



اتاق بازرگانی، صنایع
معادن و کشاورزی شیراز



وزارت جهاد کشاورزی
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی
و منابع طبیعی استان فارس

اصول و ابزارهای برنامه‌ریزی آبیاری مزارع و باغ‌ها



نویسنده:
محمدعلی شاهرخ‌نیا

نشریه فنی، شماره ۲۵

سال ۱۳۹۵



اتاق بازرگانی، صنایع
معادن و کشاورزی شیراز

شیراز، خیابان قصردشت، بالاتر از چهار راه زرگری، بخش کوچه ۳۳، تلفن:
کد پستی: ۷۱۸۶۷-۸۹۵۶۵ صندوق پستی: ۷۱۳۳۵-۳۳۳۱
تلفن: ۰۷۱-۳۶۲۹۴۹۰۱-۹ فکس: ۰۷۱-۳۶۲۹۴۹۱۰
www.sccim.ir



اصول و ابزارهای برنامه ریزی آبیاری مزارع و باغ ها

نگارش: دکتر محمدعلی شاهرخ‌نیا
(موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی)

سال انتشار: ۱۳۹۵



اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی شیراز

عنوان نشریه: اصول و ابزارهای برنامه‌ریزی آبیاری مزارع و باغ‌ها

نگارش: محمدعلی شاهرخ‌نیا

ناشر: اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی شیراز

سال انتشار: ۱۳۹۵

شمارگان: ۳۰۰۰

شماره ثبت در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی: ۴۹۰۴۸ مورخ

۱۳۹۴/۱۲/۲۵

طراحی و چاپ: انتشارات فرهنگ پارس / ۰۷۱-۳۲۳۴۷۸۳۶

شیراز . خیابان قصرالدشت بالاتر از چهار راه زرگری نبش کوچه ۷۳ الف.

کد پستی: ۷۱۸۶۷-۸۹۵۶۵ صندوق پستی: ۱۷۷۱-۷۱۳۴۵

تلفن: ۰۷۱-۳۶۲۹۴۹۰۱-۹ فکس: ۰۷۱-۳۶۲۹۴۹۱۰

www.sccim.ir

مخاطبان نشریه:

کلیه‌ی کارشناسان، مروجان، مهندسان ناظر و کشاورزان

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با

- آشنایی با مفهوم صرفه جویی در مصرف آب

- آشنایی با مفهوم مدیریت آب در مزرعه

- آشنایی با مفهوم برنامه ریزی آبیاری

- آشنایی با ابزارهای برنامه ریزی آبیاری

آشنا خواهید شد.

مقدمه

میزان بارندگی در کشور ایران حدود یک سوم متوسط بارندگی دنیا است. از طرف دیگر میزان تبخیر آب در کشور حدود ۳ برابر متوسط تبخیر در کره زمین است. بنابراین میزان آب وارد شده به کشور از طریق بارندگی نسبت به میزان آب تبخیر شده کم بوده و بیشتر آب مورد نیاز کشاورزی از منابع آب زیرزمینی یا چاه‌ها تامین می‌گردد. آب چاه‌ها با همان سرعتی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، پر نمی‌شود. بنابراین لازم است نهایت دقت در مصرف آب موجود در کشور به ویژه آب‌های زیرزمینی انجام شود تا در سال‌های آینده کشاورزی به تعطیلی نگراید.

قسمت اعظم آب موجود در کشور در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج تحقیقات نشان داده است که میزان آبی که در مزارع و باغات کشور مصرف می‌شود بیشتر از حد مورد نیاز بوده که نه تنها خسارت غیرقابل جبرانی به منابع آبی وارد نموده، بلکه بعلت شستشوی مواد غذایی خاک، حداکثر محصول نیز تولید نشده است. از دیگر مضرات استفاده از آب زیادتر از حد، افزایش هزینه‌های تولید محصول می‌باشد. بنابراین باید مقدار آب آبیاری به اندازه‌ای باشد که هم میزان و کیفیت محصول تولیدی زیاد باشد، هم هزینه‌های تحمیل شده به کشاورزان برای تولید محصول کم شود و هم امکان کشاورزی تا سال‌های بیشتری در آینده فراهم باشد. این اهداف با مدیریت آب در مزرعه امکانپذیر می‌گردد. مهمترین هدف یا بخش در مدیریت آب در مزرعه، انجام آبیاری به اندازه و به موقع یا برنامه ریزی آبیاری است.

