

نشریه فنی - ترویجی

سازمان جهاد کشاورزی فارس  
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی

# برنامه ریزی آبیاری



محمدعلی شاهرخ نیا (عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی)  
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

سال ۱۳۹۴

سازمان جهاد کشاورزی استان فارس  
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی

نشریه فنی - ترویجی

# برنامه ریزی آبیاری

نگارش و تدوین:

محمدعلی شاهرخ نیا

عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

شورای انتشارات:

حمیدرضا ابراهیمی، عبدالعلی پورکاظم، شمس الملوک همیری، حمید رشیدی

طراحی و اجرا: مهدی ساجدی

این نشریه در دفتر سازمان جهاد کشاورزی به شماره ۹/۱۳۴۷۲۱۴ - ۹۴/۲/۱۴ ثبت گردیده است.

توزیع رایگان در سراسر کشور

از انتشارات مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی فارس

۱۳۹۴

## مخاطبان:

- ۱- کارشناسان مدیریت‌ها و مراکز جهادکشاورزی.
- ۲- شرکت‌های طراح و مجری آبیاری تحت فشار.
- ۳- کلیه فارغ التحصیلان رشته‌های کشاورزی.
- ۴- کشاورزان و بهره‌برداران پیشرو.

## هدف های آموزشی :

- ۱- آشنایی با مفهوم صرفه جویی در مصرف آب.
- ۲- آشنایی با مفهوم مدیریت آب در مزرعه.
- ۳- آشنایی با مفهوم برنامه ریزی آبیاری.
- ۴- آشنایی با ابزارهای برنامه ریزی آبیاری.

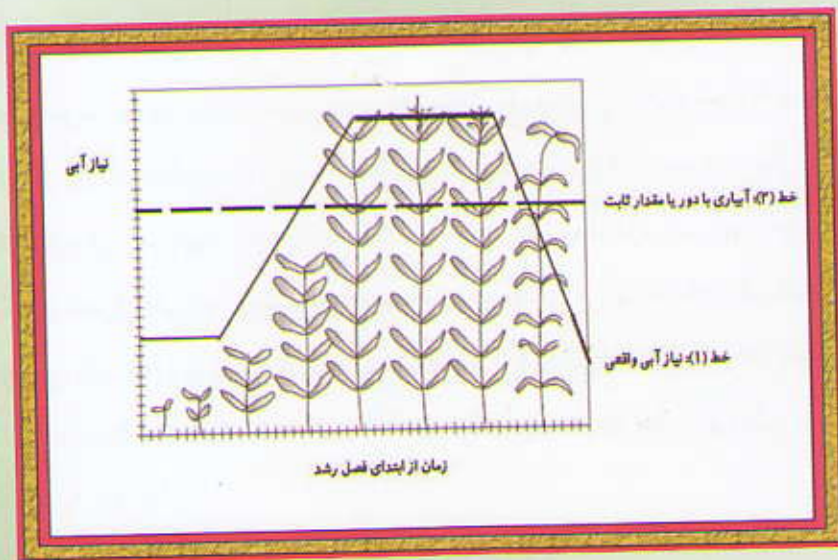
## اهداف اختصاصی

- ۱- معرفی ابزارهای مختلف برنامه ریزی آبیاری.
- ۲- ترویج استفاده از برنامه ریزی آبیاری.
- ۳- ترویج مصرف به اندازه و به موقع آب بر اساس نیاز آبی گیاه.
- ۴- افزایش بهره وری مصرف آب.
- ۵- صرفه جویی در مصرف آب.

### 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، جایگزین 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 یک‌گیاه در طول فصل رشد یا در طول سال مقدار ثابتی نیست (خط ۱). در ابتدای فصل، نیاز آبی 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. مشاهده‌گردیده 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 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 مدیریت آب در مزرعه:

مدیریت آب در مزرعه به مجموعه اقدامات مدیریتی گفته می‌شود که باعث استفاده درست از آب در مزرعه می‌شود. مدیریت آب در مزرعه شامل برنامه ریزی آبیاری، مدیریت سیستم‌های آبیاری سطحی و تحت فشار، مدیریت سیستم‌های انتقال آب در مزرعه و سایر موارد مدیریتی مرتبط با آب آبیاری می‌شود.

## 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 مصرف کم آب نیست. بلکه ممکن است در بعضی مزارع یا باغات نیاز باشد آبیاری بیشتری انجام شود. برنامه ریزی آبیاری بهترین زمان و مقدار آبیاری را نشان می‌دهد، که بیشترین و بهترین محصول با کمترین هزینه تولید می‌گردد.

