ارزیابی برخی از روش‌های محاسباتی تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع چمن با استفاده از داده‌های لایسیمتری در شرایط گلخانه‌ای

مهدی شهابی فر[۱*]، مصطفی عصاری، مهدی کوچک زاده و سیدمجید میرلطیفی

استادیار بخش آبیاری و فیزیک خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ m_shahabifar@yahoo.com

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زه کشی دانشگاه تربیت مدرس؛ assari.mostafa@gmail.com

استادیارگروه آبیاری و زه کشی دانشگاه تربیت مدرس؛ mikh59@yahoo.com

دانشیارگروه آبیاری و زه کشی دانشگاه تربیت مدرس؛ m_mirlatifi@yahoo.com

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی هفت روش محاسباتی تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع چمن در گلخانه مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور که در تهران واقع شده است (عرض جغرافیایی ً۴۱ َ۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ً۱۹ َ۵۱ شرقی و ارتفاع ۱۱۹۰ متر از سطح دریا)، اجرا شد. داده‌های هواشناسی (دمای هوا، تابش خورشیدی، رطوبت هوا و سرعت باد) در داخل گلخانه به صورت دستی اندازه‌گیری شد و به طور همزمان تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن با استفاده از میکرولایسیمتری که درون آن چمن کشت گردیده بود، اندازه‌گیری شد. با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده، تبخیر ـ تعرق سطح مرجع با هفت روش محاسبه گردید. نتایج نشان داد که روش پنمن-مانتیث-فائو با جذر میانگین مربعات خطا ۱/۳۹ میلی‌متر در روز و ضریب همبستگی ۰/۶۹ از دقت بیشتری برخوردار بود و روش بلانی ـ کریدل اصلاح شده با جذر میانگین مربعات خطا ۱/۵۴ میلی‌متر در روز و و ضریب همبستگی ۰/۴۹ کمترین دقت را داشت. علاوه بر این با استفاده از داده‌های تشت تبخیر کوچک در طول دوره آزمایش، مقدار ضریب تشت (Kp) برابر ۰/۴۵۶۲ و ضریب همبستگی برای داده‌های تشت تبخیر و لایسیمتر ۰/۸۲ بدست آمد.

واژه های کلیدی: میکرو لایسیمتر، تبخیر ـ تعرق، چمن، روش های برآورد تبخیر ـ تعرق، گلخانه

مقدمه

آب عامل حیات و نهاده اصلی در کشاورزی است. قسمت اعظم کشور ما به دلیل واقع شدن در منطقه خشک و نیمه خشک، با کمبود جدی این نعمت الهی روبروست. بخش کشاورزی مهمترین مصرف‌کننده آب بوده و مصرف بهینه و افزایش بهره‌وری از آب در این بخش سهم به‌سزایی در حفظ آن دارد. در این راستا در سال‌های اخیر توسعه سیستم‌های کشاورزی پایدار مورد توجه بوده و بدین منظور کشت گیاهان گلخانه‌ای توصیه شده است.

تحقیقات متعددی در زمینه کشت‌های گلخانه‌ای صورت گرفته اما تعیین نیاز آبی و برنامه ریزی آبیاری گیاهان گلخانه‌ای کمتر مورد توجه واقع شده است (حسن نژاد عسگری ۱۳۸۰).

علاوه بر مشخصه‌های گیاهی و خاک، پارامترهای هواشناسی از قبیل دما، رطوبت و تشعشع تأثیر به‌سزایی در مقدار تبخیر-تعرق گیاهی دارند. مالوپا و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کرد که تبخیر - تعرق با تابش متناسب است و تفاوت میان واریته‌ها به پتانسیل ژنتیک مخصوص