مطابق شکل (۱)، نیاز آبی واقعی یک گیاه در طول فصل رشد یا در طول سال مقدار ثابتی نیست (خط ۱). در ابتدای فصل، نیاز آبی

فهرست مطالب

۷	مقدمه
۸	تعریف برنامه ریزی آبیاری
۹	منافع مورد انتظار در برنامه ریزی آبیاری
۱۲	شرایط حصول موفقیت بیشتر در برنامه ریزی آبیاری
۱۲	اطلاعات مورد نیاز برای برنامه ریزی آبیاری
۱۳	معرفی ابزارهای معمول برنامه ریزی آبیاری
۱۷	استفاده از دمای پوشش گیاه
۱۸	پتانسیل آب برگ
۱۸	روش تبخیر سنجی
۲۰	انواع دستگاههای اندازه گیری رطوبت خاک
۲۱	سامانه‌های برنامه ریزی آبیاری اتوماتیک و هوشمند
۲۲	نتایج تحقیقات اخیر در زمینه برنامه ریزی آبیاری
۲۳	نتیجه گیری و توصیه ها
۲۴	منابع

آبیاری بهترین زمان و مقدار آبیاری را نشان می‌دهد، که بیشترین و بهترین محصول با کمترین هزینه تولید می‌گردد.

■ منافع مورد انتظار در برنامه ریزی آبیاری

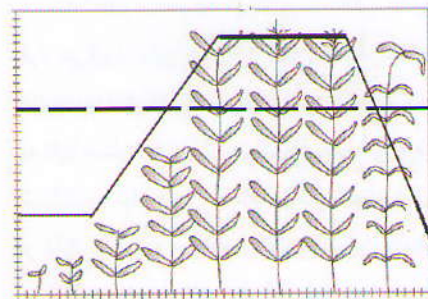
- ۱- صرفه جویی در مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری
 - ۲- افزایش کمیت و کیفیت محصول
 - ۳- کاهش هزینه پمپاژ شامل هزینه‌های سوخت، برق و تعمیرات موتور پمپ
 - ۴- کاهش هزینه‌های کارگری و پرسنلی برای آبیاری
 - ۵- نیاز کمتر به کف کنی چاه‌ها و در نتیجه کاهش هزینه‌های مربوطه
 - ۶- کاهش هزینه کوددهی با کاهش شستشوی مواد مغذی خاک
 - ۷- کاهش شوری آب‌های زیرزمینی
 - ۸- حفاظت بیشتر از محیط زیست با کاهش آلودگی آب و خاک
 - ۹- کاهش فرسایش منابع آب و خاک
- برنامه ریزی آبیاری شامل روش‌های مختلف بوده و برای استفاده از هر روش نیز ابزارهایی وجود دارد.

روش‌های موجود برای برنامه ریزی آبیاری عبارتند از:

آبیاری بر اساس یک برنامه از پیش تعیین شده

در این روش با استفاده از داده‌های هواشناسی و فرمول‌های مختلف تخمین نیاز آبی گیاه و سایر پارامترها، نیاز آبی گیاه از قبل تخمین زده می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان مقدار آب مورد نیاز گیاه را در یک ماه یا یک هفته و یا حتی یک روز خاص در سال را از پیش تخمین زد و بر اساس آن آبیاری را انجام داد. به نیاز آبی خالص گیاه باید مقداری آب برای شستن نمک‌های خاک و مقداری آب

کم است. سپس به تدریج افزایش پیدا کرده و به حداکثر مقدار خود می‌رسد. در انتهای فصل رشد، مجدداً نیاز آبی کاهش پیدا کرده و برای گیاهان زراعی در موقع برداشت محصول به صفر می‌رسد. مشاهده گردیده که در بسیاری از مزارع و باغات آبیاری با دور یا مقدار ثابتی انجام می‌شود. این موضوع ممکن است باعث شود در ابتدا و انتهای فصل آبیاری بیش از حد انجام شود و در اواسط فصل که نیاز آبی بیشتر است، آبیاری کمتر انجام شود و میزان محصول تولیدی کاهش یابد (خط ۲). با برنامه ریزی آبیاری می‌توان مطابق با نیاز آبی واقعی گیاه آبیاری نمود تا هم به اندازه آب مصرف شود و هم محصول کاهش پیدا نکند.



