ارزیابی استفاده از تشت‌های تبخیر در محیط گلخانه

محمد جواد امیری، جهانگیر عابدی کوپایی*، سید سعید اسلامیان [۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۳۰)

چکیده

روش تشت تبخیر کلاس A یکی از روش‌های بسیار رایج در تخمین تبخیر- تعرق در گلخانه می‌باشد که به دلیل سادگی، هزینه نسبتاً کم و توانایی تخمین تبخیر- تعرق روزانه به طور گسترده در جهان استفاده می‌شود. به دلیل فضای زیاد اشغال شده توسط تشت کلاس A و عدم دقت این وسیله برای مقادیر خیلی کم تبخیر، نوع دیگری از تشت تبخیر به نام تشت کوچک استفاده می‌گردد. در این تحقیق، به منظور ارزیابی استفاده از تشت‌های تبخیر برای تعیین نیاز آبی درون گلخانه، از دو دستگاه تشت کلاس A (یکی در خارج و دیگری در داخل گلخانه) و یک دستگاه تشت کوچک در درون گلخانه استفاده گردید. به منظور تعیین میزان تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع، از سه عدد لایسیمتر زهکش‌دار در درون گلخانه و سه عدد میکرولایسیمتر وزنی در درون و بیرون گلخانه استفاده گردید. ضریب هر تشت با مقایسه رابطه بین داده‌های لایسیمتری و داده‌های اندازه‌گیری شده از تشت به‌دست آمد. با مقایسه تبخیر- تعرق ماهانه تخمین زده شده به‌وسیله تشت کلاس A و تشت کوچک با داده‌های لایسیمتری در درون گلخانه، ضریب همبستگی برابر۰/۹۷۴ و ۰/۹۸۲ به دست آمد. هم‌چنین با مقایسه تبخیر- تعرق ماهانه تخمین زده شده به‌وسیله تشت کلاس A نصب شده درخارج گلخانه و مقایسه آن با داده‌های لایسیمتری در درون گلخانه، ضریب همبستگی برابر ۰/۷۵۶ تعیین شد. برای محاسبه دقیق نیاز آبی درون گلخانه باید به جای استفاده ازتشت کلاس A خارج، از تشت کوچک یا تشت کلاس A در درون گلخانه استفاده گردد که تشت کوچک به علت هزینه کم، استفاده آسان و مهمتر از همه فضای مورد نیاز کمتر جایگزین آن می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق مرجع، ضریب تشت، تشت کلاس A، تشت کوچک

مقدمه

محدودیت کمی و کیفی منابع آب، مشکلات ناشی از آبیاری بیش از نیاز گیاه و آلودگی آب‌های زیرزمینی از عمده‌ترین تنگناها و مشکلات کشاورزی کشور می‌باشد. از طرف دیگر افزایش روز افزون جمعیت نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر را ایجاب می‌کند. بنابراین یافتن راهکارهایی جهت غلبه بر کمبود آب همواره از اولویت‌های مطالعاتی و پژوهشی بوده است تا بتوان محصولات کشاورزی را برای این جمعیت رو به ازدیاد، تولید نمود. لذا با توجه به ضرورت بهره‌برداری بهینه از آب، خاک، نهاده‌ها و نیروی انسانی کشور در جهت رشد درآمد ناخالص ملی و تأمین مواد غذایی، برنامه‌های توسعه شهرک‌های گلخانه‌ای یکی از اولویت‌های بخش کشاورزی کشور می‌باشد (۵). گلخانه‌ها سازه‌هایی هستند که باید شرایط رشد مطلوب گیاه را در تمام طول سال فراهم نمایند. به طوری که شرایط اقلیمی مورد نیاز گیاه را در مقایسه با اقلیم بیرونی اصلاح نمایند (۵ و ۹). در شرایط کنترل شده گلخانه،

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: koupai@cc.iut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