## برخی از 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 کف‌کنی چاه‌ها و در نتیجه کاهش هزینه‌های مربوطه
- ۶- کاهش هزینه کوددهی با جلوگیری یا 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:

#### ۱- 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 عوامل، 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 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 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.

#### ۲- 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 کم هزینه و راحت می‌باشد.

### ۳- 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 سبزی گیاه، پتانسیل یا فشار آب در برگ یا ساقه گیاه، مقاومت روزه‌های برگ از جمله این شاخص‌ها می‌باشند. معمولاً عمل اندازه‌گیری دمای پوشش سبزی گیاه و سایر شاخص‌های تنش گیاه در ساعت‌های نزدیک به ظهر که هوا گرم‌تر بوده و تنش وارده به گیاه بیشتر است انجام می‌شود.

### ۴- 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 نشان دهنده 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.

## ۵- 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.

## ۶- ترکیبی از روش‌های فوق

ممکن است با هدف افزایش دقت، از یک یا چند ابزار فوق به صورت همزمان استفاده شود. برای دستیابی به موفقیت بیشتر و پایدارتر در برنامه ریزی آبیاری بهتر است مراحل زیر مد نظر قرارگیرد.

- ۱- بررسی سیستم آبیاری از نظر راندمان، مقدار عمق آب، مزایا و معایب
- ۲- انتخاب یک روش درست از میان روش‌های برنامه ریزی آبیاری در مزرعه
- ۳- پایش و ارزیابی روش انتخابی در مزرعه در یک فصل زراعی
- ۴- بررسی نتایج و نتیجه‌گیری نهایی برای فصل زراعی بعدی

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 می باشد. 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 می باشد. برای تعیین این حد از رطوبت از ضریب آب سهل الوصول استفاده می شود. مقدار این ضریب برای گیاهان مختلف، متفاوت بوده و در کتاب های آبیاری آورده شده است. پارامتر مورد نیاز دیگر، عمق ریشه گیاه می باشد که برای آن نیز جداولی وجود دارد. برای تعیین نیاز آبتشویی به اطلاعات شوری آب آبیاری و شوری عصاره اشباع خاک نیاز می باشد. راندمان سیستم آبیاری نیز پارامتر مهمی است که بر میزان آب آبیاری داده شده اثرگذار است. توصیه شده است که در یک هکتار از مزرعه یا باغ حداقل یک بوته یا درخت مورد بررسی یا اندازه گیری قرار بگیرد، لیکن به جهت ملاحظات اقتصادی، می توان تعداد اندازه گیری را، یک بوته یا درخت به ازای هر ۳ تا ۵ هکتار در نظر گرفت.

## معرفی وسایل معمول برنامه ریزی آبیاری ۱- بلوک های گچی

بلوک های گچی بصورت سنسورهای مکعبی یا استوانه ای شکل می باشند. بلوک های گچی بعلت متخلخل بودن، رطوبت محیط اطراف را جذب کرده و با محیط به تعادل می رسند. هرچه رطوبت خاک بیشتر باشد مقاومت الکتریکی کمتری را نشان می دهند. این بلوک ها را میتوان از سرامیک، مواد پلاستیکی یا مواد دیگر نیز تهیه نمود. بلوک گچی و سنسورهای مشابه دارای منافع زیر می باشند.

- ۱- می توان اندازه گیری رطوبت خاک را به صورت پیوسته انجام داد.
- ۲- نسبت به بیشتر ابزارهای دیگر اقتصادی و ارزان می باشند.
- ۳- پس از یکبار اندازه گیری، محاسبات کمی نیاز دارند.
- ۴- می توان به راحتی آنها را در خاک کارگذاری نمود.

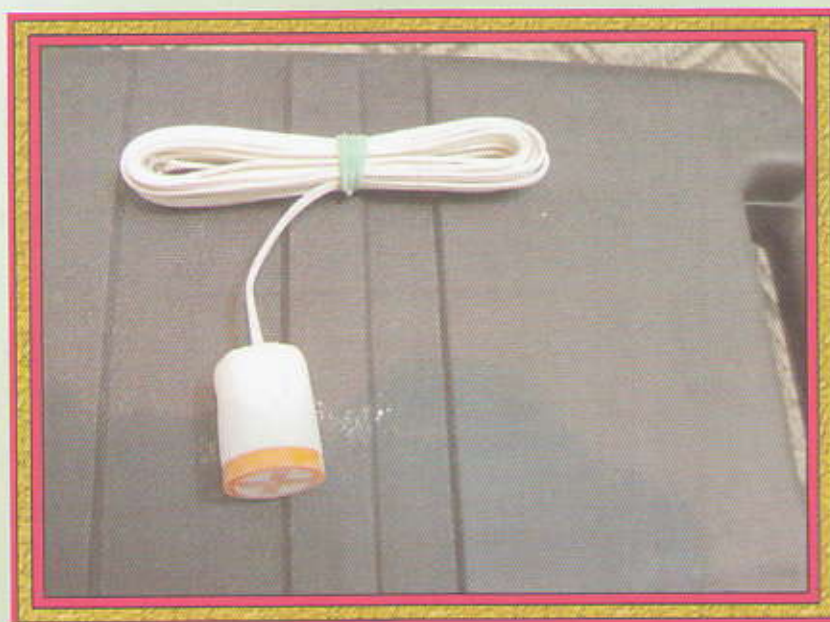
معایب بلوک های گچی عبارتند از:

۱- باگذشت زمان فرسوده شده و دقت خود را از دست می دهند.

۲- در خاک های شنی کارایی خوبی ندارند.

۳- به دما و شوری خاک حساس می باشند.

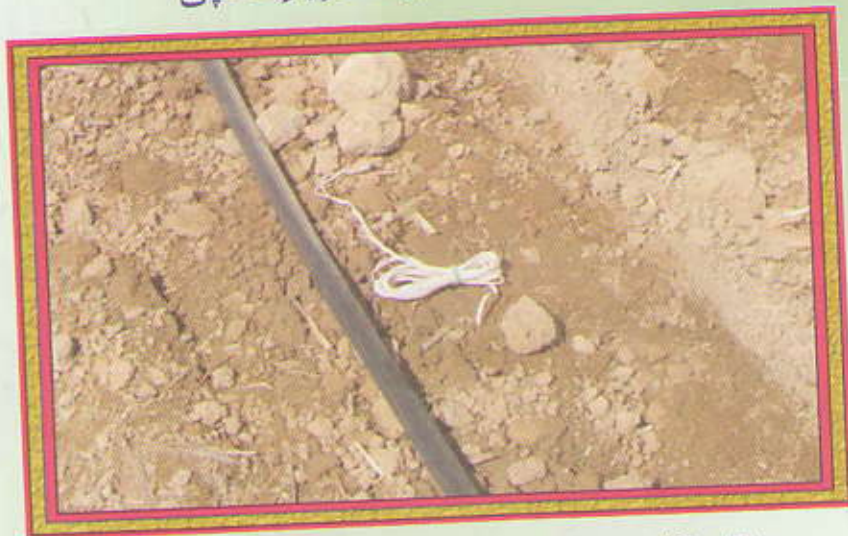
در شرایط خوب می توان از بلوک ها برای ۲ تا ۳ فصل زراعی استفاده نمود. اما طول عمر بلوک های گچی در شرایط معمولی حدود ۶ ماه یا یک فصل زراعی است. خاک های قلیایی عمر این بلوک ها را کاهش می دهند. بلوک های گچی در رطوبت های بالای خاک حساسیت کمتری دارند و برای رطوبت های پایین مناسب ترند. اما با وجود محدودیت های ذکر شده بلوک گچی وسیله ای مناسب برای اندازه گیری رطوبت خاک می باشد. شکل (۲) و (۳) بترتیب یک بلوک گچی استوانه ای و دستگاه قرائت گر آن را نشان می دهد. شکل (۴) یک بلوک گچی نصب شده در مزرعه را نشان می دهد.



شکل (۲): بلوک گچی استوانه ای



شکل (۳): دستگاه قرانت گر بلوک گچی



شکل (۴) - بلوک گچی نصب شده در یک مزرعه ذرت

با اتصال دستگاه قرانت گر 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 و با استفاده از نمودارهای ارائه شده توسط کارخانه، می‌توان عددی که باید آبیاری در آن آغاز شود را به دست آورد.

## ۲- تانسیومتر

تانسیومتر وسیله ای است که بوسیله آن می توان 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 می دهد. عدد صفر نشان دهنده رطوبت اشباع و اعداد بالاتر نشان دهنده رطوبت های کمتر خاک است. زمان شروع آبیاری باید با توجه به آزمون خاک و توسط یک متخصص آبیاری تعیین شود. ولی به طور کلی می توان گفت زمان شروع آبیاری در خاک های با بافت سبک حدود ۱۸ تا ۲۰، در خاک های دارای بافت متوسط حدود ۳۰ تا ۳۵ و در خاک سنگین تر حدود ۵۰ تا ۶۰ سانتی بار می باشد.

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.
- ۴- می توان از آنها جهت آبیاری بصورت خودکار استفاده نمود.
- ۵- اگر از اتیلن گلیکول در آن استفاده شود میتوان در شرایط یخ زدگی از آن استفاده نمود.



