

آبیاری دقیق و تأثیر آن بر کارایی مصرف آب در باغهای زردآلو

عزت اله عباسی^{1*} و حسین دهقانی سانج

دکترای آبیاری، رئیس گروه آب و خاک و صنایع دفتر ارزیابی عملکرد وزارت جهاد کشاورزی؛

Ezatollah_abbasi2002@yahoo.com

استادیار پژوهش، دیسیپلین آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛

dehghanisanij@yahoo.com

چکیده

تعیین تبخیر - تعرق واقعی عاملی مهم در آبیاری دقیق، برنامه ریزی آبیاری و بهره وری آب به حساب می آید. این پژوهش به منظور بررسی اثر الگوی روش محاسبه تبخیر - تعرق گیاهی بر برنامه ریزی آبیاری و آب مصرفی درختان زردآلو (رقم آبیاتان) بر اساس داده‌های هواشناسی روزانه در مقایسه با داده‌های بلند مدت انجام شد. طرح به مدت دو سال در منطقه کرج در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار (I_1 , I_2 و I_3) و سه بلوک در چهار تکرار اجرا شد. تبخیر - تعرق در تیمار اول (I_1) بر مبنای داده‌های روزانه هواشناسی اندازه گیری شده با استفاده از دستگاه هواشناسی METOS⁴ در تیمار دوم (I_2) بر مبنای داده‌های بلند مدت هواشناسی (دوره 10 ساله) و تیمار سوم به عنوان شاهد (I_3) تعیین شد. میزان کارایی مصرف آب در تیمار I_1 برابر 3/33 کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی بدست آمد که در تیمار های I_2 و I_3 به ترتیب 1/99 و 1/29 حاصل شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارها و بلوک‌های مختلف از نظر میزان عملکرد و کارایی مصرف آب وجود دارد. همچنین، مقایسه میانگین‌های عملکرد و کارایی مصرف آب که با استفاده از آزمون دانکن، نشان داد بین میزان عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمار I_1 با دو تیمار دیگر تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. همچنین، نتایج نمایانگر آن است در سیستم آبیاری قطره ای حداکثر عملکرد درخت زردآلو در شرایطی حاصل می‌شود که نیاز آبی محصول بر اساس اطلاعات روزانه برآورد شود و موجب افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب به ترتیب 13 و 67 درصد نسبت به آمار بلندمدت می‌شود. ضرورت برنامه ریزی برای کاربرد داده‌های واقعی هواشناسی روزانه در مدیریت آبیاری توصیه و نتیجه گیری شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره ای، تبخیر - تعرق، داده‌های هواشناسی، عملکرد، قطره چکان

مقدمه

سال‌های مختلف یکسان نبوده و میزان نیاز آبی گیاهان متغیر می‌باشد.

سنجش از دور از جمله فناوری‌های جدیدی است که می‌توان با استفاده از آن تبخیر - تعرق را در یک منطقه بدون نیاز به دانستن پیشینه‌ای در رابطه با شرایط خاک، محصول و نحوه مدیریت مزرعه برآورد نمود (Bastianssen et al., 2005). آزمایش مزرعه‌ای که برای تعیین آب مورد نیاز زردآلو تحت سیستم آبیاری قطره‌ای در تاجیکستان انجام شد، نشان داد مصرف آب در آبیاری قطره‌ای در تیمارهای مختلف 45 تا 85 درصد آبیاری سطحی بوده است (Vakhidov, 1998).

یک مطالعه موردی با خودکارسازی آبیاری قطره‌ای بر روی محصول پنبه نشان داد مصرف آب 60 درصد کاهش یافته است (Taley et al., 1998). کاهش میزان آب کاربردی و افزایش یکنواختی توزیع آب اثر مستقیم بر روی رشد داشته و منجر به افزایش بهره‌وری آب تا 2/41 کیلوگرم بر متر مکعب می‌شود (Phocaidis, 2000). دهقانی سانچ و اکبری (1385) تحقیقاتی در رابطه با اتوماسیون و کاربرد حسگرهای رطوبتی در سیستم آبیاری قطره‌ای انجام و نشان دادند که به رغم بالا بودن هزینه اولیه سیستم اتوماسیون، به دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب، انرژی و کود شیمیایی هزینه‌های مربوطه مستهلک خواهد شد. یکی از راه‌های تعیین نیاز آبی واقعی گیاهان، کاربرد دستگاه هواشناسی کشاورزی در شرایط مزرعه است (اکبری و دهقانی سانچ، 1386). این دستگاه پارامترهای هواشناسی را اندازه‌گیری کرده و با به کارگیری یک نرم‌افزار کامپیوتری، می‌توان تبخیر - تعرق پتانسیل (ET_o) را به صورت روزانه محاسبه و در برنامه ریزی آبیاری بکار برد.