تخمین دقیق تبخیر- تعرق برای تعیین میزان آب مورد نیاز گیاهان بسیار ضروری است. منظور از تبخیر- تعرق، مقدار آبی است که باید به گیاه داده شود تا در طول دوره رویش صرف نماید، رشد خود را تکمیل نموده و حداکثر مقدار محصول را تولید کند، بدون آن که با تنش آبی مواجه شود (۴). چهار عامل مهم محیطی گلخانه یعنی شدت تابش نور، میزان CO_2، دما و درصد رطوبت نسبی روی تبخیر- تعرق گیاهان گلخانه‌ای تأثیر به سزایی دارند و با توجه به متغیر بودن این چهار عامل، تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع توسط روش‌های محاسباتی کار مشکلی است (۲، ۶، ۸ و ۱۵). تبخیر- تعرق مرجع (ET_o) می‌تواند به وسیله لایسیمتر تعیین گردد. اما این روش به علت هزینه زیاد و مشکلات کاربرد آن کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۶ و ۱۳). بنابراین سعی می‌شود که ET_o به‌وسیله برخی تجهیزات از جمله تشت کلاس A، تشت کوچک و آتمومترها تخمین زده شود (۱۳). در شرایط گلخانه، تبخیر- تعرق سطح مرجع به روش‌های مختلفی قابل تخمین می‌باشد. اما روش تشت کلاس A یکی از روش‌های بسیار رایج در این مورد می‌باشد که به دلیل سادگی، هزینه نسبتاً کم و توانایی تخمین تبخیر- تعرق روزانه، به طور گسترده در جهان استفاده می‌شود (۱۳). نتایج تحقیقات در مورد این‌که ضریب تشت (K_P) چقدر می‌تواند درون گلخانه استفاده شود هنوز قطعی نیست. به علاوه بعضی از تولید کنندگان اعتقاد دارند که اشغال کردن مساحت زیاد در گلخانه توسط تشت تبخیر کلاس A که به عنوان فضای از دست رفته شمرده می‌شود مناسب رشد نیست (۱۱ و ۱۳). K_P بر اساس سرعت باد، رطوبت نسبی و اندازه حاشیه گیاهان مجاور تعیین می‌گردد (۱ و ۱۲). برای تعیین مقدار K_P درون گلخانه، این متغیرها به سادگی اندازه‌گیری می‌شود. به هر حال با تحقیقات انجام شده روی این ضریب در شرایط گلخانه مقدار آن را بسیار نزدیک به یک به‌دست آورده‌اند (۱۰، ۱۱ و ۱۳). به دلیل فضای زیاد اشغال شده توسط تشت کلاس A در درون گلخانه و عدم دقت این وسیله برای مقادیر خیلی کم تبخیر (۳)، نوع دیگری از تشت تبخیر به نام تشت کوچک (Reduced pan) که برای اولین بار توسط خان و همکاران (۱۴) ارائه شد، استفاده می‌شود. بلانکو و فولگاتی (۱۰)، به منظور ارزیابی نحوه اجرا و استفاده از تجهیزات ساده اندازه‌گیری تبخیر در تخمین تبخیر- تعرق درون گلخانه، یک آزمایش در برزیل در فصل رشد گوجه‌فرنگی انجام دادند. در این آزمایش، سرعت روزانه تبخیر آب از آتمومتر، آتمومتر تعدیل شده (Modified atmometer)، تشت کوچک نصب شده در درون گلخانه و تشت کلاس A نصب شده در بیرون گلخانه اندازه‌گیری شد. هم‌چنین برای بیان دقت هر کدام از تجهیزات، تبخیر- تعرق به‌وسیله معادله پنمن- مانتیث نیز محاسبه گردید. نتایج نشان داد که آتمومتر تعدیل شده، آتمومتر، تشت کوچک وتشت کلاس A در بیرون گلخانه به ترتیب دارای بیشترین دقت در تخمین تبخیر- تعرق درون گلخانه می‌باشند (۱۱). استفاده از تشت درون گلخانه هنوز موضوع چالش برانگیزی است، زیرا اگر چه ضریب تشت (K_P) بر اساس سرعت باد، رطوبت نسبی و پارامترهای دیگری محاسبه می‌شود که به راحتی درون گلخانه قابل اندازه‌گیری است، اما تحقیقات نشان داده که ضریب تشت مورد استفاده درون گلخانه عدد ثابتی نیست (۱۱ و ۱۳). هدف از انجام این تحقیق تعیین ضرایب تشت کلاس A و تشت کوچک در ماه‌های مختلف سال جهت تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع درون گلخانه و مقایسه نتایج حاصل از آن با نتایج به‌دست آمده از سایر تحقیقات و در نتیجه ارزیابی کارایی تشت‌های تبخیر در تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه‌ای شمالی- جنوبی واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۲۴/۴ متر از سطح دریا انجام شد. این گلخانه شامل چهار سالن به ابعاد ۲۰ ×۱۰ متر بوده که سالن‌ها دارای پوشش مختلف از نوع حصیر یا توری‌های پلی اتیلن می‌باشند. سالن

www.SID.ir

جدول ۱. مشخصات لایسیمترها و میکرولایسیمترها

نوع لایسیمتر	قطر (cm)	ارتفاع (cm)	مساحت دهانه (cm^2)	جنس
لایسیمتر زهکش‌دار	۴۷	۹۸	۱۷۳۵	پلاستیک فشرده
میکرولایسیمتر وزنی	۲۰	۶۰	۳۱۴/۲	PVC

استفاده شده در این تحقیق دارای پوشش شیشه رنگ شده همراه با توری‌های پلی اتیلن می‌باشد. به منظور تعیین تبخیر- تعرق گیاه مرجع از سه میکرولایسیمتر وزنی درون و بیرون گلخانه و سه لایسیمتر زهکش‌دار در درون گلخانه استفاده گردید. مشخصات این لایسیمترها در جدول ۱ آورده شده است. برای اندازه‌گیری تبخیر-تعرق مرجع از گیاه چمن استفاده شد که کاشت آن به صورت نشاکاری در لایسیمترها و میکرولایسیمترها صورت گرفت. تغییر ذخیره رطوبتی خاک (ΔS) در لایسیمترهای زهکش‌دار از طریق تانسیومتر و در میکرولایسیمترها از طریق وزن کردن آنها محاسبه گردید. در این تحقیق به منظور ارزیابی تشت‌های تبخیر در تخمین تبخیر- تعرق مرجع، از تشت‌های کوچک و کلاس A در درون گلخانه و داده‌های تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در خارج گلخانه استفاده گردید. مدت داده برداری در این تحقیق یک سال، از اول مهر ۱۳۸۶ تا اول مهر ۱۳۸۷ بود. با توجه به آمار هواشناسی ۱۰ ساله، میانگین دمای سالانه در منطقه اجرایی تحقیق ۱۷/۰۳ درجه سانتی‌گراد و گرمترین و سردترین ماه‌های سال به ترتیب تیر و دی می‌باشند. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۳۴ میلی‌متر، متوسط رطوبت سالانه ۳۸ درصد، حداقل رطوبت نسبی در شهریور برابر با ۱۵/۵۴ درصد و حداکثر آن در اسفند و برابر با ۸۵/۶۶ درصد گزارش شده است (۱).

