در هر دو منطقه مورد مطالعه یک ضرورت تشخیص داده شد. همچنین پیشنهاد شد که با برگزاری کارگاه‌ها برای افزایش آگاهی و جمع‌آوری نظرات و چالش‌های کارشناسان محلی و کشاورزان، استفاده موثرتری از فناوری‌های آبیاری برای کاهش تلفات آب و افزایش بهره‌وری آب به عمل آید.

در این مقاله، فناوری‌های مختلف برای ارتقای بهره‌وری آب آبیاری معرفی شدند. نتایج مطالعات حاکی از ضرورت استفاده از این فناوری‌ها در کشور به منظور استفاده بهینه از منابع آب است. موضوع پایداری در ارتقای بهره‌وری آب از اهمیت بالایی برخوردار است. پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی استفاده از فناوری‌های ارتقای بهره‌وری آب بایستی مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. همچنین تخصیص آب آبیاری با پیاده‌سازی این فناوری‌ها باید کاهش یابد تا فشار روی منابع آب (خصوصاً آب‌های زیرزمینی) تشدید نشود. با توجه به بررسی‌های انجام شده، جمع‌بندی این مقاله به شرح زیر است:

- ✓ کاهش قابل توجه تلفات آب با اصلاح جریان ورودی و ابعاد مزرعه در آبیاری سطحی
- ✓ افزایش قابل توجه بهره‌وری آب در روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و زیرزمینی برای محصولات زراعی و باغی
- ✓ استفاده از فناوری‌های نوین در مدیریت صحیح آب در مزرعه
- ✓ اهمیت استفاده از بذرها و ارقام اصلاح شده در افزایش بهره‌وری آب
- ✓ لزوم کنترل کیفی لوازم آبیاری: استفاده از تجهیزات و لوازم با کیفیت آبیاری
- ✓ ضرورت آموزش و اطلاع‌رسانی به کشاورزان در مورد برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت آب در مزرعه
- ✓ ضرورت بررسی پایداری استفاده از فناوری‌های ارتقای بهره‌وری آب

