مدیریت آب آبیاری در گلخانه با استفاده از TDR جهت کاهش هزینه و افزایش راندمان آبیاری(۵۰۴)

مرتضی دوستی[۱] ، سینا بشارت[۲]

چکیده

حرکت در مسیر تولید محصولات باغبانی فقط با دانستن چگونگی پرورش محصولات مقدور نخواهد بود و موفقیت شما بستگی به توانایی در مدیریت امکانات، سرمایه و وقت دارد. برای حمایت از رشد مطلوب گیاهان محیط رشد باید مواد غذایی و آب گیاه را بصورت مناسب فراهم سازد. برای تأمین رطوبت مورد نیاز، آبیاری یکی از بخشهای اصلی و مهم در مدیریت گلخانه محسوب می‌شود. آبیاری نامناسب در گلخانه عامل کاهش کیفیت و کمیت محصول است پس باید به طور علمی و توسط افراد متخصص صورت گیرد. اطمینان از فواصل زمانی مناسب بین هر آبیاری و مقدار آب بسیار ضروریست و عوامل متعدد و پیچیده‌ای مانند محیط کشت، تابش، نوع گیاه، دوره رشد، تهویه و نیاز آبی گیاه در آن دخیل هستند. معمولا زمان هر آبیاری با استفاده از نمایه‌های ظاهری گیاه و محیط تشخیص داده می‌شود که بسیار مشکل بوده و از دقت کافی برخوردار نیست. به دلیل وجود این مشکلات نمی‌توان مدیریت جامعی را برای آبیاری در گلخانه بکار برد. هدف از این تحقیق تعیین زمان و میزان هر آبیاری با توجه به آب مورد نیاز گیاه در گلخانه می‌باشد. در این مقاله با استفاده از روش TDR زمان هر آبیاری و کنترل دقیق مدت زمان آبیاری توسط برنامه کامپیوتری ارایه شده و با روش آبیاری سنتی (مرسوم در منطقه و براساس نمایه‌های ظاهری خاک و گیاه) مقایسه شده است. با نصب پرابها در عمق مورد نظر و پس از آنالیز علایم ورودی به سیستم TDR می‌توانیم میزان آب وارد شده به خاک و جذب شده توسط گیاه را بدست آوریم. البته شرایط موثر در هر دوره از آبیاری مد نظر قرار گرفته است. با این روش می‌توان مدیریت بهتر و دقیق‌تری برای آبیاری گلخانه ارایه نمود. نتایج نشان می‌دهد که میزان کیفیت و کمیت محصول بالا رفته و کارایی مصرف آب و راندمان افزایش یافته است.

کلیدواژه: گلخانه، نیاز آبی گیاه، کارایی مصرف آب، مدیریت آبیاری، TDR

۱- کارشناس آبیاری، شرکت هیدرودنیز آذربایجان، پست الکترونیک: Morteza.Doosti@gmail.com
۲- سینا بشارت، عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲. مقدمه:

امروزه، تولید محصولات گلخانه ای سهم مهم و رو به رشدی در بخش کشاورزی کشورهای پیشرفته دارد. در سالهای اخیر، در کشورهای در حال توسعه نیز، که به طور معمول، کارایی نهاده‌های تولید پایین و تقاضا برای مصرف محصولات کشاورزی بالا است، سیاست گذاران، متخصصان و کشاورزان به راهبرد افزایش سطح کشت در انواع گلخانه ها و محیطهای تحت کنترل با هدف بالا بردن کارایی مصرف نهادهای کشاورزی به ویژه آب، پایداری تولید برخی محصولات مورد نیاز، توسعه کشاورزی در مناطق با اقلیم و منابع خاک و آب نامناسب و افزایش سطح اشتغال توجه نموده‌اند. در محیطهای کشت کنترل شده، امکان برنامه ریزی و اجرای مطلوب عملیات زراعی فراهم بوده و کارایی نهادهای کشاورزی بسیار بالا است. بنابراین، در شرایطی که کمبود منابع آب توسعه پایدار کشاورزی رادر کشور محدود نموده است، تولید برخی محصولات در شرایط گلخانه می‌تواند رویکردی موفق در ارتقاء کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی باشد.