ذرت در شرایط مزرعه، انجام آبیاری منطبق بر نیاز واقعی گیاه انجام می‌شود و کارایی مصرف آب بهبود پیدا می‌یابد. وی نشان داد که مقدار تبخیر - تعرق پتانسیل با استفاده از

آب به عنوان مهمترین و محدودترین عامل تولید در ایران حائز اهمیت اقتصادی ویژه است و کشاورزی آبی به عنوان عامل اصلی در امنیت غذایی و چرخه اقتصادی کشور مطرح می‌باشد. متوسط مصرف آب در هکتار در سطح ملی رقمی بالغ بر 10789 مترمکعب است. این در حالی است که بخش وسیعی از اراضی زیر کشت، تحت تنش آبی قرار دارند (بی‌نام، 1385b). استفاده غیر کارآمد از منابع آب و عدم برنامه‌ریزی و آبیاری دقیق در کشاورزی، اثرات و تبعات منفی ثانویه‌ای به همراه داشته است که از آن جمله می‌توان به زهدار و ماندابی شدن اراضی مرغوب کشاورزی، خسارات ناشی از زه آب‌ها و سرانجام آسیب دیدن محیط زیست اشاره کرد. تعیین نیاز آبی گیاهان، اساسی‌ترین عامل در برنامه ریزی آبیاری است و اعمال مدیریتی تخصصی و آگاهانه منوط به تخمین مناسب تبخیر - تعرق گیاه (ET_c) است.

به علت اهمیت تعیین زمان صحیح آبیاری و مقدار آب لازم برای رشد بهینه گیاه به طوریکه گیاه دچار تنش رطوبتی نشده و از آبیاری بیش از حد نیاز اجتناب شود، اقدامات زیادی برای دستیابی به روش‌های مطلوب تعیین برنامه آبیاری صورت گرفته و روش‌های مختلفی ابداع شده است (Campbell and Campbell, 1982). طراحی و مدیریت آبیاری به طور معمول بر اساس متوسط آمار هواشناسی سال‌های گذشته صورت می‌گیرد. علاوه بر آن، به دلیل عدم وجود سیستم مدیریتی کارآمد، کشاورزان و باغداران به رغم داشتن سیستم آبیاری مدرن بر اساس تجربیات و سلیقه خود نسبت به مدیریت آبیاری اقدام می‌کنند. حال آن که به طور عموم شرایط اقلیمی موسوی (1387) در ارزیابی تأثیر اجرای خودکارسازی آبیاری بر روی عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای نشان داد که با تعیین روزانه نیاز آبی

لومی شنی در لایه 50-25 سانتیمتر با جرم مخصوص ظاهری 1/85 گرم بر سانتیمتر مکعب، شنی لومی در لایه 75-50 سانتیمتر با جرم مخصوص ظاهری 1/86 گرم بر سانتیمتر مکعب و شنی در لایه 100-75 سانتیمتری عمق توسعه ریشه با جرم مخصوص ظاهری 2/21 گرم بر سانتیمتر مکعب بوده و شیب ملایم و توپوگرافی آن یکنواخت بود.

منبع تأمین آب آن، چاه و سیستم آبیاری قطره ای است. هدایت الکتریکی (EC) آب آبیاری 0/53 دسی زیمنس بر متر و اسیدیته آن 7/94 بود. بر اساس روش طبقه بندی ویلکوکس، کیفیت آب آبیاری در گروه کلاس C1S1 قرار دارد. جزئیات بیشتر در جدول 1 ارائه شده است. برای تعیین میزان رطوبت ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) خاک مزرعه، از دستگاه صفحه فشاری برای فشارهای 0، 10، 33، 100 و 300 کیلوپاسکال و از دستگاه غشاء فشاری برای فشارهای 500، 1000 و 1500 کیلوپاسکال استفاده شد که نتایج آن در جدول 2 ارائه شده است. با توجه به داده‌های این جدول، منحنی مشخصه رطوبتی خاک ناحیه مورد آزمایش و رابطه ریاضی بین میزان مکش رطوبتی خاک و درصد رطوبت حجمی مطابق شکل 1 بدست می آید.

آمار طولانی مدت هواشناسی بیش از مقدار واقعی نیاز مزرعه برآورد می شود. بر همین اساس مقدار نیاز آبیاری به طور متوسط تا 27 درصد کاهش نشان داد.