---

[۱]. نویسنده مسئول، آدرس: کرج، صندوق پستی ۳۱۱- ۳۱۷۸۵

* دریافت: خرداد، ۱۳۸۷ و پذیرش: اسفند ۱۳۸۹

Archive of SID

www.SID.ir

خودشان بستگی دارد. در نتیجه تبخیر - تعرق گیاهی معمولاً کمتر از تبخیر-تعرق سطح مرجع می‌باشد. بیلی و همکاران (۱۹۹۴) با تحقیق روی گل رز در گلخانه، گزارش کردند که فرمول پنمن - مانتیث تخمین خوبی از شدت تبخیر - تعرق ساعتی می‌دهد. مارتینز و همکاران (۱۹۹۵) با تحقیق روی گیاه زینتی Gerbera گزارش کردند که گرمای محیط کشت، مقدار آب مصرفی گیاه را افزایش می‌دهد. دیگراف و آدامز (۱۹۹۵) گزارش کردند که تعرق گیاه رز که به صورت روزانه یا در فواصل ده دقیقه‌ای اندازه‌گیری شده رابطه نزدیکی با کاهش رطوبت در برگ‌ها و هوای گلخانه و تشعشع پخش شده دارد.

پریانی و همکاران (۱۹۹۳) نیز تبخیر - تعرق گیاه Chrysan themum را در گلخانه برای دوره‌های مختلف بدست آوردند. بر اساس این بررسی‌های انجام شده در محیط گلخانه فرضیه پیش‌رو این است که بهترین روش تخمین تبخیر - تعرق سطح مرجع (ETo) درون گلخانه معادله پنمن - مانتیث اصلاح شده توسط FAO می‌باشد که سازگاری بیشتری با شرایط گلخانه‌ای دارد.

هارمانتو و همکاران (۲۰۰۵) روش‌های جایگزین تشت کلاس A را به دلیل سطح زیاد اشغال شده برای تخمین تبخیر - تعرق سطح مرجع (ETo) در داخل گلخانه مطالعه نمودند. موضوع این کار مقایسه بین روش‌های مختلف درون و بیرون گلخانه بوده است. یک تشت کلاس A، یک تشت کوچک و یک اتمومتر درون گلخانه و یک تشت کلاس A بیرون گلخانه نصب شد. تبخیر- تعرق سطح مرجع (ETo) تخمین زده شده به وسیله تشت کلاس A نصب شده درون گلخانه و تشت کوچک و اتمومتر به ترتیب ۵۶، ۶۹ و ۶۳ درصد از میزان اندازه‌گیری شده برای تشت کلاس A نصب شده در خارج از گلخانه بود.

در تحقیق حاضر، با استفاده از هفت روش پنمن - مانتیث - فائو[1]، تورک[2]، مک کینک[3]، پریستلی- تیلور[4]، FAO 24 Radiation، بلانی-کریدل[5] اصلاح شده توسط FAO و پنمن- مانتیث - ASCE، تبخیر - تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن بر اساس داده‌های اندازه گیری شده محاسبه و با داده‌های لایسیمتری که با استفاده از میکرو لایسیمتر درون گلخانه ثبت گردیده، مقایسه شد. با استفاده از داده‌های تشت تبخیر کوچک که درون گلخانه و در طول دوره آزمایش اندازه‌گیری شده است و داده‌های لایسیمتری، میزان Kp محاسبه شد.

1. FAO-Penman-Monteith
2. Turc
3. Makkink
4. Priestley-Taylor
5. Blaney-Criddle

مواد وروش‌ها

این تحقیق درون گلخانه‌ای با پوشش پلاستیک در موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور از اول اسفند ماه سال ۱۳۸۵ تا اول خرداد سال ۱۳۸۶به صورت روزانه انجام شد. خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده در آزمایشگاه و گلخانه اندازه‌گیری شد. میزان تبخیر- تعرق واقعی چمن تحت شرایط بهینه آبیاری (رطوبت خاک در حدود ظرفیت مزرعه کنترل می‌شد)، با استفاده از میکرولایسیمتر و به روش وزنی اندازه‌گیری و ثبت شد. داده‌های هواشناسی از قبیل دمای بیشینه و کمینه، رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و تشعشع به‌طور همزمان در داخل گلخانه اندازه‌گیری گردید. کلیه داده‌ها به‌طور روزانه ثبت شده‌اند.