شکل (۵): تانسیومتر

معایب تانسومتر 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 مناسب‌تر 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 تماس با بدنه تانسومتر به پایین نفوذ کرده و ایجاد خطا نماید.
- ۶- بین زمان تغییر رطوبت خاک و عدد قرائت شده تاخیر وجود دارد.



شکل (۴) تانسومتر نصب شده در کنار درخت پرتقال



### ۳- 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 سبزی‌گیاه 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.

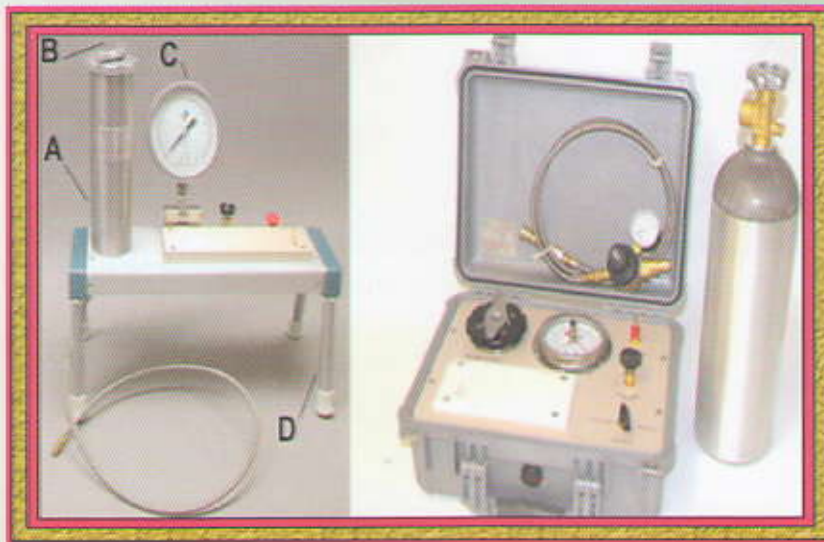
برای تعیین زمان خاتمه آبیاری بهتر است از روش‌های دیگر استفاده نمود. در این روش حد بحرانی برای شروع آبیاری در ماه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. مثلاً برای ذرت این حدود از +۱ در اوایل و اواخر فصل رشد تا صفر در زمان حداکثر نیاز (ماه‌های تیر و مرداد) متغیر است. برای ذرت میزان نیاز آبی در مراحل اولیه رشد، حداقل، در مرحله توسعه گیاه، متوسط، در گلدهی و پرشدن دانه، عمیق و در مرحله رسیدن دانه، در حد متوسط می‌باشد.



شکل (۷): دماسنج مادون قرمز دستی

#### ۴- 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 زیادتر و احتیاج به نیروی آموزش دیده کمتر در عمل استفاده می‌شود اما برای آزمودن یا واسنجی روش‌های دیگر مناسب می‌باشد.



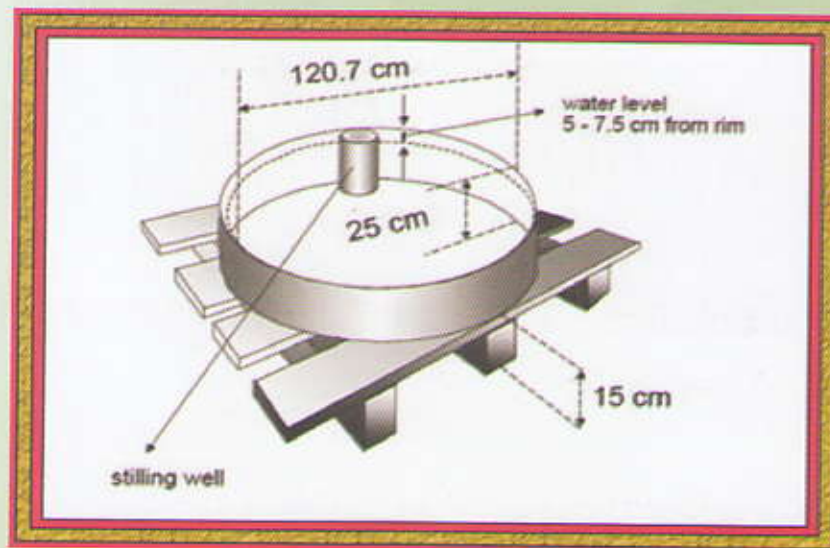
شکل (۸): نمونه هایی از دستگاه بمب فشاری

#### ۵- روش تبخیر سنجی

یکی از روش‌های برنامه ریزی 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 تشتک‌های تبخیر باید از رشد جلبک‌ها در آن جلوگیری کرد. همچنین لازم است از به وجود آمدن زنگ زدگی و لکه برکف و بدنه تشت و آغشته شدن آب تشت با هر نوع روغن و خوردن آب تشت توسط حیوانات و پرندگان ممانعت گردد. به منظور استفاده از تشت تبخیر برای برنامه ریزی آبیاری، باید برای گیاهان مختلف و شرایط مختلف ضرایب مربوطه محاسبه شود.