مطالعات و شناسایی کاربرد آبیاری دقیق بر اساس آمار مزرعه‌ای و نقش آن بر روی عملکرد درختان چند ساله و کارایی مصرف آب در ایران بسیار محدود می باشد و انجام هرگونه برنامه‌ریزی در راستای توسعه تجهیزات مورد نیاز در این خصوص منوط به انجام مطالعات بیشتر در این زمینه است. پژوهش حاضر به منظور استفاده از داده‌های بهنگام هواشناسی مزرعه در محاسبه نیاز آبی و تأثیر آن بر افزایش کارایی مصرف آب در باغهای زردآلو بر اساس داده‌های هواشناسی روزانه (آبیاری دقیق) به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

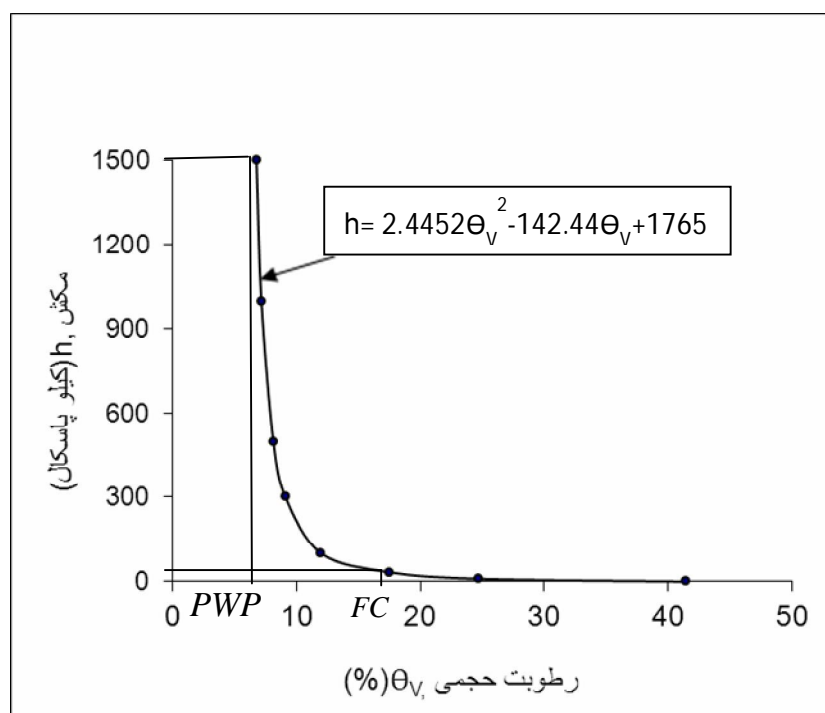
این پژوهش در دو سال 1387 و 1388 در بخشی از یک باغ زردآلو 15 ساله تجهیز شده به سیستم آبیاری قطره ای، واقع در مزرعه معاونت آب و خاک و صنایع وزارت جهاد کشاورزی در منطقه کرج با ارتفاع 1261/1 متر از سطح دریا، و طول جغرافیایی "56°، 50" و عرض جغرافیایی "35°، 47" انجام شد. سطح کل باغ 17 هکتار است و خاک آن دارای بافت لومی در لایه 0-25 سانتیمتر با جرم مخصوص ظاهری 1/4 گرم بر سانتیمتر مکعب،

جدول 1- میانگین نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری (چاه) در سال های 1387 و 1388

مشخصات نمونه	pH	EC (dS/m)	آنیون ها (meq/lit)				کاتیون ها (meq/lit)			
			SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻²	CO ₃	جمع آنیون ها	Mg ⁺² =Ca ⁺²	Na ⁺ K ⁺	
نمونه آب	7/092	0/53	1/23	2	2/6	-	5/83	3/79	2/04	5/83

جدول 2- میانگین درصد رطوبت حجمی بر اساس میزان مکش رطوبتی لایه 25-50 سانتیمتری خاک

رطوبت حجمی (%)	مکش (کیلو پاسکال)	وضعیت رطوبت خاک
41/49	0	
24/68	-10	
17/56	-33	ظرفیت زراعی (FC)
12/01	-100	
9/12	-300	
8/15	-500	
7/18	-1000	
6/79	-1500	نقطه پژمردگی دائم (PWP)



شکل 1- منحنی مشخصه رطوبتی خاک ناحیه مورد آزمایش

نام، 1378). I₃ به عنوان تیمار شاهد بوده که بر اساس نظر کشاورز آبیاری می شد. در هر تیمار، تعداد 18 ردیف درختان زردآلو رقم آیاتان که سن آنها 15 سال بود، با آرایش کشت 6×6 متر (278 درخت در هر هکتار) قرار داشت.

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار (I₁، I₂ و I₃) و سه بلوک در چهار تکرار اجرا شد. برای هر تیمار، یک قطعه باغ، با مساحت یک هکتار در نظر گرفته شد. در I₁ تبخیر- تعرق با استفاده از داده‌های هواشناسی کوتاه مدت (روزانه)، و در I₂ براساس داده‌های هواشناسی بلند مدت برآورد شد (بی

پتانسیل بر اساس داده‌های بلند مدت هواشناسی تعیین شد (فرشی و همکاران، 1376).