روش‌های محاسبه تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن

۱- معادله پنمن- مانتیث- فائو

این معادله که از اصلاحات انجام شده توسط کارشناسان FAO روی معادله پنمن- مانتیث بدست آمده به عنوان مرجع در شرایط خارج از گلخانه پذیرفته شده است و به صورت زیر بیان می‌شود:

(۱)

$$ET_0 = \frac{0.408\left[\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)\right]}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\,U_2)}$$

که در آن:

ET_o : تبخیر- تعرق استاندارد سطح مرجع چمن بر حسب میلی‌متر در روز

e_a , e_s: فشار بخار اشباع و فشار واقعی بخار آب در هوا بر حسب میلی‌بار

U_2: سرعت باد در روز در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (m/s)

G, R_n: تابش خالص و فلاکس گرما در خاک برحسب $MJm^{-2}d^{-1}$

Δ: شیب منحنی تغییرات فشار بخار اشباع (e_s) نسبت به درجه حرارت (T)

γ : ثابت سایکرومتری بر حسب $Kpa\ C^{-1}$

۲- معادله بلانی-کریدل فائو

در سال ۱۹۷۷ دورنباس[6] و همکاران برای اینکه تعریف بهتری از اثر اقلیم را روی آب مورد نیاز گیاه با استفاده از رابطه بلانی-کریدل ارائه دهند روش اصلاح شده بلانی-کریدل را برای برآورد ET_o توصیه نمودند. رابطه اصلاح شده بلانی-کریدل به صورت زیر است:

6. Doorenbos

Archive of SID

www.SID.ir

$$ETo = C \times [P(0.46T + 8)] \quad (۲)$$

در رابطه اصلاح شده (معادله ۲) با استفاده از آمار دمای هوا و همچنین منظور نمودن میزان رطوبت و تابش و باد برآورد بهتری از اثر اقلیم بر تبخیر – تعرق بدست می آید. در این رابطه:

ETo: تبخیر– تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی متر در روز (میانگین در طول ماه)

T: میانگین دمای روزانه در ماه مورد نظر بر حسب درجه سانتیگراد

P : درصد متوسط ساعات روشنایی روزانه در طول ماه که تابع عرض جغرافیایی و ماه بوده که از جدول مربوط بدست می‌آید.

C : فاکتور تعدیل کننده وابسته به حداقل رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد می‌باشد.

اعمال ضریب C روی ETo به صورت استفاده ازشکل و با توجه به مقدار (۰/۴۶ T +۸) P به‌وسیله دورنباس و همکاران ارائه شده است و در سال ۱۹۸۴ نامبردگان اعمال ضریب C روی (۰/۴۶ T +۸) P و تعیین ET_o را با استفاده از روابط تجربی زیر ارائه کرده ا ند:

$$ETo = a + bF \quad (۳)$$

$$F = P(0.46T + 8) \quad (۴)$$

$$a = 0.0043RH_{\min} - \frac{n}{N} - 1.41 \quad (۵)$$

در فرمول‌های بالا:

RH_{min}: حداقل رطوبت نسبی در طول دوره زمانی برآورد ETo

N: حداکثر ساعت آفتابی

n: ساعت آفتابی

b: فاکتور تعدیل کننده است که در سال ۱۹۷۷ توسط دورنباس و پروئیت و در سال ۱۹۹۱ توسط پروئیت و همکاران به‌صورت زیر ارائه شده است .

(۶)

$$b = 0.908 - 0.00483\ RH\ min + 0.7949 \times (\frac{n}{N}) + 0.0768\ [LnU_d + 1]^2 - 0.0038 \times RH\ min\ (\frac{n}{N}) - 000043 \times RH\ min \times (Ud) = 0.281\ Ln\ (U_d + 1)\ Ln\ (\frac{n}{N} + 1) - 0.00975 \times Ln\ (U_d + 1) \times [Ln\ (RH_{min} + 1)^2 \times Ln\ (\frac{n}{N} + 1)]$$

U_d: متوسط روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری

۳- معادله تورک (اصلاح شده)

تورک در سال ۱۹۶۱ معادله زیر را برای محاسبه و تخمین تبخیر – تعرق روزانه پیشنهاد کرد.