شکل ۱- تغییرات نیاز آبی گیاه در طول فصل

■ تعریف برنامه ریزی آبیاری

برنامه ریزی آبیاری به معنی آبیاری به اندازه و به موقع است. یعنی به گونه ای عمل شود که اولاً زودتر از تاریخی که گیاه نیاز به آب دارد، آبیاری شروع نشود و ثانیاً مقدار آب آبیاری به اندازه ای باشد که بتواند در خاک ذخیره شده و به صورت رواناب یا نفوذ عمقی از دسترس ریشه خارج نگردد. بنابراین برنامه ریزی آبیاری، همیشه به معنی کم آب مصرف کردن نیست. بلکه ممکن است در بعضی مزارع یا باغات نیاز باشد آبیاری بیشتری انجام شود. برنامه ریزی

نیز برای جبران راندمان سیستم اضافه نمود. برای تخمین این مقادیر فرمول‌های خاصی وجود دارد که کارشناسان آبیاری از آن اطلاع دارند. مقدار آب داده شده را می‌توان با کنتور یا سایر وسایل اندازه‌گیری آب عبوری کنترل نمود. باید دقت نمود که میزان آب آبیاری داده شده در هر نوبت، از میزان ظرفیت نگهداری آب خاک بیشتر نباشد. چون در این صورت، آب مازاد ظرفیت نگهداری خاک از دسترس ریشه خارج می‌گردد. بنابراین در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای حدوداً ۲ تا ۳ بار در هفته آبیاری انجام می‌شود.

آبیاری بر اساس زمان آبیاری مزارع مجاور

در این روش، زمان و مقدار آبیاری در یک باغ یا مزرعه بر اساس باغات یا مزارع مجاور که با باغ یا مزرعه مورد نظر شباهت دارند تعیین می‌شود. این روش ممکن است دقت زیادی نداشته باشد ولی کم‌هزینه و راحت می‌باشد.

اندازه‌گیری شاخص‌های نشان دهنده استرس گیاه

با اندازه‌گیری بعضی از خصوصیات گیاه می‌توان به زمان شروع تنش آبی در گیاه پی برد و آبیاری را آغاز نمود. مثلاً دمای پوشش سبز گیاه، پتانسیل یا فشار آب در برگ یا ساقه گیاه، مقاومت روزنه‌های برگ از جمله این شاخص‌ها می‌باشند. معمولاً عمل اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه و سایر شاخص‌های تنش گیاه در ساعت‌های نزدیک به ظهر که هوا گرم‌تر بوده و تنش وارده به گیاه بیشتر است انجام شود.

اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش‌های مختلف

خاک اطراف ریشه گیاه مانند ظرف آبی است که ریشه گیاه به هر اندازه که نیاز داشته باشد از آب آن برداشت می‌نماید. با مصرف آب، رطوبت خاک به اندازه‌ای می‌رسد که دیگر امکان

برداشت آب توسط ریشه وجود ندارد و گیاه دچار تنش می‌شود. بنابراین با اندازه‌گیری مستمر رطوبت خاک یا پارامترهای دیگر که نشان‌دهنده میزان رطوبت خاک می‌باشند، می‌توان زمان شروع و مقدار آب آبیاری مورد نیاز یا زمان خاتمه آبیاری را تعیین نمود. انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک، دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار منفی یا مکش آب در خاک (تانسیومتر)، دستگاه‌های اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی خاک (بلوک گچی) از ابزارهای مورد استفاده در این روش می‌باشند. عمل قرائت رطوبت خاک را در هر ساعتی از روز می‌توان انجام داد. لیکن معمولاً اندازه‌گیری در صبح انجام می‌شود و در صورت فرا رسیدن زمان شروع آبیاری، آبیاری انجام می‌شود. مقدار آب آبیاری باید به اندازه‌ای باشد که رطوبت خاک پس از اتمام آبیاری به رطوبت ظرفیت مزرعه برسد. البته در اینجا نیز باید مقداری آب اضافه برای شستشوی نمک‌های خاک و راندمان سیستم در نظر گرفت که توسط کارشناسان آبیاری قابل محاسبه است.

تبخیر سنجی

با اندازه‌گیری مقادیر آب تبخیر شده از تشتک تبخیر نیز می‌توان نیاز آبی گیاه را برآورد نمود و بر اساس آن آبیاری را انجام داد. معمولاً اندازه‌گیری در صبح انجام می‌شود و در صورت فرا رسیدن زمان شروع آبیاری، آبیاری انجام می‌شود.