برای تحلیل تیمارهای مختلف آبیاری، تغییرات رطوبتی خاک بر اساس درصد حجمی رطوبت، قبل و 24 ساعت بعد از آبیاری در دوره‌های 15 روزه با استفاده از حسگر تخمین رطوبت خاک (بر اساس مقاومت الکتریکی) و دستگاه اندازه‌گیری رطوبت خاک -TRIME (FM) انجام شد. با توجه به سیستم آبیاری موجود (قطره ای) و تمرکز بخش اعظم ریشه در لایه سطحی خاک، اندازه‌گیری‌ها در فواصل افقی 10، 30 و 50 سانتیمتری از قطره چکان و عمق‌های 0-20، 20-40، 40-60 و 60-80 سانتیمتری از سطح خاک، قبل و 24 ساعت بعد از آبیاری در تیمارهای I₁ و I₂ اندازه‌گیری شد. کلیه عملیات داشت و برداشت برای هر سه تیمار یکسان و مطابق شرایط معمول در باغ انجام شد.

پس از تعیین میزان عملکرد محصول، با استفاده از مقادیر آب مصرفی، میزان کارآیی مصرف آب در تیمارها و بلوک‌های مختلف تعیین شد و کیفیت میوه از لحاظ پارامترهای مربوط به وضعیت ظاهری و شاخص‌های بازار پسندی نظیر نرمی بافت، آبدار بودن و درشتی میوه، میزان قند و جدائی گوشت از هسته مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با استفاده از نرم افزار SPSS بین داده‌های کمی به دست آمده از تیمارها و بلوک‌های سه گانه تجزیه و تحلیل آماری انجام گرفت.

برای محاسبه زمان آبیاری و میزان آب مصرفی در I₁ و I₂ مراحل زیر انجام شد:

تبخیر- تعرق پتانسیل (ET_o) در I₁ از روی اطلاعات روزانه مزرعه‌ای هواشناسی و در I₂ با استفاده از آمار 10 روزه بلند مدت هواشناسی (دوره 10 ساله) و با استفاده از رابطه پنمن مانیت فائو توصیه شده برای که برای منطقه کرج (Dehghanisanij et al., 2004)، تعیین شد. تغییرات ضریب گیاهی (K_c) زردآلو برای دوره‌های مختلف رشد که طول آن 178 روز می باشد، بر اساس

سیستم آبیاری قطره ای باغ شامل ایستگاه کنترل مرکزی (ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون)، خطوط لوله‌های اصلی، فرعی از جنس پلی اتیلن و با قطرهای 110 و 64 میلیمتر و لوله‌های جانبی (لاترال‌ها) 16 میلی متری بودند. طول لوله‌های جانبی 42 متر و تعداد قطره چکان‌ها برای هر درخت شش عدد بود. قطره چکان‌ها از نوع تنظیم کننده فشار و روی خط، با دبی چهار لیتر در ساعت به فاصله 0/5 متر از یکدیگر بوده که با آرایش حلقوی به شعاع 0/5 متر در اطراف درختان قرار داشتند. در هر تیمار، تعداد 12 درخت برای اندازه‌گیری‌ها و نمونه برداری‌ها مشخص شد. در این بررسی، قطره چکان‌های درخت‌های آزمایش، با قطره چکان‌های جدید مدل نتافیم که ضریب تغییرات آنها کنترل شده بود (C_v = 0.05) جایگزین شد. یک شیر کنترل در ابتدای سیستم لوپ برای تنظیم دقیق تر زمان آبیاری برای هر درخت تعبیه شد.

اطلاعات هواشناسی باغ با استفاده از دستگاه هواشناسی μMETOS که در محدوده باغ نصب شده بود، به صورت ساعتی قرائت و تنها در تیمار آبیاری I₁ اعمال شد. این دستگاه پارامترهای هواشناسی را به صورت ساعتی و روزانه اندازه‌گیری می کند. این دستگاه دارای 10 حسگر اندازه‌گیری شامل بادسنج، رطوبت سنج، باران سنج، تابش خورشیدی سنج، دماسنج خاک، رطوبت سنج برگ، دماسنج هوا و سه حسگر برای اندازه‌گیری مکش خاک در سه عمق مختلف می باشد. دستگاه مجهز به یک برنامه نرم افزاری است که با استفاده از آمار هواشناسی روزانه تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه را از فرمول پنمن مانیت فائو محاسبه می کند. آب موردنیاز روزانه درختان، پس از پردازش از طریق انتقال داده‌ها به کامپیوتر و محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل و اعمال ضریب گیاهی، تعیین شد. مدیریت آبیاری از طریق باز و بسته نمودن شیرهای کنترل ورود آب به قطره چکان‌های سیستم لوپ و به صورت دو روز یکبار تأمین شد. در I₂ تبخیر- تعرق

(لیتر در ساعت) و N_p تعداد قطره چکان برای هر درخت می باشد.