تعیین تبخیر- تعرق مرجع درون گلخانه

۱. استفاده از لایسیمتر

تعیین تبخیر- تعرق در گلخانه با استفاده از لایسیمتر بسیار دقیق می‌باشدکه برای این منظور می‌توان از سه نوع لایسیمتر وزنی، هیدرولیکی و زهکش‌دار استفاده کرد (۱۵). لایسیمتر وزنی به دلیل هزینه زیاد ساخت و نگه‌داری و لایسیمتر هیدرولیکی به علت نیاز به واسنجی، کمتر کاربرد دارند. بنابراین از لایسیمترهای زهکش‌دار به علت این‌که از لحاظ ساخت آسان‌تر و لذا عملی‌تر می‌باشند استفاده می‌گردد (۶ و ۱۵). در این تحقیق از لایسیمترهای زهکش‌دار با قطر ۴۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۹۸ سانتی‌متر، استفاده گردید. گیاه مرجع چمن در سه عدد لایسیمتر در درون گلخانه کشت شد. بیلان آب ورودی و خروجی در لایسیمترهای زهکش‌دار با فرمول زیر نشان داده می‌شود:

$$P + I \pm RO = ET + Dp \pm \Delta S \qquad [۱]$$

که P بارندگی (مقدار آن در گلخانه صفر در نظر گرفته می‌شود)، I میزان آب آبیاری، ET تبخیر و تعرق، D_p نفوذ عمقی، RO رواناب سطحی خارج شده از زمین (که مقدار آن نیز صفر در نظر گرفته می‌شود) و ΔS تغییر ذخیره رطوبتی خاک است که به‌وسیله تانسیومتر اندازه‌گیری می‌شود.

۲. استفاده از میکرولایسیمتر

در این تحقیق برای به‌دست آوردن ضریب تشت‌ها از سه عدد میکرولایسیمتر با عمق ۶۰ سانتی‌متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر در درون و بیرون گلخانه استفاده گردید، که با اندازه‌گیری مقدار کاهش وزن میکرولایسیمتر می‌توان میزان تبخیر- تعرق را تعیین نمود (از فرمول ۱ استفاده می‌گردد، با این تفاوت که ΔS به صورت وزنی محاسبه می‌شود).

در گلخانه سعی شد تا حدودی شرایط طبیعی خاک مزرعه در لایسیمترها و میکرولایسیمترها ایجاد شود. برای این‌که تراکم خاک در هر میکرولایسیمتر برابر تراکم خاک در مزرعه شود، باید چگالی ظاهری خاک در هر میکرولایسیمتر برابر ۱/۳۸

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

پارامتر اندازه‌گیری شده	مقدار
pH	۷/۹
EC (دسی‌زیمنس بر متر)	۲/۶
درصد رس	۳۵
درصد سیلت	۴۱
درصد شن	۲۴
بافت خاک	لوم رسی
وزن مخصوص واقعی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۲/۶۷
وزن مخصوص ظاهری (گرم برسانتی‌متر مکعب)	۱/۳۸
SAR (نسبت جذب سدیم)	۶/۹۷

گرم بر سانتی‌متر مکعب (چگالی ظاهری خاک در مزرعه) باشد. لذا وزن خاک در هر میکرولایسیمتر از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$M = \rho_b * V \qquad [۲]$$

که در آن:

M : وزن خاک در هر میکرولایسیمتر

ρ_b: چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

V : حجم خاک در هر میکرولایسیمتر

سعی شد تراکم خاک لایسیمترها در هنگام پر شدن رعایت شود. هم‌زمان با اندازه‌گیری تبخیر- تعرق از طریق لایسیمترها و میکرولایسیمترها، پارامترهای هواشناسی از قبیل دماهای بیشینه و کمینه به صورت روزانه و رطوبت نسبی و میزان تابش خورشیدی با تکرار سه بار در روز ثبت گردید. جدول ۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در لایسیمترها و میکرولایسیمترها را نشان می‌دهد.