ترکیبی از روش‌های فوق

ممکن است با هدف افزایش دقت، از یک یا چند ابزار فوق به صورت همزمان استفاده شود.

■ شرایط حصول موفقیت بیشتر در برنامه ریزی آبیاری

اگرچه می‌توان در مزارع یا باغاتی که تاکنون بدون برنامه آبیاری می‌شده‌اند، بلافاصله برنامه ریزی آبیاری را آغاز نمود، لیکن برای حصول موفقیت بیشتر و پایدارتر بهتر است مراحل زیر مد نظر قرار گیرد.

- ۱- بررسی سیستم آبیاری از نظر راندمان، مقدار عمق آب، مزایا و معایب
 - ۲- انتخاب یک روش درست از میان روش‌های برنامه ریزی آبیاری
 - ۳- پایش و ارزیابی روش انتخابی در مزرعه در یک فصل زراعی
 - ۴- بررسی نتایج و نتیجه‌گیری نهایی برای فصل زراعی آتی
- قبل از انتخاب روش مناسب برنامه ریزی آبیاری در مزرعه، باید هدف از آبیاری دقیقاً مشخص شود. اهداف زیر را می‌توان در آبیاری یک مزرعه یا یک باغ در نظر داشت:

- ۱- بیشتر کردن میزان محصول یا عملکرد در واحد آب مصرفی
- ۲- بیشتر کردن میزان محصول یا عملکرد در واحد انرژی مصرفی
- ۳- بیشتر کردن میزان محصول یا عملکرد در واحد مساحت مزرعه یا باغ
- ۴- بیشتر کردن سود خالص

■ اطلاعات مورد نیاز برای برنامه ریزی آبیاری

برای برنامه ریزی آبیاری به اطلاعاتی از آزمون آب و خاک مزرعه یا باغ نیاز می‌باشد. با در اختیار داشتن اطلاعات بافت خاک مانند درصد رس، سیلت و شن، باید میزان رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) و رطوبت نقطه پژمردگی (PWP) را تخمین زد. زمان شروع آبیاری رطوبتی بین این دو مقدار می‌باشد. برای تعیین این حد از رطوبت از

ضریب آب سهل الوصول استفاده می‌شود. مقدار این ضریب برای گیاهان مختلف، متفاوت بوده و در کتاب‌های آبیاری آورده شده است. پارامتر مورد نیاز دیگر، عمق ریشه گیاه می‌باشد که برای آن نیز جداولی وجود دارد. برای تعیین نیاز آبتوی به اطلاعات شوری آب آبیاری و شوری عصاره اشباع خاک نیاز می‌باشد. راندمان سیستم آبیاری نیز پارامتر مهمی است که بر میزان آب آبیاری داده شده اثر گذار است. توصیه شده است که در یک هکتار از مزرعه یا باغ حداقل یک بوته یا درخت مورد بررسی یا اندازه‌گیری قرار بگیرد، لیکن به جهت ملاحظات اقتصادی، می‌توان تعداد اندازه‌گیری را، یک بوته بازای هر ۳ تا ۵ هکتار در نظر گرفت.

■ معرفی ابزارهای معمول برنامه ریزی آبیاری

■ بلوک‌های گچی

بلوک‌های گچی بصورت سنسورهای مکعبی یا استوانه‌ای شکل می‌باشند. بلوک‌های گچی بعلت متخلخل بودن، رطوبت محیط اطراف را جذب کرده و با محیط به تعادل می‌رسند. هرچه رطوبت خاک بیشتر باشد مقاومت الکتریکی کمتری را نشان می‌دهند. این بلوک‌ها را میتوان از سرامیک، مواد پلاستیکی یا مواد دیگر نیز تهیه نمود. بلوک گچی و سنسورهای مشابه دارای منافع زیر می‌باشند.

- ۱- می‌توان اندازه‌گیری رطوبت خاک را به صورت پیوسته انجام داد.

۲- نسبت به بیشتر ابزارهای دیگر اقتصادی و ارزان می‌باشند.

۳- پس از یکبار واسنجی، محاسبات کمی نیاز ندارند.

۴- می‌توان به راحتی آنها را در خاک کارگذاری نمود.