محصولات سبزی و صیفی که در سالهای اخیر، مصرف آنها به دلیل نقش موثر در سلامت جامعه اهمیت بیشتری یافته است، دارای نیاز آبی بالایی می‌باشند. کارایی مصرف آب تولید این محصولات در محیطهای کشت تحت کنترل با توجه به عملکرد بیشتر و مصرف آب کمتر، بسیار بالاتر از کشت در محیط باز و مرسوم می‌باشد.

حرکت در مسیر تولیدات باغبانی فقط با دانستن چگونگی پرورش محصولات مقدور نخواهد بود. چه شما مالک محل کسب خود باشید یا برای شخص دیگری کار کنید، موفقیت شما بستگی به توانایی در مدیریت امکانات، سرمایه و وقت دارد. برای حمایت از رشد مطلوب گیاهان ، محیط رشد باید مواد غذایی و آب گیاه را بصورت مناسب فراهم سازد. محیط رشد از ذرات جامد، آب وهوا تشکیل یافته که هر کدام برای رشد گیاه بسیار با اهمیت هستند. برای تامین رطوبت مورد نیاز، آبیاری یکی از بخشهای اصلی و مهم در مدیریت مزرعه به شمار می‌رود. نیاز آبیاری به مقدار آبی گفته می‌شود که باید بصورت آبیاری به زمین داده شود تا گیاه با حداکثر توان خود رشد نموده و تولید محصول نماید. گرچه بخشی از نیاز آبیاری ممکن است از طریق بارانهای مؤثر و آبهای زیرزمینی تامین شود ولی در محیط گلخانه آب مورد نیاز گیاه فقط بطور مستقیم در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و گیاه از منبع دیگری نمی‌تواند آب جذب کند. بنابراین این موضوع نیز دقت در عمل آبیاری در گلخانه را خواستار است. اطمینان از فواصل زمانی مناسب بین هر آبیاری و مقدار آب بسیار ضروریست و عوامل متعددی مانند محیط کشت، تابش، نوع گیاه، دوره رشد، تهویه و نیاز آبی گیاه در آن دخیل هستند[۱].

دو روش مهم در تشخیص زمان آبیاری وجود دارد : ۱- استفاده از نمایه‌های گیاه؛ ۲- استفاده از نمایه‌های خاک. ساده‌ترین روش برای تعیین زمان آبیاری این است که برخی از خصوصیات بارز گیاهی را در نظر گرفته و تغییرات آنرا در روزهای بعد از آبیاری تعقیب کنیم. نمایه‌های ظاهری مانند شادابی برگها و شاخه‌ها و رنگ برگها، از جمله پارامترهایی می‌باشند که با تغییر شدید آنها در هنگام تشنگی گیاه می‌توان زمان آبیاری را تعیین کرد. بیش از ظاهر شدن اولین علایم کمبود آب، گیاه باید آبیاری شود. علایم کمبود آب در گیاهان متفاوت است. نظر به اینکه چه زمانی باید گیاه آبیاری شود بستگی به وضعیت و محیط کشت آن گیاه دارد. معمولاً تشخیص زمان و مقدار هر آبیاری با در نظر گرفتن عوامل وابسته بسیار پیچیده است و با استفاده از نمایه‌های ظاهری گیاه از دقت کافی برخوردار نخواهد بود. بعنوان مثال امکان دارد تغییر رنگ گیاه در اثر آفات گیاهی باشد نه کمبود آب، به دلیل وجود این مشکلات نمی‌توان مدیریت جامعی را برای آبیاری در گلخانه بکار برد[۲].