حجم ناخالص آبیاری (Gi) یا آب مصرفی بر حسب لیتر برای هر دور آبیاری از رابطه زیر محاسبه شد:

$$Gi = dg \times sp \times sr \quad (6)$$

که در آن: sp فاصله درختان روی ردیف (متر) و sr فاصله بین ردیف‌ها (متر) می‌باشد. مدت زمان آبیاری (Ta) را می‌توان با توجه به لزوم خیس شدن حجم معینی از خاک برای هر گیاه تعیین نمود (لیاقت و همکاران، 1384) و از رابطه زیر محاسبه شد:

$$Ta = \frac{Gi}{Np \times q_a} \quad (7)$$

نتایج و بحث

نتایج مقادیر پارامترهای یکنواختی توزیع آب در تیمار I_1 و I_2 در جدول 3 ارائه شده است. مقادیر ارائه شده Cv و Eu در این جدول، بر اساس استاندارد های بین المللی (Keller and Bliesner, 1990) در حد مطلوب طبقه بندی می‌شوند. نتایج مربوط به اندازه گیری میزان رطوبت حجمی خاک قبل و 24 ساعت بعد از آبیاری ناحیه ریشه درخت با توجه به حساس بودن درخت زردآلو به تنش رطوبتی، بالا بودن نیاز آبیاری و همچنین ابری نبودن هوا، در دهه اول مرداد ماه در هر دو تیمارهای آبیاری I_1 و I_2 در جدول 4 نشان داده شده است. اطلاعات جدول 4 به منظور اطمینان از توزیع رطوبتی مناسب در منطقه ریشه و عمق های مختلف از سطح خاک و همچنین توزیع رطوبت در عمق و فاصله مختلف از قطره چکان ارائه شده است. بر همین اساس در هر دو تیمار گسترش افقی رطوبت بیشتر از عمودی بوده بوده است و گرادیان تغییرات رطوبت در سطوح بالاتر بیشتر و در سطوح پایین تر کمتر بوده است. این ویژگی‌ها در حالت آبیاری بر اساس داده های هواشناسی بلند مدت بیشتر از حالت آبیاری دقیق است که از تأثیر آن روی سطح سایه انداز در محاسبه نیاز آبی بهره برداری شده است.

مقادیر پیشنهادی سازمان خواربار و کشاورزی جهانی و به‌کارگیری روابط اصلاحی پیشنهادی فائو (Allen et al., 1998)، تعیین شد و در مرحله ابتدایی 0/49، در مرحله میانی 0/90 و در مرحله پایانی رشد 0/72 بدست آمد. سپس، تبخیر - تعرق گیاه زردآلو در هر دو تیمار با ضرب تبخیر - تعرق پتانسیل در ضرب گیاهی بدست آمد.

$$ETc = ETo \times Kc \quad (1)$$

برای محاسبه حداکثر تعرق روزانه گیاه (Td)

از رابطه زیر استفاده شد (ضیاء تبار احمدی، 1371):

$$Td = Ud [Pd + 0.15(1 - Pd)] \quad (2)$$

که در آن: Ud حداکثر تبخیر - تعرق روزانه گیاه (میلی متر در روز) و Pd درصد سایه انداز تصویر افقی تاج درخت روی سطح زمین می باشد که با توجه به اندازه گیری مزرعه ای تعیین شد و در این پژوهش برای زردآلو و شرایط مزرعه آزمایش 40 درصد بدست آمد. عمق ناخالص آبیاری (dg) از رابطه زیر بدست آمد (بی نام، 1385a):

$$dg = \frac{dn}{Eu} = \frac{F \times Td}{Eu} \quad (3)$$

که در آن: F دور آبیاری بوده که در این پژوهش برابر با دو روز بود و dn عمق خالص آبیاری و Eu یکنواختی توزیع آب می باشد. یکنواختی توزیع آب (Eu) از رابطه زیر بدست آمد (Karmeli and Keller, 1975):

$$Cv = \frac{sd}{q_a} \quad (4)$$

$$Eu = 100 \left(1 - 1.27 \left(\frac{Cv}{\sqrt{N_p}} \right) \right) \frac{q_{\min}}{q_a} \quad (5)$$

که در آن: Cv ، ضریب تغییرات آبدهی قطره چکان‌ها، sd انحراف معیار، q_a آبدهی متوسط قطره چکان (لیتر در ساعت)، q_{\min} حداقل آبدهی قطره چکان

جدول 3- میانگین نتایج اندازه گیری پارامتر های یکنواختی توزیع آب در سال های 1387 و 1388

تیمار	q_{min} (l/hr)	q_a (l/hr)	Sd	Cv	Eu
I ₁	3/54	3/89	0/17	0/04	0/92
I ₂	3/58	3/94	0/22	0/06	0/90

هکتار مصرف شده است و در I₃ (تیمار شاهد) که آبیاری با نظر بهره بردار انجام شد، برای هر هکتار 1045 ساعت آبیاری انجام و آب مصرفی معادل 5984 مترمکعب در هر هکتار بوده است. میزان عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمار مربوط به آبیاری دقیق (I₁) به ترتیب 10324/16 و 3/33، در تیمار مربوط به آبیاری براساس داده‌های بلند مدت هواشناسی (I₂)، 9166/66 و 1/99 و در تیمار شاهد (I₃)، 7708/33 و 1/29 کیلوگرم در هکتار و کیلوگرم در هر متر مکعب آب مصرفی بود. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین های پارامترها (عملکرد محصول و کارایی مصرف آب) برای تیمارهای سه گانه به ترتیب در جداول 6 تا 9 ارائه شده است.