و معایب آنها عبارتند از:

- ۱- با گذشت زمان فرسوده شده و دقت خود را از دست می‌دهند.
 - ۲- در خاک‌های شنی کارایی خوبی ندارند.
 - ۳- به دما و شوری خاک حساس می‌باشند.
- در شرایط خوب می‌توان از بلوک‌ها برای ۲ تا ۳ فصل زراعی استفاده نمود. اما طول عمر بلوک‌های گچی در شرایط معمولی حدود ۶ ماه یا یک فصل زراعی است. خاک‌های قلیایی عمر این بلوک‌ها را کاهش می‌دهند. بلوک‌های گچی در رطوبت‌های بالای خاک حساسیت کمتری دارند و برای رطوبت‌های پایین مناسب‌ترند. اما با وجود محدودیت‌های ذکر شده بلوک‌های گچی وسیله‌ای مناسب برای اندازه‌گیری رطوبت خاک می‌باشند. شکل (۲) و (۳) به ترتیب یک بلوک گچی استوانه‌ای و دستگاه قرائت‌گر آن را نشان می‌دهد.



شکل ۳- دستگاه قرائت‌گر بلوک گچی



شکل ۲- بلوک گچی استوانه‌ای



شکل ۴- بلوک گچی نصب شده در یک مزرعه ذرت

با اتصال دستگاه قرائت‌گر به بلوک گچی و فشار دکمه‌های مربوطه، عددی بر روی دستگاه نمایش داده می‌شود. در نوعی که در شکل‌های فوق نمایش داده شده است، عددی بین صفر تا ۱۰۰ نشان داده می‌شود. عدد ۱۰۰ نشان دهنده رطوبت اشباع خاک و عدد صفر نیز نشان دهنده رطوبت خاک نزدیک به صفر می‌باشد. بسته به بافت خاک گیاه و با استفاده از گراف‌های ارائه شده توسط کارخانه، می‌توان عددی که باید آبیاری در آن آغاز شود را به دست آورد.

تانسیومتر

تانسیومتر وسیله‌ای است که بوسیله آن می‌توان مکش آب خاک و سپس رطوبت خاک را تعیین نمود (شکل ۵ و ۶). تانسیومتر برای نشان دادن مکش آب خاک به مدت زمانی جهت به تعادل رسیدن با محیط احتیاج دارد. کلاهی متخلخل آن ممکن است در اثر مواد معدنی موجود در خاک یا رشد موجودات زنده مسدود شود. تانسیومتر عدد مکش از صفر تا ۸۰ سانتی بار را نشان می‌دهد. عدد صفر نشان دهنده رطوبت اشباع و اعداد بالاتر نشان دهنده رطوبت‌های کمتر خاک است. زمان شروع آبیاری باید با توجه به آزمون خاک و توسط یک متخصص آبیاری تعیین شود. ولی به طور کلی می‌توان گفت زمان شروع آبیاری در خاک‌های با بافت سبک حدود ۱۸ تا ۲۰، متوسط حدود ۳۰ تا ۳۵ و در خاک سنگین‌تر حدود ۵۰ تا ۶۰ سانتی بار می‌باشد. منافع تانسیومتر عبارتند از:

- ۱- ارزان قیمت هستند.
- ۲- کار با آنها ساده و راحت است.
- ۳- اگر به دقت نگهداری شوند برای مدت طولانی قابل استفاده هستند.



شکل ۶- تانسیومتر
نصب شده در کنار
درخت پرتقال

■ استفاده از دمای پوشش گیاه

کمبود و تنش آبی گیاه باعث افزایش دمای برگ می‌شود. از رابطه بین کمبود فشار بخار و تفاوت بین دمای گیاه و دمای هوای محیط، می‌توان به عنوان شاخصی برای نشان دادن استرس گیاهی استفاده نمود. کمبود فشار بخار با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی قابل محاسبه است. دمای پوشش سبز گیاه را می‌توان به وسیله دماسنج مادون قرمز که وسیله‌ای ارزان قیمت است تعیین نمود (شکل ۷). اگر اختلاف دمای گیاه و دمای هوای محیط به یک حد بحرانی برسد، باید آبیاری آغاز شود. این حد برای گیاهان مختلف متفاوت است و از تحقیقات به دست می‌آید. برای تعیین زمان خاتمه آبیاری بهتر است از روش‌های دیگر استفاده نمود. در این روش حد بحرانی برای شروع آبیاری در ماه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. مثلاً برای مرکبات حدود $(+3)$ درجه در ماه‌های سرد (زمستان) تا (-3) درجه در ماه‌های گرم (تابستان) متفاوت می‌باشد. برای ذرت این حد از حدود $+1$ در اوایل و اواخر فصل رشد تا صفر در زمان حداکثر نیاز (ماه‌های تیر و مرداد) متغیر است. برای ذرت میزان نیاز آبی در مراحل اولیه رشد، حداقل، در مرحله توسعه گیاه، متوسط، در گلدهی و پر شدن دانه، عمیق و در