تخمین تبخیر- تعرق مرجع درون گلخانه با استفاده از تشت‌های تبخیر

۱. استفاده از تشت تبخیرکلاس A

تشت تبخیر کلاس A که ظرفی استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر ۱۲۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵/۴ سانتی‌متر است (۷)، یکی از روش‌های بسیار رایج در تخمین تبخیر - تعرق در گلخانه می‌باشد که به دلیل سادگی، هزینه نسبتاً کم و توانایی تخمین تبخیر وتعرق روزانه به طور گسترده در جهان استفاده می‌شود (۸، ۱۱ و ۱۳). میزان تبخیر از تشت را می‌توان با ضریبی به تبخیر- تعرق گیاه مرجع مرتبط نمود. علی‌رغم اختلاف‌های موجود بین تبخیر از تشت و تعرق گیاهی، استفاده از داده‌های تبخیر از تشت برای محاسبه تبخیر- تعرق گیاه مرجع برای دوره‌های ۱۰ روزه و بیشتر از آن مفید است (۱۲). در صورتی که میزان تبخیر از تشت در یک دوره زمانی مشخص(ماه یا روز) برابر E_P باشد تبخیر-تعرق سطح مرجع (ET_o) در همان دوره برابر خواهد بود با:

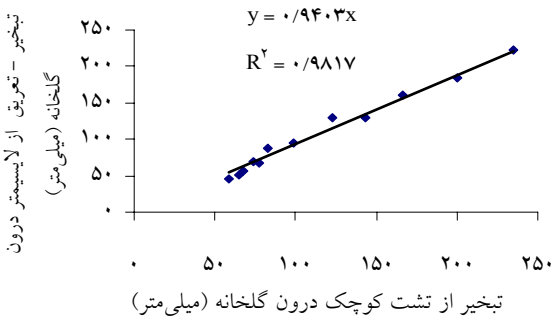
$$ET_o = Kp \times Ep \qquad [۳]$$

که ET_o تبخیر - تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر)، Kp ضریب تشت و Ep میزان تبخیر از تشت (میلی‌متر) است.

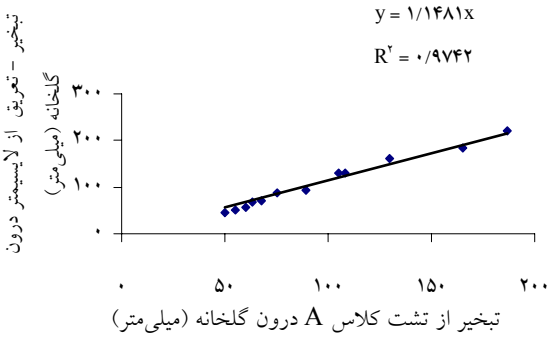
۲. استفاده از تشت کوچک

درون گلخانه، به دلیل فضای زیاد اشغال شده توسط تشت کلاس A و عدم دقت این وسیله برای مقادیر خیلی کم تبخیر (۳)، نوع دیگری از تشت تبخیر به نام تشت کوچک استفاده می‌شود (۱۴). این نوع تشت تبخیر ظرفی استوانه‌ای از جنس آهن

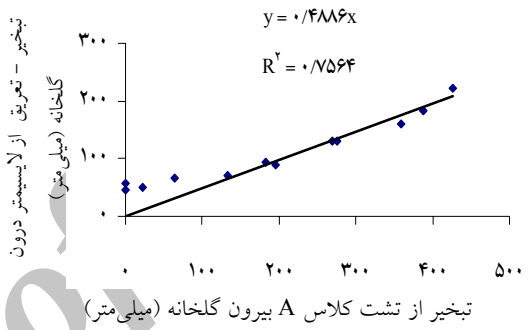
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱. تعیین ضریب تشت کوچک در تخمین تبخیر- تعرق در درون گلخانه



شکل ۲. تعیین ضریب تشت کلاس A در تخمین تبخیر- تعرق در درون گلخانه



شکل ۳. تعیین ضریب تشت کلاس A محیط آزاد در تخمین تبخیر- تعرق درون گلخانه

گالوانیزه با قطر ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد. روش محاسبه تبخیر- تعرق مرجع به‌وسیله این تشت همانند تشت کلاس A است.

نتایج و بحث

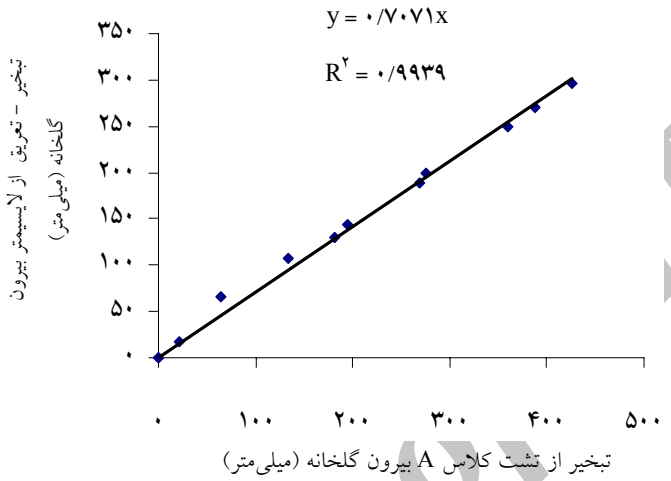
به منظور استفاده از تشت‌های تبخیر کلاس A و تشت کوچک در تخمین تبخیر- تعرق مرجع درون گلخانه، بین میانگین ماهانه داده‌های لایسیمتری درون گلخانه و میانگین ماهانه تبخیر از تشت‌ها، یک رابطه خطی برازش داده شد. شکل‌های ۱ و ۲ چگونگی این ارتباط را نشان می‌دهند. ضریب ماهانه تشت کوچک و کلاس A به ترتیب برابر با ۰/۹۴ و ۱/۱۵ به‌دست آمد که در مقایسه با ضریب تشت در محیط آزاد بسیار متفاوت است. در برخی موارد برای تعیین نیاز آبی در شرایط گلخانه از اطلاعات تشت کلاس A که در ایستگاه هواشناسی مجاور گلخانه وجود دارد، استفاده می‌شود. به همین دلیل برای مقایسه تشت‌ها در شرایط محیط درون و بیرون، داده‌های تبخیر از تشت در بیرون گلخانه با داده‌های لایسیمتری درون گلخانه مقایسه و ضریب این تشت برای محاسبه تبخیر- تعرق درون گلخانه به‌دست آمد. با توجه به شکل ۳ این ضریب برابر با ۰/۴۸ می‌باشد. لازم به ذکر است که در محاسبه این ضریب ماه‌های دی و بهمن که تبخیر از تشت‌ها صفر در نظر گرفته شده است، نیز لحاظ گردیده است. مقایسه شکل‌های ۱ تا ۳ نشان می‌دهد که استفاده از تشت در شرایط درون گلخانه نسبت به شرایط محیط آزاد، دارای ضریب همبستگی بالاتری می‌باشد. با توجه به این‌که در گذشته از تشت کلاس A در بیرون گلخانه به عنوان یکی از روش‌های رایج در تخمین نیاز آبی در درون گلخانه استفاده می‌گردید، نتایج حاصل از این تحقیق استفاده از روش‌های موجود در گلخانه از جمله استفاده از داده‌های تشت تبخیر را برای تخمین تبخیر- تعرق مرجع درون گلخانه ارجحیت می‌دهد.