(۷)

$$ETo = a_T \times 0.013 \frac{T_{mean}}{T_{mean} + 15} \frac{23.8856 \times Rs + 50}{\lambda}$$

که در آن:

ETo: تبخیر–تعرق روزانه ($mm.d^{-1}$)

T_{mean}: دمای متوسط روزانه بر حسب درجه سانتیگراد

a_T: برابر ۱ برای $RH_{mean}>50\%$ و $a_T=1+(50-RH_{mean})/70$ برای $RH_{mean}<50\%$

Rs: تشعشع خورشیدی ($Mj.M^{-2}.d^{-1}$)

λ: گرمای نهان تبخیر ($Mj.Kg^{-1}$)

۴- معادلات مک کینک و FAO24-Radiation

در سال ۱۹۵۷ مک گینک معادله زیر را جهت محاسبه و تخمین تبخیر–تعرق برای چمن در دوره‌های ۱۰ روزه بدست آورد:

$$ET_0 = 0.61 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_s}{58.5} - 0.12 \quad (۸)$$

این روش براساس اندازه‌گیری تشعشع خورشیدی و دما استوار است. وی اعتقاد دارد که هر چه دما بیشتر شود مقادیر بیشتری از انرژی خورشید در تبخیر و تعرق مصرف می شود. دورنباس و پروئیت در سال ۱۹۷۷ معادله مک کینک را تصحیح کردند و به صورت زیر در آوردند:

$$ETo = a + b\left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}\right] \frac{Rs}{\lambda} \quad (۹)$$

a= -0/3 (۱۰)

b = 1.0656 – 0.0012795 × RH + 0.044953 × Ud – 0.0002033 × RH × Ud – 0.000031508 × RH2 – 0.0011026 × Ud2

که در آن ETo و $\frac{Rs}{\lambda}$ بر حسب $mm.d^{-1}$ است. به این معادله که توسط کارشناسان FAO اصلاح شده است، معادله FAO 24 Radiation اطلاق می‌شود.

۵- معادله پریستلی–تیلور

پریستلی و تیلور در سال ۱۹۷۲ معادله ساده شده‌ای از روش ترکیبی را برای تعیین تبخیر پتانسیل ارائه دادند. در این فرمول قسمت آئرودینامیک معادله حذف و قسمت مربوط به انرژی در یک ضریب ثابت (α=1/26) ضریب شده است معادله این دو محقق به شکل زیر می‌باشد:

$$\lambda E_p = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (Rn - G) \quad (۱۱)$$

Archive of SID

www.SID.ir

۶- روش تشت تبخیر

تشت تبخیر ساده‌ترین وسیله‌ای است که با آن می‌توان مقدار تبخیر را از یک سطح آزاد بدست آورد. در ایستگاه‌های هواشناسی معمولاً از تشت استاندارد کلاس A که ظرفی استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر ۱۲۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵/۴ سانتی‌متر می‌باشد استفاده می‌شود. در صورتی که مقدار تبخیر از تشت در یک دوره زمانی مشخص (روز یا ماه) برابر Ep باشد تبخیر-تعرق سطح مرجع (ET_O) در همان دوره برابر خواهد بود با:

$$ET_O = Kp\ (Ep) \qquad (۱۲)$$

ضریب Kp به نام ضریب تشت معروف است و بستگی به وضعیت استقرار تشت و محیط اطراف آن داشته و مقدار آن برای فضای بیرون ۰/۵- ۰/۸۵ متغیر است. سرعت باد، رطوبت هوا و ارتفاع محل از سطح دریا نیز بر ضریب تشت مؤثرند.

درون گلخانه، 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[1] که برای اولین بار توسط ژان و همکاران (۱۹۹۸) ارائه شده، استفاده می‌شود. این نوع تشت تبخیر ظرفی استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد، که در این تحقیق از آن برای تعیین تبخیر از تشت استفاده شد.

۷- روش پنمن- مانتیث-ASCE

کارشناسان ASCE در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ روش پنمن- مانتیث- فائو را برای گیاه مرجع چمن اصلاح کرده و به صورت روش استاندارد شده ASCE ارائه کردند. در این روش که دقیقاً همان معادله پنمن- مانتیث- فائو (معادله (۱)) است، گرمای نهان تبخیر برابر MJ/M^2 ۲/۴۵، ضریب آلبیدو برابر ۰/۲۳و ارتفاع اندازه‌گیری دمای هوا و رطوبت نسبی برابر ۲-۱/۵متر فرض شده است.