همچنین، نتایج محاسبه مربوط به تبخیر- تعرق گیاه (زردآلو)، ساعات آبیاری و میزان آب مصرفی (Gi) با استفاده از فرمول‌ها و روابط مربوطه در طول فصل رویش برای دهه های مختلف از دهه اول اردیبهشت ماه (21 آوریل) تا دهه دوم آبانماه (دوم نوامبر) سال های 1387 و 1388 برای I₁ و I₂ در جدول 5 ارائه شده است. جدول فوق نشان می‌دهد که در شرایط اعمال آبیاری بر اساس شرایط واقعی مزرعه، 510/60 ساعت آبیاری در طول فصل رویش (178 روز)، معادل 3102 متر مکعب در هر هکتار و در تیمار مربوط به آبیاری بر اساس آمار بلند مدت هواشناسی، 657/6 ساعت آبیاری در طول فصل رویش (178 روز)، معادل 4597 متر مکعب آب در هر

جدول 4- میانگین درصد رطوبت خاک (قبل و 24 ساعت بعد از آبیاری) در I₁ و I₂ در سال های 1387 و 1388

نام تیمار آبیاری	$\frac{C_1}{C_0}$	$\frac{C_2}{C_0}$	میانگین رطوبت حجمی خاک (درصد)		
			فاصله از قطره چکان 10 سانتیمتر	فاصله از قطره چکان 30 سانتیمتر	فاصله از قطره چکان 50 سانتیمتر
			متوسط	متوسط	متوسط
آبیاری دقیق (μMETOS)	10		14/57	10/03	6/77
	30	قبل از آبیاری	14/8	11/3	7/37
	50		14/77	10/43	8/03
	70		14/9	11/63	7/87
	10		19/3	11/53	8/17
	30		18/8	12/97	8/7
	50	بعد از آبیاری	18/33	12/47	8/67
	70		16/9	13/37	9/2
	10		15/67	11	10/03
	30	قبل از آبیاری	16/03	11/47	10/33
آبیاری بر اساس داده های بلند مدت هواشناسی	50	آبیاری	14/43	12/73	9/73
	70		11/43	12/67	8/77
	10		27/83	12/37	11/33
	30		29/1	13/07	11/53
	50	بعد از آبیاری	24/87	14/33	10/17
	70		18/23	13/87	10

جدول 5- حداکثر تعرق گیاهی (Td)، مدت زمان آبیاری (Ta) و آب صرفی (Gi) در دهه های مختلف دوره رشد زردآلو در سال های 1387 و 1388

تیمار شاهد (I ₃)	آبیاری قطره ای بر اساس داده های بلند مدت هواشناسی (I ₂)			آبیاری قطره ای دقیق (I ₁)			دهه	ماه
	Gi (m ³ /ha)	Ta (hr)	Td (mm/dec)	Gi (m ³ /ha)	Ta (hr)	Td (mm/dec)		
-	-	-	-	-	-	-	1	
195/26	35	90/29	11/22	6/70	89/5	15/61	8/93	2 اردیبهشت (May)
228/26	37/5	119/79	15/74	9/40	109/85	18/74	10/78	3
260/87	37/5	189/46	26/42	15/80	135/5	22/69	12	1 خرداد (Jun)
293/48	47/5	233/24	33/14	19/90	147/45	24/53	14/61	2
326/09	67/5	294/88	42/59	25/50	206/41	33/62	20/37	3
407/62	72/5	323/68	47	28/20	209/46	34/08	21/14	1 تیر (Jul)
407/62	72/5	343/91	50/11	30	258/91	41/71	26/68	2
407/62	72/5	357/19	52/14	31/30	281/07	45/12	26/64	3
407/62	72/5	381/95	55/94	33/50	211/82	34/45	18/34	1 مرداد (Aug)
407/62	72/5	339/51	49/43	29/60	179/86	29/53	17/10	2
407/62	72/5	330/92	48/11	28/80	217/77	35/37	22/20	3
407/62	72/5	342/74	49/93	29/90	204/8	33/37	19/51	1 شهریور (Sep)
407/62	72/5	294/54	42/53	25/50	185/62	30/41	17/95	2
407/62	72/5	276/26	39/75	23/80	176/86	29/06	16/82	3
326/09	47/5	244/18	34/81	20/90	152/24	25/27	15/75	1 مهر (Oct)
260/08	47/5	184/28	25/63	15/40	129/7	21/79	13/14	2
228/26	37/5	134/45	17/99	10/80	121/85	20/58	12/20	3
195/65	35	115/64	15/10	9/10	83/37	14/67	7/86	1 آبان (Nov)
-	-	-	-	-	-	-	-	2
5984	1045	4597	657/58	394/10	3102	510/60	300/04	- جمع