میزان تبخیر و تعرق گیاه که با این روش تخمین زده می شود، از فرمول زیر قابل محاسبه است. در این فرمول  $K_c$  ضریب گیاهی،  $K_p$  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 می توان 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 می آید.

$$ET_p = K_c \cdot K_p \cdot E_p$$



شکل (۹): نمایش از یک تشتک تبخیر استاندارد

## ۷- 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 (شکل ۱۰). رطوبت خاک را به روش دستی یا وزنی نیز می‌توان اندازه‌گیری کرد که روشی کم هزینه ولی وقتگیر می‌باشد که عملاً کمتر برای برنامه ریزی آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از دستگاه‌هایی که اخیراً برای اندازه‌گیری رطوبت خاک و برنامه ریزی آبیاری مورد توجه قرار گرفته، رطوبت سنج ECH2O می‌باشد که شبیه به دستگاه TDR است. این وسیله نسبت به سایر دستگاه‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک ارزان‌تر بوده و دارای سنسورهایی به طول ۲۰، ۱۰ و ۵ سانتیمتر می‌باشد. طبق ادعای کمپانی سازنده، خطای اندازه‌گیری این دستگاه اتا ۳ درصد بوده و شوری خاک بر دقت آن اثری ندارد (شکل ۱۱). 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:

$$AW=FC-PWP$$

$$R=FC-(a.AW)$$

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

$$W=(FC-R).B.D$$

که در آن D عمق ریشه‌گیاه و B جرم مخصوص ظاهری خاک است. مقدار فوق‌آب آبیاری خالص است و باید به آن نیاز آبخوایی 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): یکی از انواع رطوبت سنج خاک TDR



شکل (۱۱): دستگاه رطوبت سنج خاک ECH20

### ۸- سامانه‌های برنامه ریزی آبیاری اتوماتیک و هوشمند

ابزارها و ادوات برنامه ریزی آبیاری که در بالا 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 برنامه ریزی 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 سندملی و تانسیومتر، و در باغ با بافت خاک سبک، سندملی 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 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 بوده‌اند. که در این بین سندملی از نظر اقتصادی از سایر ابزارها مناسب تر 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 متر مکعب در هکتار امکانپذیر 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

### توصیه‌ها

- ۱- بهترین تعداد سنسور یا دستگاهی که باید در یک هکتار باغ یا مزرعه مورد استفاده قرارگیرد یک سنسور است. لیکن برای ۳ تا ۵ هکتار نیز می‌توان از یک سنسور استفاده نمود.
- ۲- برای انتخاب ابزار مورد نظر باید به خصوصیات هر وسیله و تناسب آن با شرایط بافت و شوری خاک توجه داشت.
- ۳- در انتخاب ابزار مورد نظر باید به هزینه اولیه تهیه آن، هزینه‌های سرویس و نگهداری سالیانه و هزینه پرسنلی هر وسیله توجه داشت.
- ۴- در انتخاب ابزار مورد نظر باید به اطلاعات فنی و علمی مورد نیاز دستگاه توجه داشت.

### منابع:

- ۱- شاهرخ نیا، م. ع. ۱۳۹۱. مقایسه روش‌های مختلف پایش رطوبت خاک در باغات مرکبات. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ثبت: ۴۱۹۷۲.
  - ۲- شاهرخ نیا، م. ع. ۱۳۹۲. 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.
  - ۳- شاهرخ نیا، م. ع. ۱۳۹۱. مقایسه فنی و اقتصادی روش‌های مختلف اندازه‌گیری رطوبت خاک در آبیاری مزارع ذرت. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ثبت: ۴۲۳۸۷.
- 4-Pitts, D. and F. Zuzueta. 2007 . Micro irrigation scheduling. Research report, Southwest Florida Research and Education Center.



## سوال:

۱- برای برنامه ریزی آبیاری در شرایط رطوبت خاک پایین کدام ابزار مطمئن تر و ارزان تر است؟

۲- مفهوم برنامه ریزی آبیاری چیست؟

۳- آیا نیاز آبی گیاه در طول فصل رشد ثابت است؟



از انتشارات مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی فارس