با توجه به ضریب تعیین نزدیک به هم برای تشت کلاس A (R^2= ۰/۹۷) و تشت کوچک (R^2= ۰/۹۸) در محاسبه نیاز آبی در گلخانه، استفاده از تشت کوچک به علت اهمیت فضای گلخانه منطقی‌تر به نظر می‌رسد. جدول ۳ رتبه بندی انواع تشت‌ها را در محاسبه نیاز آبی درون گلخانه نشان می‌دهد. برای به‌دست آوردن میانگین ماهانه ضریب تشت در بیرون گلخانه،

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۳. مقایسه تشت‌ها در محاسبه نیاز آبی درون گلخانه

نوع تشت	ضریب تشت	R^2	رتبه بندی
تشت کوچک	۰/۹۴۰۳	۰/۹۸۱۷	۱
تشت کلاس A درون گلخانه	۱/۱۴۸	۰/۹۷۴	۲
تشت کلاس A بیرون گلخانه	۰/۴۸۸۶	۰/۷۵۶۴	۳



شکل ۴. تعیین ضریب تشت کلاس A در محیط آزاد

بین داده‌های میکرولایسیمتری و تشت تبخیر که هر دو در محیط آزاد قرار داشتند یک رابطه خطی برقرار شد که با توجه به شکل ۴ این ضریب برابر با ۰/۷۱ به‌دست آمد. جدول ۴ میزان ضریب هرکدام از تشت‌ها را برای ماه‌های مختلف نشان می‌دهد. در این جدول هم‌چنین میزان تبخیر- تعرق چمن در شرایط درون و بیرون گلخانه بیان شده است.

با توجه به ضرایب به‌دست آمده، میزان ضریب تشت تبخیر در گلخانه به یک نزدیک می‌باشد. پرادوس (۱۹۸۶)، در تحقیقی که روی گیاه گوجه‌فرنگی درون گلخانه‌ای که با پلی اتیلن سبک پوشیده شده بود انجام داد، شباهتی را بین K_P و K_C به دست آمده، با مقادیر K_C ذکر شده در مراجع مشاهده کرد و به این نتیجه رسید که K_P داخل گلخانه باید به یک خیلی نزدیک باشد (به نقل از۱۰ و ۱۳). بلانکو و فولگاتی (۱۰) برای تخمین تبخیر- تعرق درون گلخانه از تشت تبخیر کوچک استفاده کردند و ضریب ۰/۸۸ را برای تبدیل تبخیر از تشت کوچک به تشت کلاس A به کار بردند. آنها در محاسبات خود ضریب K_P را برابر با یک در نظر گرفتند. مدیروس و همکاران (۱۹۹۷)، ضریب ۰/۸۷ را برای تبدیل از تشت کوچک به تشت کلاس A به کار بردند (به نقل از ۱۰). مطابق شکل ۵ این ضریب برای این تحقیق ۰/۸۲ به‌دست آمد که نتایج حاصل از تحقیقات گذشته را تأیید می‌کند. در اینجا بایستی متذکر شد که با توجه به جدول ۲ ضرایب ماهانه تشت‌ها در تخمین تبخیر- تعرق درون گلخانه متفاوت می‌باشد. اما به طور میانگین می‌توان بیان کرد که این ضریب در گلخانه به عدد یک نزدیک است.