هدف از این تحقیق مدیریت آب آبیاری در گلخانه و تعیین زمان و میزان هر آبیاری باتوجه به آب مورد نیاز گیاه می‌باشد. استفاده از نمایه‌های خاک کارایی بیشتری نسبت به نمایه‌های ظاهری گیاه دارد. بدین منظور تعیین رطوبت موجود در منطقه توسعه ریشه و اطلاع از تغییراتی رطوبتی آن ضروری است. بدین منظور نمایه‌های خاک در تعیین زمان آبیاری بکار می‌رود، مشتمل بر تعیین رطوبت موجود در خاک و مقایسه آن با حداقل رطوبت است که خاک باید قبل از آبیاری داشته باشد تا گیاه براحتی بتواند از آن استفاده کند و تحت تنش قرار نگیرد، یعنی سعی ما بر این خواهد بود که رطوبت موجود در منطقه توسعه ریشه در حد سهل‌الوصول قرار گیرد و در مواقعی که کمبود رطوبت وجود دارد آبیاری صورت گیرد. همچنین نکته قابل توجه اینکه در مواقعی تنش باعث افزایش محصول می‌گردد بنابراین با برنامه‌ریزی دقیق می‌توان تنش مورد نظر را در زمان مشخص به گیاه وارد کرد[۳].

روشهای مستقیم و غیرمستقیم متعددی برای اندازه‌گیری رطوبت وجود دارد. انعکاس سنجی حوزه زمانی[1] از روشهای مرسوم غیرمستقیم می‌باشد که امروزه بطور گسترده‌ای مورد توجه متخصصان در علوم آب و خاک قرار دارد. ارزش استفاده از این روش را می‌توان در چند بخش مهم بیان کرد. با این روش می‌توان مدیریت بهتر و دقیق‌تری برای آبیاری گلخانه ارایه کرد. میزان کیفیت و کمیت محصول بالا رفته و کارایی مصرف آب[2] افزایش می‌یابد، مصرف آب کاهش یافته و از صدمه رسیدن به محیط کشت و افزایش امراض و آفات جلوگیری می‌کند. با این روش به صورت مطمئن می‌توان سیستم آبیاری تحت فشار را در گلخانه طراحی و اجرا نموده و با راندمان بالا از این سیستم استفاده کرد.

۳. مواد و روشها:

در مبحث مدیریت آب آبیاری، اندازه‌گیری و نظارت بر وضعیت رطوبت خاک از مولفه‌های ضروری برای اعمال روشهای مدیریتی بهینه به منظور نگهداری آب و بهبود کیفیت محصول است. رطوبت خاک به دو روش مستقیم و غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌شود. روشهای مستقیم زمان‌بر و وقت‌گیر هستند و در اکثر مواقع باعث تخریب محل نمونه‌برداری می‌شوند. روشهای غیرمستقیم بسیاری برای نمایش رطوبت موجود در خاک وجود دارد. این روشها رطوبت خاک را توسط روابط واسنجی موجود با سایر متغیرهای قابل اندازه‌گیری برآورد می‌کنند. انتخاب هر یک از روشهای غیرمستقیم بستگی به هزینه، دقت، زمان پاسخ، نصب، کاربرد مد نظر، مدیریت و دوام آن دارد.

یکی از روشهای اندازه‌گیری حجمی رطوبت تکنیک دی‌الکتریکی است. این تکنیک رطوبت موجود در خاک را با اندازه‌گیری ثابت دی‌الکتریک[3] خاک، که سرعت حرکت امواج یا تپ‌های الکترومغناطیسی در خاک را نشان می‌دهد. در خاکهای مرکب مانند خاک متشکل از مواد معدنی، آب و هوا، ثابت دی‌الکتریک با در نظر گرفتن سهم هر کدام از اجزای تشکیل دهنده حاصل می‌شود. بطوریکه ثابت دی‌الکتریک آب (۸۱) بسیار بزرگتر از ثابت سایر اجزای تشکیل دهنده می‌باشد (ثابت دی‌الکتریک ۲ – ۵ برای مواد تشکیل دهنده خاک و ۱ برای هوا)، در حالت کلی ثابت دی‌الکتریک خاک بیشتر تحت تاثیر میزان آب موجود است.

یک رابطه تجربی[4] در سال ۱۹۸۰ برای محاسبه رطوبت حجمی بر اساس ثابت دی‌الکتریک بصورت زیر ارایه شده است[۴]:

$$\theta_v = -5.3\cdot 10^{-2} + 2.92\cdot 10^{-2}\kappa - 5.5\cdot 10^{-4}\kappa^2 + 4.3\cdot 10^{-6}\kappa^3 \qquad (۱)$$

در این معادله θ رطوبت و κ ثابت دی الکتریک خاک است.