روش محاسبه پارامترهای اقلیمی

تمامی پارامترهای اقلیمی که در این تحقیق برای محاسبه تبخیر - تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن به کار برده شد، با استفاده از معادلات ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ فائو بدست آمده است.

نتایج و بحث

بهترین روش محاسبه تبخیر - تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن

برای تعیین بهترین روش محاسبه تبخیر- تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن از آنالیز واریانس در مرحله اول و بررسی وجود همبستگی معنی‌دار بین مقادیر تبخیر- تعرق مشاهده‌ای و اندازه‌گیری شده در تمامی روش‌ها با استفاده از آزمون فرض، در مرحله بعد استفاده شد.

برای تعیین وجود همبستگی بین مقادیر مشاهده‌ای و اندازه‌گیری شده از آزمون فرض صفر و روابط زیر استفاده شد.

$$\begin{cases} H_o : r = o \\ H_1 : r \neq o \end{cases} \qquad (۱۳)$$

$$t_0 = \frac{r\sqrt{n-2}}{1-r^2} \qquad (۱۴)$$

در این روابط H_o فرض صفر، H_1 ادعا، to آماره آزمون، r ضریب همبستگی خطی و n تعداد زوج داده‌های مورد بررسی است. این آزمون r را مورد بررسی قرار می‌دهد که قابل تعمیم برای r^2 است.

برای ساده‌تر شدن محاسبات ابتدا از جدول t_student مقدار بحرانی t استخراج شد. بر اساس این جدول $t_{0/025,72}$=1/9965 است. سپس این مقدار به جای t_o و در رابطه فوق قرار گرفت و مقدار بحرانی r در سطح احتمال ۹۵ درصد برابر ۰/۲۳ محاسبه شد.

ضریب همبستگی در همه معادلات تبخیر- تعرق در تمام مدل‌ها بزرگتر از مقدار بحرانی بود. بنابراین می‌توان پذیرفت در سطح احتمال ۹۵ درصد بین تمام مقادیر مشاهده‌ای و مقادیر برآورد شده همبستگی وجود دارد.

در جدول ۱ خلاصه نتایج آنالیز واریانس برای روش‌های مختلف محاسبه تبخیر - تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن در مقایسه با داده‌های لایسیمتری در محیط SAS نشان داده شده است.

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بهترین معادله در مقایسه با داده‌های لایسیمتری، معادله پنمن- مانتیث- فائو است که رابطه خطی آن با داده‌های لایسیمتری در نمودار ۱ نشان داده شده است.

در جدول ۲ نیز نتایج مقایسه میانگین روش‌های مختلف برآورد تبخیر - تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن با استفاده از آزمون دانکن ارائه شده است که در سطح اعتماد ۱٪ بیان گردیده است. همانطور که مشاهده می‌شود میانگین داده‌های محاسباتی، برای معادله مک کینک و پنمن – مانتیث – ASCE در آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با معادله پنمن- مانتیث- فائو ندارند، در صورتی که برای بقیه معادلات این اختلاف معنی‌دار است.

[1] Reduced Pan

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌طور که از ردیف چهارم جدول ۱ مشخص است تنها تبخیر- تعرق روزانه حاصل از معادله بلانی- کریدل دارای رابطه معنی‌داری با داده‌های لایسیمتری نیست که دلیل آن را می‌توان در اساس تعیین تبخیر - تعرق در دوره‌های هفتگی و بالاتر برای این معادله دانست. از این رو در این تحقیق تبخیر - تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن برای داخل گلخانه به صورت هفتگی برای روش بلانی - کریدل اصلاح شده توسط FAO که مبنای آن بر اساس دوره‌های بیشتر از ۷ روز می‌باشد، بدست آمد. در این معادله داده‌های هواشناسی به صورت میانگین هفتگی و درصد ساعات روشنایی (P) نیز به صورت هفتگی در طول ماه محاسبه و سپس تبخیر- تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن تخمین زده شد.

در ادامه، داده‌های محاسبه شده با داده‌های لایسیمتری مقایسه شد و بر اساس نتایج بدست آمده جذر مربع میانگین خطاها (RMSE) برای این روش ۷/۱ و با توجه به نمودار ۲ میزان ضریب همبستگی برابر ۰/۷۸ بدست آمد. نتایج نشان دهنده این واقعیت است که روش بلانی- کریدل اصلاح شده توسط FAO برای داده‌های هفتگی نتایج بهتری نسبت به روزانه دارد.