مقایسه اقلیم (پارامترهای تأثیرگذار بر تبخیر-تعرق) در درون و بیرون گلخانه

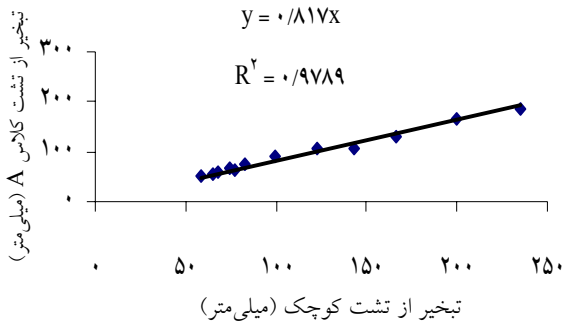
نتایج فوق می‌تواند بر اساس تأثیری که عوامل اصلی اقلیم درون گلخانه بر تبخیر- تعرق دارند توضیح داده شود. با توجه به این‌که درون گلخانه شیشه‌ای سرعت باد بسیار کم (در حد

www.SID.ir

جدول۴. میانگین ضرایب تشت‌ها برای ماه‌های مختلف

ماه	ET_o[8] (in)	ET_o[7] (out)	E_P[6] (in)	E_{rp}[5] (in)	E_P[4] (out)	K_P[3] (in)	K_{rp}[2] (in)	K_P[1] (out)
مهر	۸۸/۲	۱۴۳	۷۵	۸۳	۱۹۵	۱/۱۷۶	۱/۰۶۳	۰/۷۳۳
آبان	۷۰	۱۰۷	۶۸	۷۴	۱۳۳	۱/۰۲۹	۰/۹۴۶	۰/۸۰۴
آذر	۵۱/۴	۱۸	۵۵	۶۵	۲۲	۰/۹۳۴	۰/۷۹۱	۰/۸۱۸
دی	۴۵	–	۵۰	۵۹	–	۰/۹	۰/۷۶۳	۰/۸۵ [9]
بهمن	۵۶/۲	–	۶۰	۶۸	–	۰/۹۳۷	۰/۸۲۶	۰/۸۵ [9]
اسفند	۶۷/۵	۶۶	۶۳	۷۷	۶۴	۱/۰۷۱	۰/۸۷۶	۱/۰۳۱
فروردین	۹۴/۷	۱۳۰	۸۹	۹۹	۱۸۲	۱/۰۶۴	۰/۹۵۶	۰/۷۱۴
اردیبهشت	۱۳۰	۱۸۸	۱۰۵	۱۴۳	۲۶۹	۱/۲۴	۰/۹۰۹	۰/۶۹۸
خرداد	۱۶۰	۲۵۰	۱۳۰	۱۶۶	۳۵۹	۱/۲۳۱	۰/۹۶۴	۰/۶۹۶
تیر	۲۲۲	۲۹۶	۱۸۷	۲۳۵	۴۲۶	۱/۱۸۷	۰/۹۴۵	۰/۶۹۴
مرداد	۱۸۳/۶	۲۷۰	۱۶۵	۲۰۰	۳۸۸	۱/۱۱۳	۰/۹۱۸	۰/۶۹۵
شهریور	۱۳۰	۲۰۰	۱۰۸	۱۲۳	۲۷۵	۱/۱۹	۱/۰۵۷	۰/۷۲۷
میانگین	۱۰۸/۱۵	۱۳۹	۹۶/۲۸	۱۱۶	۱۹۲/۷۵	۱/۰۹	۰/۹۱۷۸	۰/۷۷۶

۱. میزان ضریب تشت کلاس A در محیط آزاد
۲. میزان ضریب تشت کوچک درون گلخانه
۳. میزان ضریب تشت کلاس A درون گلخانه
۴. میزان تبخیر ماهانه از تشت کلاس A در بیرون گلخانه (میلی‌متر)
۵. میزان تبخیر ماهانه از تشت کوچک در درون گلخانه (میلی‌متر)
۶. میزان تبخیر ماهانه از تشت تبخیر کلاس A در درون گلخانه (میلی‌متر)
۷. میانگین تبخیر- تعرق ماهانه چمن اندازه‌گیری شده از طریق میکرولایسیمترها در محیط آزاد (میلی‌متر)
۸. میانگین تبخیر- تعرق ماهانه چمن اندازه‌گیری شده از طریق لایسیمترها در درون گلخانه (میلی‌متر)
۹. بر اساس جدول دورنبوس و پروئیت به دست آمده است.