- ۴- می‌توان از آنها جهت اتوماسیون آبیاری استفاده نمود. اگر از اتیلن گلیکول در آن استفاده شود می‌توان در شرایط یخ زدگی از آن استفاده نمود. معایب تانسیومتر عبارتند از:
 - ۱- حداکثر مکش قابل اندازه‌گیری با آن حدود ۸۰ سانتی بار می‌باشد، که چون دامنه کمی از رطوبت خاک را نشان می‌دهد برای خاکهای شنی مناسب تر است.
 - ۲- برای تعیین مقدار آب آبیاری نیاز به منحنی مشخصه رطوبتی خاک می‌باشد.
 - ۳- ممکن است در حین عملیات زراعی یا کارگذاری شکسته شود.
 - ۴- نیاز به نگهداری و سرویس منظم دارد.
 - ۵- چون خاک بالای نقطه اندازه‌گیری دست خورده می‌شود، آب باران یا آبیاری ممکن است مماس با بدنه تانسیومتر به پایین نفوذ کرده و ایجاد خطا نماید.
 - ۶- بین زمان تغییر رطوبت خاک و عدد قرائت شده تاخیر وجود دارد.



شکل ۵- تانسیمی

مرحله رسیدن دانه، در حد متوسط می‌باشد.



شکل ۷- دماسنج
مادون قرمز دستی

■ پتانسیل آب برگ

با تعیین پتانسیل آب برگ نیز می‌توان زمان ایجاد استرس در گیاه را تشخیص داد. از این روش بیشتر برای امور تحقیقاتی استفاده می‌شود. وسیله تعیین پتانسیل آب برگ، بمب فشاری یا محفظه فشاری نام دارد (شکل ۸). از این وسیله بعلت هزینه زیاد تر و احتیاج به نیروی آموزش دیده کمتر در عمل استفاده می‌شود اما برای آزمودن یا واسنجی روش‌های دیگر مناسب می‌باشد.



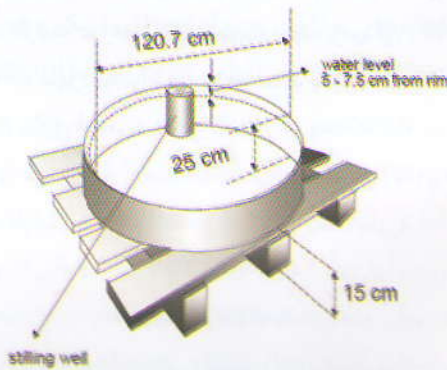
شکل ۸- نمونه‌هایی از دستگاه بمب فشاری

■ روش تبخیر سنجی

یکی از روش‌های برنامه‌ریزی آبیاری، تخمین آب مصرفی گیاه و جبران نمودن آن می‌باشد. تخمین آب مصرفی می‌تواند به کمک تشتک تبخیر صورت گیرد (شکل ۹). برای استفاده از این روش نیاز

به تخمین ضریب تشتک، ضریب گیاهی و دیگر ضرایب مورد لزوم می‌باشد. برای کارایی بیشتر تشت‌های تبخیر باید از رشد جلبک‌ها در آن جلوگیری کرد. همچنین از به وجود آمدن زنگ‌زدگی و لکه بر کف و بدنه تشت جلوگیری کرد. همینطور از آغشته شدن آب تشت با هر نوع روغن و خوردن آب تشت توسط حیوانات و پرندگان. به منظور استفاده از تشت تبخیر برای برنامه‌ریزی آبیاری، باید برای گیاهان مختلف و شرایط مختلف ضرایب مربوطه محاسبه شود. میزان تبخیر و تعرق گیاه که با این روش تخمین زده می‌شود، از فرمول زیر قابل محاسبه است. در این فرمول Kc ضریب گیاهی، Kp ضریب تشتک، و E_p مقدار تبخیر از تشتک است. ضریب تشتک بسته به رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و شرایط دیگر بین 0.4 تا 0.85 متغیر است که به طور متوسط می‌توان آنرا حدود 0.6 در نظر گرفت. ضریب گیاهی نیز ضریبی است که برای گیاهان مختلف متفاوت بوده و با تحقیقات یا از طریق جداولی به دست می‌آید.