جدول 6- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه در سال های 1387 و 1388

Sig	F	میانگین مربعات (M.S.)	درجه آزادی	منابع تغییر
0,001	16,26	1298,778**	2	بلوک
0,00	26,397	267,19**	2	تیمار
0,954	0,334	16,44	9	خطا

** در سطح یک درصد معنی دار است

جدول 7- نتایج تجزیه واریانس کارآیی مصرف آب در سال های 1387 و 1388

Sig	F	میانگین مربعات (M.S.)	درجه آزادی	منابع تغییر
0,00	20	5,76**	2	بلوک
0,00	129,9	12,9**	2	تیمار
0,948	0,347	0,1	9	خطا

** در سطح یک درصد معنی دار است

جدول 8- گروه بندی میانگین عملکرد محصول و کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف در سال های 1387 و 1388

کارآیی مصرف آب (kg/m ³)	میانگین عملکرد (kg/ha)	تیمار
3/33a	10324/166a	(1) داده های روزانه هواشناسی توسط دستگاه μ METOS
1/99b	9166/666ab	(2) داده های بلند مدت هواشناسی
1/29c	7708/333 b	(3) تیمار شاهد

جدول 9- گروه بندی میانگین عملکرد محصول و کارآیی مصرف آب در بلوک های مختلف در سال های 1387 و 1388

کارآیی مصرف آب (kg/m ³)	میانگین عملکرد (kg/ha)	بلوک
2/96a	12199/166a	1
1/59c	6504/722c	2
2/06b	8495/277b	3

توضیح: مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شده است.

نتیجه گیری

- آب مصرفی بر اساس داده های روزانه هواشناسی نسبت به داده های بلند مدت هواشناسی 1495 مترمکعب معادل 32/5 درصد و نسبت به تیمار شاهد (انجام آبیاری با نظر بهره بردار) 2882 متر مکعب معادل 48/2 درصد برای هر هکتار در طول فصل رشد کاهش داشت و کارآیی مصرف آب در تیمار I₁ به ترتیب 1/34 و 2/04 کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی بیش از تیمارهای دیگر بدست آمد. این نتایج با نتایج موسوی (1387) در منطقه کرج بر روی محصول ذرت با استفاده از روش آبیاری بارانی، مطابقت دارد.

- ارزیابی کیفیت میوه زردآلو نشان داد که در تیمار I₁ میوه از لحاظ وضعیت ظاهری و بازار پسندی، کاهش

این پژوهش به منظور بررسی اثر الگوی روش محاسبه تبخیر- تعرق گیاهی بر برنامه ریزی آبیاری و آب مصرفی درختان زردآلو (رقم آیباتان) بر اساس داده های هواشناسی روزانه در مقایسه با داده های بلند مدت هواشناسی به مدت دو سال در منطقه کرج اجرا شد. نتایج نشان داد:

- مقدار رطوبت خاک ناحیه ریشه با استفاده از داده های کوتاه مدت هواشناسی (روزانه) در محدوده رطوبت قابل استفاده متغیر بوده و اگر چه مقدار آن نسبت به تیمارهای I₂ و I₃ کمتر بوده است، به درختان تنش رطوبتی وارد نشده است.

چسبندگی گوشت به هسته و کم بودن سفتی گوشت میوه شرایط بهتری نسبت به دو تیمار دیگر دارد.

- میزان ساعات آبیاری در سیستم آبیاری قطره ای با استفاده از داده‌های روزانه دستگاه هواشناسی نسبت به داده‌های بلند مدت 22/4 درصد و نسبت به تیمار سوم 51/1 درصد در طول فصل رشد کمتر بوده است.

- نتایج تجزیه واریانس نشان داد تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارها و بلوک‌های مختلف از نظر میزان عملکرد و کارایی مصرف آب وجود دارد. همچنین، نتایج حاصله از مقایسه میانگین‌های عملکرد و کارایی مصرف آب که با استفاده از آزمون دانکن برای تعیین تیمار برتر انجام شد، نشان داد بین میانگین عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمار I₁ تعیین نیاز آبی بر اساس داده‌های روزانه هواشناسی با دو تیمار دیگر تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. این نتایج نشان می‌دهد در سیستم آبیاری قطره ای حداکثر عملکرد درخت زردآلو در شرایطی حاصل می‌شود که نیاز آبی محصول بر اساس اطلاعات روزانه برآورد شود و بیانگر اثر مثبت ماهیت و خصوصیات روش مطرح شده در کاهش مصرف آب است. در مجموع، می‌توان چنین مطرح نمود که درآبیاری

قطره ای چنانچه متناسب با شرایط و امکانات لازم، آب به طور موثری در اختیار گیاه زردآلو قرار گیرد، باعث افزایش راندمان آبیاری سیستم، صرفه‌جویی و کاهش آب مصرفی و نیز افزایش میزان بهره‌وری آب می‌شود. لذا، از این نظر، روش‌های نوین آبیاری و آبیاری دقیق این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان در زمان و محل مناسب نسبت به انجام آبیاری به مقدار مورد نیاز اقدام نمود.