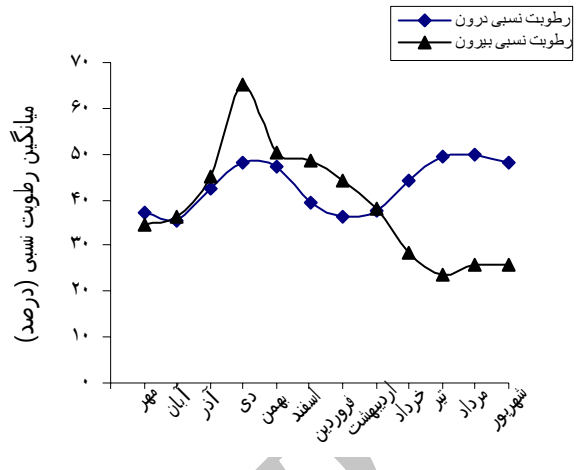


شکل ۵. تعیین ضریب تبدیل تشت کوچک به کلاس A درون گلخانه

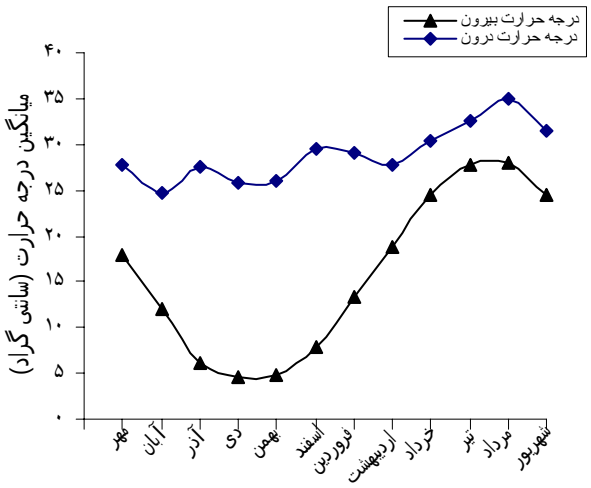
صفر، به جز زمان تهویه)، رطوبت نسبی بالا، دمای محیط بالا و انرژی تابشی خورشیدی توسط پوشش شیشه‌ای کاهش پیدا می‌کند، میزان تبخیر- تعرق در این محیط کمتر از محیط بیرون بوده است. شکل‌های ۶ و ۷ میانگین رطوبت نسبی و دمای ماهانه را در داخل و خارج گلخانه نشان می‌دهند.

در این تحقیق میزان تشعشع خورشیدی در حدود ۳۸/۸۳ درصد محیط آزاد به‌دست آمد. شکل ۸ تابش خورشیدی را در درون گلخانه نسبت به بیرون گلخانه نشان می‌دهد. به عنوان نمونه، تأثیر پوشش گلخانه در کاهش نور خورشید به طور متوسط در فصل بهار در ساعات مختلف روز در شکل ۹ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۹ مشخص است حداکثر تابش خورشیدی در ساعت ۱۲ ظهر مشاهده می‌شود که این مقدار در درون گلخانه به میزان ۶۰ درصد کاهش

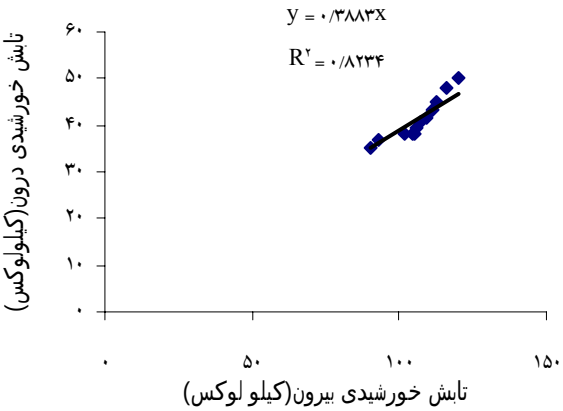
Archive of SID
www.SID.ir



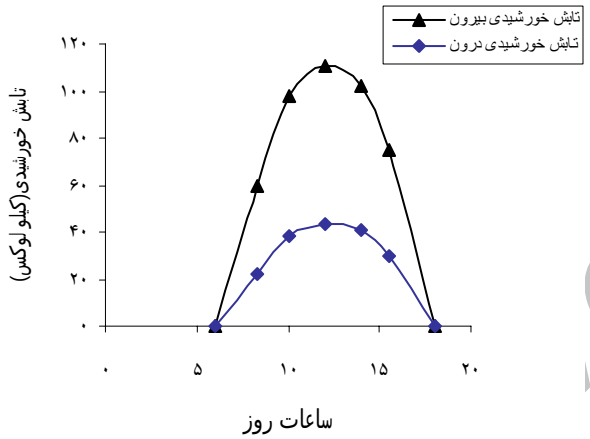
شکل۶. میانگین رطوبت نسبی ماهانه در درون و بیرون گلخانه



شکل۷. میانگین دمای ماهانه در درون و بیرون گلخانه



شکل۸ . رابطه تابش خورشیدی بیرون و درون گلخانه

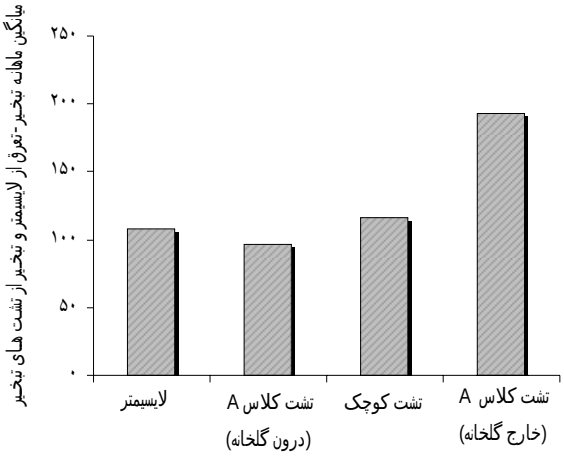


شکل۹. میانگین تابش خورشیدی در ساعات مختلف روز در طول فصل بهار در درون و بیرون گلخانه

یافته است. البته باید متذکر شد که برای رسم دقیق این نمودار در طول روز به دستگاه‌هایی نیاز است که بتواند نور خورشید را به طور دائم در تمام لحظات روز ثبت کند. برای بررسی پارامترهای تأثیر گذار بر تبخیر- تعرق در درون گلخانه باید ترکیب عوامل محیطی بر نیاز آبی بررسی شود. به عنوان نمونه رطوبت نسبی بالا باعث کاهش تعرق گیاهی می‌شود. اما در شرایطی که در گلخانه تهویه صورت گیرد با کاهش رطوبت نسبی، تعرق افزایش می‌یابد.