$$ET_p = Kc \cdot Kp \cdot E_p$$



شکل ۹- نمایی از یک تشتک تبخیر استاندارد

■ انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک

با دستگاه‌های رطوبت سنج خاک می‌توان رطوبت خاک را اندازه‌گیری نمود و به محض رسیدن رطوبت خاک به حد مورد نظر، آبیاری را انجام داد. این دستگاه‌ها تنوع زیادی دارند. انواع نوترون متر، تی دی آر (TDR)، اف دی آر (FDR)، در این دسته قرار می‌گیرند. رطوبت خاک را به روش دستی یا وزنی نیز می‌توان اندازه‌گیری کرد که روشی کم هزینه ولی وقت‌گیر می‌باشد که عملاً کمتر برای برنامه‌ریزی آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از دستگاههایی که اخیراً برای اندازه‌گیری رطوبت خاک و برنامه‌ریزی آبیاری مورد توجه قرار گرفته، رطوبت سنج ECH_۰ می‌باشد که شبیه به دستگاه TDR می‌باشد. این وسیله نسبت به سایر دستگاه‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک ارزان تر بوده و دارای سنسورهایی به طول ۲۰، ۱۰ و ۵ سانتیمتر می‌باشد. طبق ادعای کمپانی سازنده خطای اندازه‌گیری این دستگاه تا ۳ درصد بوده و شوری خاک بر دقت آن اثری ندارد (شکل ۹). برای تعیین زمان شروع آبیاری (R)، در این روش نیاز به در اختیار داشتن مقدار رطوبت ظرفیت مزرعه (FC)، رطوبت نقطه پژمردگی (PWP) و ضریب آب سهل الوصول (a) می‌باشد. ضریب آب سهل الوصول بخشی از میزان آب در دسترس را نشان می‌دهد که گیاه مورد نظر به راحتی می‌تواند آن را جذب نماید. آب در دسترس (AW) تفاوت رطوبت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی می‌باشد. یعنی:

$$AW = FC - PWP$$

$$R = FC - (a \cdot AW)$$

بنابراین مقدار عمق آب خالص آبیاری (W) برابر است با:

$$W = (FC - R) \cdot B \cdot D$$

که در آن D عمق ریشه گیاه و B جرم مخصوص ظاهری خاک است. مقدار فوق آب آبیاری خالص است و باید به آن نیاز آبتیابی و مقداری آب به دلیل اینکه راندمان سیستم کمتر از ۱۰۰ درصد است، اضافه شود. مقدار ضریب آب سهل الوصول برای گندم، چغندر قند، مرکبات، میوه جات، علوفه و ذرت حدود ۰/۵ می‌باشد. این ضریب برای هویج، انگور، خربزه و نخود حدود ۰/۳۵ و برای زیتون، پنبه و نیشکر ۰/۶۵ است.



شکل ۱۰- دستگاه رطوبت سنج خاک ECH_۰

■ سامانه‌های برنامه‌ریزی آبیاری اتوماتیک و هوشمند

ابزارها و ادوات برنامه‌ریزی آبیاری که در فوق به آنها اشاره شد معمولاً به صورت دستی مورد استفاده قرار می‌گیرند. لیکن می‌توان با اتصال آنها به سامانه‌های الکتریکی و الکترونیکی، شروع و خاتمه آبیاری را به صورت خودکار انجام داد. به عبارت دیگر، ابزار برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از سامانه‌های الکترونیکی به پمپ یا شیرهای برقی متصل شده و عمل وصل و قطع جریان آب بدون دخالت مستقیم انسان انجام می‌شود. هزینه تهیه و سرویس این گونه سیستم‌ها و پیچیدگی آنها بیشتر از سیستم‌های دستی است

ولی احتیاج به نیروی انسانی کمتری دارد. باید توجه داشت که برای استفاده از این سیستم‌ها نیاز به تامین و انتقال الکتریسته به محل استقرار دستگاه یا سامانه انرژی خورشیدی یا باتری است که باید به این هزینه‌ها نیز توجه داشت.