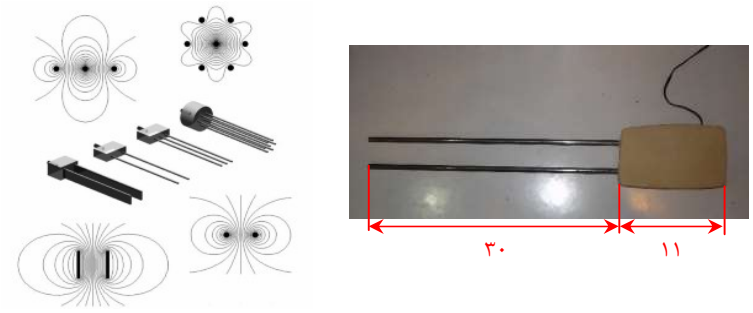
این رابطه برای اکثر خاکها مستقل از ساختمان و بافت بوده، و تا رطوبت حجمی ۵۰٪ قابل استفاده است. برای رطوبتهای بالاتر مانند خاکهای آلی و خاکهای با منشا آتشفشانی، نیازمند واسنجی خواهد بود. رابطه فوق تحت تاثیر امواج الکترومغانطیسی ارسال شده می‌باشد، و در فرکانسهای پایین‌تر از ۱۰۰ مگاهرتز ثابت دی‌الکتریک از مواد تشکیل دهنده خاک نیز تا حد قابل توجهی تاثیر می‌پذیرد.

پراب از دو میله موازی تشکیل شده است که در درون خاک مورد آزمایش نصب می‌شود (شکل۱). زمانیکه پراب در خاک نصب می‌شود بعنوان هادی عمل کرده و خاکی که بین میله‌ها و اطراف آنها واقع شده‌است نقش محیط دی‌الکتریک را ایفا می‌کند. حال اگر دستگاه تپ‌های ولتاژ الکتریکی را ایجاد و آن را در طول میله‌های موازی منتشر نماید، سرعت این علایم که با فرکانس زیاد خارج شده‌اند (زمان و فرکانس رابطه معکوس دارند) توسط موادی مانند خاک مرطوب که ثابت دی‌الکتریک آن بالاست کاهش پیدا می‌کند. تپ‌هایی که سرعت آنها کم شده است از انتهای میله منعکس شده و پس از برگشت وارد سیستم می‌شود. سیستم اختلاف زمانی بین ارسال و دریافت تپ‌های منعکس شده را اندازه‌گیری می‌کند.

---

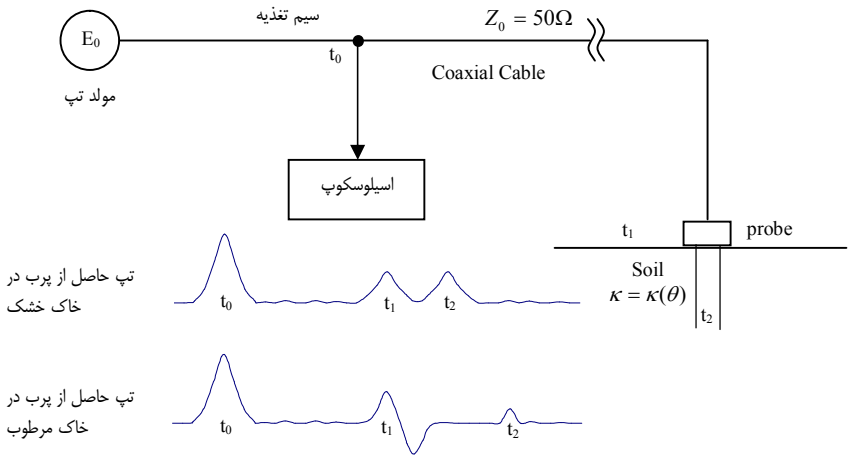
1 TDR
2 Water Use Efficiency
3 κ
4 By Topp G.C.

بازا طول ثابت میله، فاصله بین ارسال و دریافت تپها با سرعت انتشار تپها نیز بستگی به مقدار ثابت دی‌الکتریک خاک که تابعی از رطوبت می‌باشد دارد. بدین ترتیب که هرچه رطوبت خاک افزایش یابد، ثابت دی‌الکتریک افزایش یافته و لذا سرعت انتشار تپها کاهش می‌یابد. با کاهش سرعت فاصله زمانی بین ارسال و دریافت تپها افزایش پیدا می‌کند[۵].