استفاده از تبخیر- تعرق مرجع در به‌دست آوردن نیاز آبی گیاهان در گلخانه بسیار مشکل و حساس می‌باشد و با توجه به هزینه بالا و مشکلات کاربرد لایسیمترها، استفاده از تشت‌ها می‌تواند بسیار مفید واقع شود. برای ارزیابی بیشتر دقت تشت‌های تبخیر در تخمین تبخیر- تعرق درون گلخانه، میزان میانگین ماهانه تبخیر از تشت‌ها و میزان میانگین ماهانه تبخیر- تعرق از لایسیمتر در درون گلخانه مورد مقایسه قرار گرفت (با توجه به این که میانگین ضرایب تشت‌ها در درون گلخانه نزدیک به یک به‌دست آمد و هم‌چنین در برخی موارد برای تعیین نیاز آبی در شرایط

www.SID.ir



شکل ۱۰. مقایسه تشت‌ها برای تخمین تبخیر-تعرق مرجع درون گلخانه

گلخانه از اطلاعات تشت کلاس A که در ایستگاه هواشناسی مجاور گلخانه وجود دارد، استفاده می‌شود). شکل ۱۰ نشان می‌دهد که به ترتیب تشت کوچک، تشت کلاس A درون گلخانه و تشت کلاس A بیرون گلخانه دارای بالاترین دقت می‌باشند. چنانچه از داده‌های تشت کلاس A در خارج گلخانه برای تخمین تبخیر- تعرق مرجع در درون گلخانه استفاده گردد بایستی ضریبی به کار رود که برای هر گلخانه با توجه به نوع پوشش و شرایط اقلیمی آن متفاوت است.

نتیجه‌گیری

با توجه به ضریب همبستگی بالای بین تشت کوچک و تشت کلاس A با داده های لایسیمتری در درون گلخانه، پیشنهاد می شود برای محاسبه نیاز آبی در درون گلخانه، به جای استفاده ازتشت کلاس A خارج، از تشت کوچک یا تشت کلاس A در درون گلخانه استفاده گردد که در این بین تشت کوچک به علت هزینه کم، استفاده آسان و اشغال جای کمتر مناسب تر به نظر می رسد.

منابع مورد استفاده

۱. امیری، م. ج.، ج. عابدی کوپایی و م. خزاعی. ۱۳۸۷. بهترین روش تعیین ضریب تشت تبخیر کلاس A در تخمین تبخیر- تعرق روزانه در منطقه اصفهان. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۲۳ الی ۲۵ مهرماه، لوح فشرده، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز.

۲. شاهین رخسار، پ. و ا. سلامتیان.۱۳۸۰. تخمین تبخیر- تعرق در گلخانه. سومین همایش سراسری دانشجویان و دانش آموختگان مهندسی آبیاری، لوح فشرده، دانشگاه مازندران.

۳. شهابی فر، م.، م. عصاری، م. کوچک زاده و ع. عزیزی زهان. ۱۳۸۶. استفاده از تشت تبخیر برای تعیین تبخیر -تعرق سطح مرجع در شرایط گلخانه‌ای، اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای، لوح فشرده.

۴. علیزاده، ا.، ۱۳۸۳. رابطه آب و خاک و گیاه، انتشارات آستان قدس رضوی،۴۷۰ صفحه.

۵. محبوب خمامی، ع.، ۱۳۸۳. *سازه‌های گلخانه ای*. نشر حق شناس (ترجمه)، ۱۵۰ صفحه.

6. Abedi-Koupai, J., M. J. Amiri and S. S. Eslamian. 2009. Comparison of artificial neural network and physically based models for estimating of reference evapotranspiration in greenhouse. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 3(3): 2528-2535.
7. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop

Archive of SID
www.SID.ir

water requirements). Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO. Rome, Italy, 300 p.
8. Baille, A. 1994. Principle and methods for predicting crop water requirement in greenhouse environments. CIHEAM. 31: 177-187.
9. Baille, A., C. Kittas and N. Katsoulas. 2001. Influence of whitening on greenhouse microclimate and crop energy partitioning. Agric. For. Meteorol. 107: 293-306.
10. Blanco, F.F. and M. V Folegatti, 2003. Evapotranspiration and crop coefficient of cucumber in greenhouse. Revista Brasileria de Engenharia Agricola e Ambiental, 7(2) : 285-291.
11. Blanco, F. F., and M. V. Folegatti. 2004. Evaluation of evaporation- measuring for estimating evapotranspiration within a greenhouse. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambieental. 8(2-3):184-188.
12. Doorenbos, J., and W. O Pruitt. 1977. Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, Bull. FAO. No. 24, 144p.
13. Fernandes, C., J. E. Cora, and J. A. Compos de Araujo. (2003). Reference evapotanspiration estimation inside greenhouse. Scientia Agricola. 60(3): 591-594.
14. Khan, L. P., J. A. Gill and R. Acosta. 1998. Design and performance of a hydraulic lysimeter for measurement of potential evapotranspiration. Bioagro. 10(1): 11-17.
15. Kirnak, H., R. C. Hansen, H. M. Keener and T. H. Short. 2002. An evaluation of physically based and empirically determined evapotranspiration models for nursery plants. Turk. J. Agric. For. 26: 355-362.

Archive of SID

www.SID.ir