سپاسگزاری

از دفتر توسعه سامانه‌های نوین آبیاری وزارت جهاد کشاورزی به علت فراهم کردن مزرعه برای انجام تحقیقات و مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی برای انجام آزمایش‌های مربوط به تجزیه کیفی آب آبیاری، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک و تأمین تجهیزات آن سپاسگزاری می‌شود. مقاله حاضر بر گرفته از پایان‌نامه دکتری نویسنده اصلی مقاله است و از پروفیسور گورگن یقیازاریان استاد دانشگاه دولتی کشاورزی ارمنستان نیز سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده:

1. اکبری، م. و ح. دهقانی سانچ. 1386. نقش خودکارسازی در بهبود و توسعه روش‌های آبیاری قطره‌ای. مجموعه مقالات کارگاه فنی اتوماسیون سامانه‌های آبیاری، خرداد 1386، تهران. 10 صفحه.
2. بی‌نام. 1378. الگوی مصرف آب در کشاورزی (نیاز آبی گیاهان، الگوی کشت و راندمان آبیاری). معاونت فنی و امور زیربنایی، وزارت کشاورزی. 166 صفحه.
3. فرشچی، ع.ا.، ش. محمد رضا، ح. رقیه، ق. محمد رضا، ش.ف. مهدی و م. تولایی. 1376. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد دوم (گیاهان باغی). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، وزارت جهاد کشاورزی. 629 صفحه.
4. بی‌نام. 1385a. ضوابط و معیارهای آبیاری تحت فشار (جلد چهارم). دفتر توسعه و بهبود روش‌های آبیاری معاونت صنایع و امور زیربنایی وزارت جهاد کشاورزی. 173 صفحه.

- 5 بی نام. 1385b. کتاب یک دهه تلاش. مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. 543 صفحه.
- 6 دهقانی سانچ، ح. و م. اکبری. 1385. اتوماسیون و کاربرد حسگر های دی الکتریک در سیستم آبیاری قطره ای. مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه های آبیاری. 8 صفحه.
- 7 ضیاء تبار احمدی، م. خ. 1371. آبیاری قطره ای. ترجمه فصل 7 از بخش 15 دستورالعمل مهندسی ملی اداره حفاظت خاک امریکا. انتشارات دانشگاه مازندران. صفحه 95-96.
- 8 لیاقت، ع. س. تیمور، ج. امید و ف. میرزایی. 1384. نمون سازی جبهه رطوبتی خاک از منبع تغذیه خطی در آبیاری قطره ای - نواری، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد 6. شماره 23. صفحه 53-66.
- 9 موسوی، م. 1387. ارزیابی تأثیر اجرای خودکارسازی آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه ای، مطالعه موردی: منطقه کرج، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد. 70 صفحه.
- 10 Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D. and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: guide lines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, paper 56. Rome, Italy.
- 11 Bastianssen, W.G.M., Noordaam E.J.M., Pelgrum H., Davids, Thoreson B.P. and Allen, R.G. 2005. SEBAL model with remotely sensed data to improve. Water resources management under actual field condition. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131(1): 85-89.
- 12 Campbell, G.S. and Campbell M.D. 1982. Irrigation scheduling using soil moisture measurements: Theory and practice. P. 25-42. In D. Hillel(ed). Advances in Irrigation. Vol. 1. Academic press. New York.
- 13 Dehghanisani, H., Yamamoto T. and Rasiah V. 2004. Assessment of evapotranspiration estimation models for use in semi-arid environment. Agricultural Water Management Journal, 64: 91-106.
- 14 Karmeli, D. and Keller J. 1975. Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, Glendora, California 91740, U.S.A.
- 15 Keller, J. and Bliesner R.D. 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation Avi Book Van Nostrand Reinhold, New York. USA.
- 16 Phocaidis, A. 2000. Technical handbook on pressurized irrigation techniques. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. pp. 101.
- 17 Taley, S.M., Petode R.S. and Manker A.N., 1998. Automation in drip irrigation system for cotton growing on large scale, a case study. pp. 16.
- 18 Vakhidov, A. 1985. Drip Irrigation in apricot orchards in Tadzhikestan. Perspective-parkticheskogo- Ispolzovaniya- kkapelnogo-Orosheniya-sadovodstive-I- vinogradarstve-materialy-soveshcheniya-Iyan. P. 61-66.