شکل (۱): پراب و قسمتهای مختلف آن (راست)، میدانهای الکترومغناطیسی حاصل از پراب‌ها (چپ)

کابل کواکسیال برای انتقال تپ‌های الکترومغناطیسی به پراب بکر می‌رود. زمانیکه تپ الکترومغناطیسی وارد پراب می‌شود[1] از انرژی آن کاسته می‌شود، و سپس وارد خاک می‌شود. زمانیکه تپ به انتهای پراب می‌رسد[2] دوباره انرژی خود را از دست می‌دهد. نتایج بدست آمده از مطالعه تپ‌های برگشتی به اسیلوسکپ در شکل۲ بطور کامل نشان داده شده است.



شکل (۲): اصول اندازه‌گیری ثابت دی‌الکتریک خاک بروش TDR. اتصال بین پرب، اسیلوسکپ و تپهای ارسالی توسط سیم کواکسیال ۵۰ اهمی برقرار شده‌است.

فاصله زمانی[3] انتقال تپ در طول پراب براحتی محاسبه می‌شود و بر اساس فرمول زیر، ثابت دی‌الکتریکی محاسبه می‌شود[۶]:

$$\kappa = \kappa(\theta) = \left[\frac{c.t}{2.L}\right]^2 \qquad (۲)$$

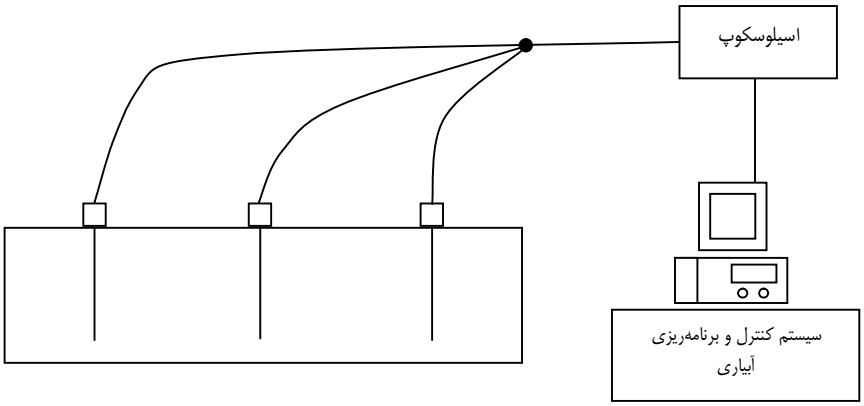
1 t1
2 t2
3 t=t2-t1

بطوریکه L طول پراب، θ رطوبت خاک و c سرعت موج الکترومغناطیسی (نور) در خلا می‌باشد.
گیاه گوجه‌فرنگی به منظور کاشت در گلخانه انتخاب شد. بدین صورت که برای این تحقیق ۱۰ بلوک، هرکدام به ابعاد ۶×۲، با بافت خاک شنی، به منظور آزمایش حساسیت پراب، آماده شد. طرح آزمایش مورد نظر بدین ترتیب بود که، ۲ متد آبیاری × ۵ تکرار = ۱۰بلوک.

دو متد آبیاری به شرح زیر بود:

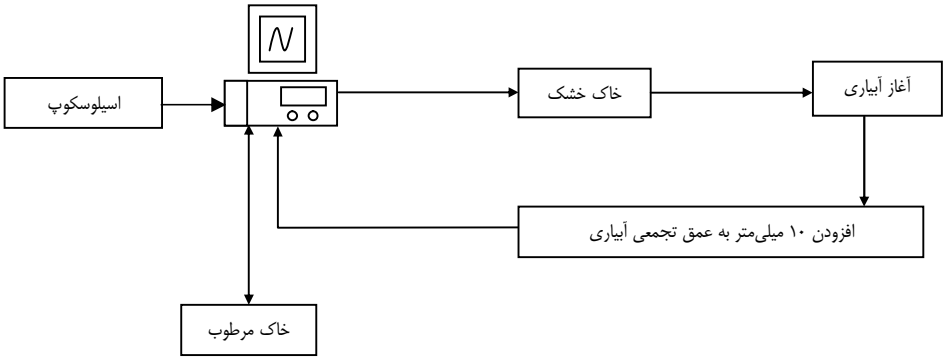
۱- آبیاری به میزان ۳۰ میلی‌متر در هر بار، تناوب هر آبیاری با استفاده از روشهای مرسوم کشاورزان تعیین می‌شد.
۲- آبیاری به میزان ۱۰ میلی‌متر در هر روز، با استفاده از نصب سنسورها و انجام آبیاری در صورتیکه سنسورها، رطوبت خاک را کمتر از حد مجاز تشخیص دهند.