■ نتایج تحقیقات اخیر در زمینه برنامه ریزی آبیاری

نتایج یک طرح تحقیقاتی در زمینه برنامه ریزی آبیاری مرکبات نشان داد که با استفاده از روش‌ها و ابزارهای برنامه ریزی آبیاری، مصرف آب آبیاری نسبت به مقدار آب مصرفی توسط باغدار، بدون کاهش معنی دار در عملکرد درخت، تا حدود ۴۹ و ۵۷ درصد در دو باغ کاهش یافته است. در نتیجه کارایی مصرف آب آبیاری تا حدود ۱۲۰ و ۱۴۰ درصد در دو باغ مورد بررسی افزایش داشته است. بهترین ابزارهای مدیریتی مورد استفاده در باغ با بافت خاک متوسط سند ملی و تانسیمتر، و در باغ با بافت خاک سبک، سند ملی و رطوبت سنج بوده است.

نتایج طرح تحقیقاتی دیگر در دو باغ مرکبات دیگر نشان داد که با استفاده از روش‌های برنامه ریزی آبیاری، مصرف آب آبیاری نسبت به مقدار آب مصرفی توسط باغدار، بدون کاهش معنی دار در عملکرد درخت، تا حدود ۵۶ و ۴۶ درصد در دو باغ کاهش یافته است. در نتیجه کارایی مصرف آب آبیاری تا حدود ۱۱۰ و ۵۴ درصد در دو باغ مورد بررسی افزایش داشت. کلیه ابزارهای برنامه ریزی آبیاری مورد استفاده در دو باغ مناسب بوده اند. از نظر اقتصادی سند ملی نیاز آبی بهتر بوده است. نه تنها کیفیت میوه در تیمارهای برنامه ریزی آبیاری در مقایسه با تیمار تحت مدیریت باغدار کاهش نداشت، بلکه افزایش نیز یافته است.

نتایج اجرای یک طرح تحقیقاتی در دو مزرعه ذرت نشان داد که با استفاده از روش‌ها و ابزارهای مختلف برنامه ریزی آبیاری، آبیاری ذرت در منطقه مورد مطالعه با حدود ۵۰۰۰ تا ۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار امکان پذیر گردیده، بدون آنکه عملکرد محصول نسبت به مزرعه تحت مدیریت کشاورز، کاهش یابد. کارایی مصرف آب در تیمارهای برنامه ریزی آبیاری به حدود ۲/۷ و ۲/۵ کیلوگرم بر متر مکعب رسیده، که بیشتر از مقدار ۲/۰ و ۱/۷ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار تحت مدیریت کشاورز بود. میزان صرفه جویی در مصرف آب در دو مزرعه مورد بررسی به حدود ۲۵ و ۳۰ درصد رسید.

■ نتیجه گیری و توصیه‌ها

- ۱- استفاده از ابزارهای مختلف برنامه ریزی آبیاری مقدار آب آبیاری مصرفی را تنظیم و بهینه می‌نماید که نتیجه آن تولید مناسب محصول با میزان مناسبی از آب می‌باشد.
- ۲- بهترین تعداد سنسور یا دستگاهی که باید در یک هکتار باغ یا مزرعه مورد استفاده قرار گیرد یک سنسور است. لیکن برای ۳ تا ۵ هکتار نیز می‌توان از یک سنسور استفاده نمود.
- ۳- برای انتخاب ابزار مورد نظر باید به خصوصیات هر وسیله و تناسب آن با شرایط بافت و شوری خاک توجه داشت.
- ۴- در انتخاب ابزار مورد نظر باید به هزینه اولیه تهیه آن، هزینه‌های سرویس و نگهداری سالیانه و هزینه پرسنلی هر وسیله توجه داشت.
- ۵- در انتخاب ابزار مورد نظر باید به اطلاعات فنی و علمی مورد نیاز دستگاه توجه داشت.

■ منابع

- [۱] شاهرخ نیا، م. ع. مقایسه فنی و اقتصادی روشهای مختلف برنامه ریزی آبیاری و تاثیر آن بر کمیت و کیفیت میوه پرتقال. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ثبت: ۴۴۴۶۳، ۱۳۹۲.
- [۲] شاهرخ نیا، م. ع. مقایسه فنی و اقتصادی روشهای مختلف اندازه گیری رطوبت خاک در آبیاری مزارع ذرت. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ثبت: ۴۲۳۸۷، ۱۳۹۱.
- [۳] شاهرخ نیا، م. ع. مقایسه روش های مختلف پایش رطوبت خاک در باغات مرکبات. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ثبت: ۴۱۹۷۲، ۱۳۹۱.
- [4] Pitts, D. and F. Zuzueta. Micro irrigation scheduling. Research report, Southwest Florida Research and Education Center, 2007.