منابع

- استخر، ا. و استخر، م. ۱۳۸۸. جایگزینی ارقام متوسط رس و زودرس ذرت در جهت مصرف کمتر آب، همایش ملی مدیریت بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی مرودشت.
- اخوان، س.، موسوی، ف.، مصطفی زاده فرد، ب. و قدمی فیروزآبادی، ع. ۱۳۸۶. بررسی آبیاری تیپ و شیاری از لحاظ عملکرد و کارایی مصرف آب در زراعت سیبزمینی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۴۱ الف): ۲۶-۱۵
- افضلی گروه، ه.، آسودار، م.ا. و خدارحم پور، ز. ۱۳۹۱. تاثیر روش آبیاری و سطوح خاک ورزی بر کارایی مصرف آب و عملکرد ذرت در کرمان، نشریه دانش آب و خاک. ۲۲(۳): ۴۷-۵۸
- ترک نژاد، ا.، آقایی سربزه، م.، جعفری، ح.، شیروانی، ع.ر.، روئین تن، ر.، نعمتی، ع. و شهبازی، خ. ۱۳۸۵. ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای در گندم و مقایسه آن با روش آبیاری سطحی، نشریه پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۲: ۳۶-۴۴
- دلفان آذری، م. و پرورش ریزی، ع. ۱۳۹۴. کاربرد پمپ‌های دور متغییر در طراحی و بهره برداری سامانه های تقاضامدار آبیاری، نشریه تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۶(۱): ۴۸-۴۱
- صدائتی، ن.، حسینی فرد، ج. و محمدآبادی، ا.م. ۱۳۹۱. مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶(۳): ۵۸۵-۵۷۵
- قدمی فیروزآبادی، ع. و سیدان، م. ۱۳۸۸. ارزیابی فنی و اقتصادی آبیاری با لوله‌های کم فشار (هیدروفلوم) و مقایسه آن با آبیاری سنتی در شرایط زارعی. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
- قربانی نصرآبادی، ق. ۱۳۹۴. معرفی آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ). نشریه ترویجی. ۲۱۱: ۱۲-۱
- کریمی، ب. و صمدی بهرامی، ر. ۱۳۸۴. بهبود روش‌های آبیاری سطحی با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار (هیدروفلوم). کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه. ۲۲۲-۲۰۹
- معیری، م. ۱۳۹۲. تعیین پتانسیل کارایی مصرف آب ارقام گندم در روشهای مختلف آبیاری (بارانی، قطره‌ای و سطحی) در شرایط اقلیمی مختلف کشور. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی.
- Ayars, J.E., Fulton, A., Taylor, B. 2015. Subsurface drip irrigation in California-Here to stay?. *Agricultural Water Management*. 157(2015):39-47
- Bautista, E., Clemmens, A. J., Strelkoff, T. S., & Schlegel, J. (2009). Modern analysis of surface irrigation systems with WinSRFR. *Agricultural Water Management*, 96(7), 1146-1154.
- Brainard, D. C., & Bellinder, R. R. (2004). Weed suppression in a broccoli-winter rye intercropping system. *Weed Science*, 52(2), 281-290.
- Ebrahimian, H., Liaghat, A. 2011. Field evaluation of various mathematical models for furrow and border irrigation systems. *Journal of Soil and Water Research*, 6(2):91-101.
- Ebrahimian H., Liaghat A., Parsinejad M., Abbasi F., Navabian M. 2011. Yield production and water use efficiency under conventional and alternate furrow fertigations. ICID's 21st International Congress on Irrigation and Drainage, Tehran, Iran.
- Ebrahimian H., Liaghat A., Parsinejad M., Playan E., Abbasi F., Navabian M., Latorre, B. 2013. Optimum design of alternate and conventional furrow fertigation to minimize nitrate loss. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 139(11): 911-921.
- Eching, S., Moellenberndt, D. 2000, CIMIS. California irrigation management information system, Agriculture resource book
- Eching, S., 2002, Role of technology in irrigation advisory services: the CIMIS experience, Irrigation advisory services and participatory extension in irrigation management, Workshop organized by FAO-ICID
- El-Banna Osman, H., 2002, Evaluation of surface irrigation using gated pipe techniques in filed crops and old horticultural farm"; Agricultural Engineering Research Institute, Egypt

Hassanli, M., Ebrahimian, H., Mohammadi, E., Rahimi, A., & Shokouhi, A. (2016). Simulating maize yields when irrigating with saline water, using the AquaCrop, SALTMED, and SWAP models. *Agricultural Water Management*, 176, 91-99.

Johnson, R., Cody, B.A. 2015. California agricultural production and irrigated water use, Congressional research service

- Levidow, L., Zaccaria, D., Maia, R., Vivas, E., Todorovic, M., Scardigno, A. (2014). Improving water-efficient irrigation: prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management*, 146, 84-94.
- Qin, W., Hu, C., & Oenema, O. (2015). Soil mulching significantly enhances yields and water and nitrogen use efficiencies of maize and wheat: a meta-analysis. *Scientific reports*, 5.
- Salemi.H.R., Jahadakbar.M.R.,Nikooie.A.R.2014. Evaluation of furrow and drip irrigation tape methods in sugar beet fields. *Journal of Sugar Beet*. 29(2):93-99.
- Woodrow, J.E., Seiber, J.N., LeNoir, J.S., Krieger, R.I. 2008. Determination of methyl isothiocyanate in air downwind of fields treated with metam-sodium by sub-surface drip irrigation. *J. Agric. Food Chem.* 56 (16), 7373–7378.
- Zhang.H., 2003, Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement. CAB eBooks, Chapter 19 (page no: 301-309).
- WWW.HORTAU.COM, Improving Irrigation Management Through Scientifically-Proven Results
WWW.Hamoon-nourab.ir/کشت گندم توسط نوار های آبیاری قطره ای (تیپ)