بلوکهای آزمایشی بطور تصادفی طرح شدند. پراب‌های دستگاه اندازه‌گیری در عمقهای ۳۰ سانتی‌متری، در فواصل ۲ متر، در ناحیه توسعه ریشه در هر بلوک نصب شدند (شکل۳).



شکل (۳): پراب‌ها در عمق ۳۰ سانتی‌متر و در فواصل ۲ متری نصب شده است. سیستم کنترل و برنامه‌ریزی آبیاری زمانیکه سنسور، رطوبت خاک را کمتر از حد مجاز نمایش دهد سیستم آبیاری را بکار می‌اندازد و بعد از افزودن ۹ لی ۱۲ میلی‌متر آب، آبیاری را متوقف می‌سازد.

پراب‌های نصب شده در ناحیه توسعه ریشه تحت تاثیر خاصیت دی الکتریک خاک قرار گرفته و بسته به میزان آب موجود در خاک واکنش می‌دهند. زمانیکه خاک خشک می‌شود ثابت دی‌الکتریکی کاهش یافته و سنسور در حد پایین مجاز رطوبتی سیستم آبیاری را راه‌اندازی می‌کند. همچنین سیستم برای آبیاری در ساعات قبل از ۹ صبح و بعد از ۶ عصر برنامه‌ریزی شده بود. شکل ۴ فرآیند کنترل سیستم آبیاری را تشریح می‌کند.

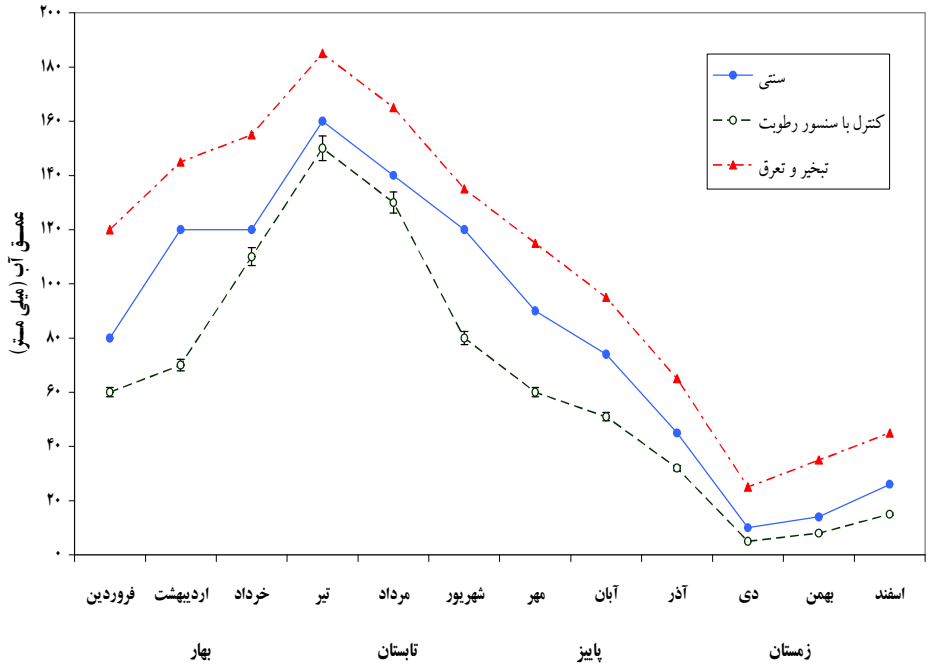


شکل (۴): تپ‌های برگشتی توسط نرم‌افزار DSO2100 تفسیر شده و برای مقایسه با تپ‌های رفرنس تعریف شده به نرم‌افزار آبیاری ارسال می‌شود. اگر خاک خشک باشد سیستم آبیاری راه‌اندازی شده و بطور متوسط به عمق ۱۰ میلی‌متر آب به هر بلوک وارد می‌کند و سپس آبیاری متوقف می‌شود.

هدف از این تحقیق اندازه‌گیری میزان آب مصرف شده و کیفیت محصول برای هر بلوک، که توسط سیستم کنترل متصل به سنسور انعکاس سنجی زمانی آبیاری می‌شد، و مقایسه نتایج حاصله از این روش با روش مرسوم کشاورزان در منطقه بود. بطوریکه نتایج حاصله نشان می‌دهد این روش نو می‌تواند تا حدود زیادی اتلاف آب را کاهش داده و باعث افزایش کارایی مصرف آب در گلخانه گردد.

۴. نتیجه‌گیری:

میزان آب آبیاری افزوده شده در طول یک فصل زراعی توسط هر دو روش در شکل ۵ ارایه شده است. مقایسات نشان می‌دهد میزان آب آبیاری افزوده شده توسط متد انعکاس سنجی زمانی حدود ۱۴/۳ کمتر از مقادیر افزوده شده توسط متد سنتی و تجربی است. به همین ترتیب در متد سنتی به اندازه ۷۰ الی ۸۳ درصد از نیاز تبخیر تعرقی سالانه گیاه آبیاری می‌شود و این در حالی است که در متد انعکاس سنجی و کنترل سیستم آبیاری بصورت اتوماتیک، بدون کاهش در میزان محصول به اندازه ۵۷ الی ۷۶ درصد از نیاز تبخیر تعرقی گیاه آبیاری می‌شود. و این خود حاکی از افزایش کارایی مصرف آب و استفاده بهینه از آب آبیاری در گلخانه است. با اعمال این روش جدید در گلخانه می‌توان سالانه از هدر رفتن مقادیر زیادی آب جلوگیری نمود. با این روش می‌توان مدیریت بهتر و دقیق‌تری برای آبیاری گلخانه ارایه کرد. میزان کیفیت و کمیت محصول بالا رفته و کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد، مصرف آب کاهش یافته و از صدمه رسیدن به محیط کشت و افزایش امراض و آفات جلوگیری می‌کند. با این روش به صورت مطمئن می‌توان سیستم آبیاری تحت فشار را در گلخانه طراحی و اجرا نموده و با راندمان بالا از این سیستم استفاده کرد.



شکل (۵): مقادیر ماهانه افزوده شده به خاک برای دو روش ارایه شده (کنترل شده توسط سنسور و روش سنتی) مقایسه شده است. مقادیر ارایه شده حاصل ۵ تکرار ± خطاهای استاندارد می‌باشد. مطالعه طی ۱۲ ماه و از فروردین تا اسفند ۱۳۸۵ ارایه شده است.

۵. مراجع:

[۱] بشارت،س ۱۳۸۳."بهینه‌سازی مصرف آب در گلخانه جهت مدیریت بهتر و بهبود کیفیت با استفاده از تانسیومتر"، مجموعه مقالات همایش تکنولوژی تولیدات گلخانه‌ای، ص۷۸-۶۷.

[۲] علیزاده،امین ۱۳۸۳."رابطه آب و خاک و گیاه"، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ۴۷۲ص.

[۳] خیرابی،ج. و[دیگران] ۱۳۷۵."دستورالعمل‌های کم آبیاری"، گروه کار آب مورد نیاز گیاهان، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۲۱۸ص.

[۴] دو تی،م. بشارت،س ۱۳۸۵."به نه‌سازی مصرف آب در مزرعه جهت مدیریت بهتر و بهبود کیفیت با **TDR**"، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، ص۱۵۶.

[5] Topp, G.c., Davis, J.L. and Annan, A.P. 1980. "Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines". Water Resources Research 16: 574-582.

[6] Malicki M.A. & Skierucha W.M. (1989) A manually controlled TDR soil moisture meter operating with 300 ps rise time needle pulse, Irrigation sci 10: 153-163.