در جدول ۲ معادلاتی که با حروف یکسان در گروه‌های دانکن مشخص شده‌اند تفاوت معنی‌داری در سطوح معین ندارند.

مقایسه داده‌های لایسیمتری و داده‌های تشت تبخیر کوچک در داخل گلخانه

برای این تحقیق در طول دوره کشت میزان تبخیر از تشت تبخیر کوچک اندازه‌گیری شد و در ادامه با استفاده از داده‌های لایسیمتری یک رابطه خطی برای تبخیر- تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن درون گلخانه بدست آمد که در نمودار ۳ نشان داده شده است.

با استفاده از رگرسیون خطی بین داده‌های لایسیمتری و تشت تبخیر کوچک یک معادله ساده بدست آمد که عبارت است از:

(۱۵)

$$ETo = 0.4564 \times E_P$$

که در آن:

ETo: تبخیر - تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن

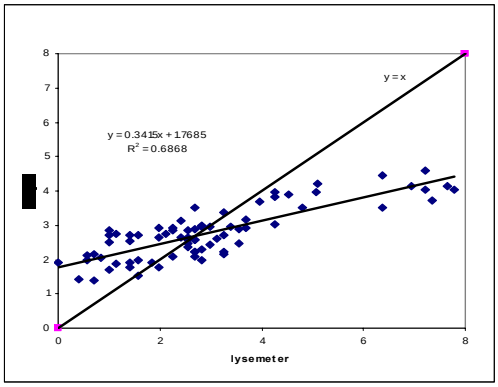
Ep: تبخیر از تشت تبخیر کوچک

تشکر و قدردانی

امکانات و تسهیلات مورد نیاز برای انجام این تحقیق توسط موسسه تحقیقات خاک و آب و موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور فراهم گردیده که در اینجا از کلیه همکاران این موسسات به ویژه آقایان دکتر ولی ا... بنی عامری و مهندس مجید بصیرت تشکر و قدردانی می‌گردد.

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس معادلات تعیین تبخیر - تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن

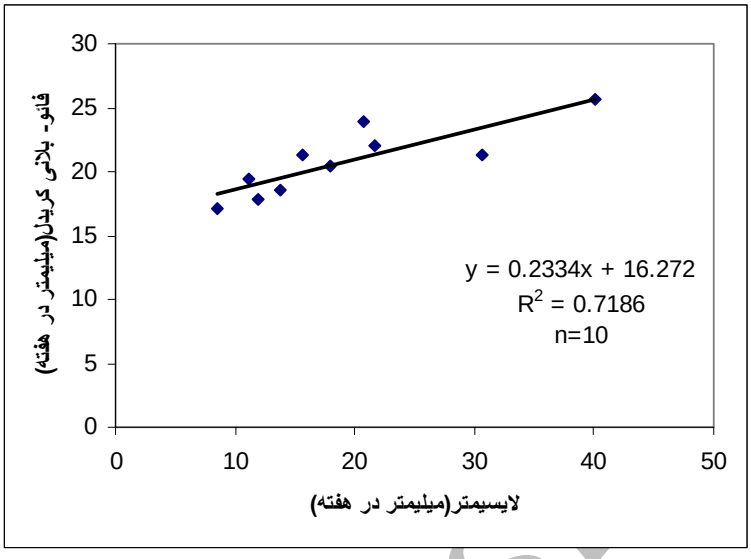
	FAO- 56-Penman-Montith	ASCE - Penman-Montith	FAO-24-Radiation	Belany-Cridel	Prs-Tylr	Makking	Turc
RMSE	1/39	1/40	1/6	1/54	1/43	1/42	1/42
F	5/94	5/34	2/43	7/17	0/09	6/22	6/22
R^2	0/6074	0/5955	0/538	0/4931	0/5959	0/521	0/473
Pr>F	0/016	0/0223	0/1212	0/0083	0/763	0/013	0/013



شکل ۱- مقایسه داده‌های لایسیمتری با معادله پنمن – مانتیث – فائو (میلیمتر در روز)

Archive of SID

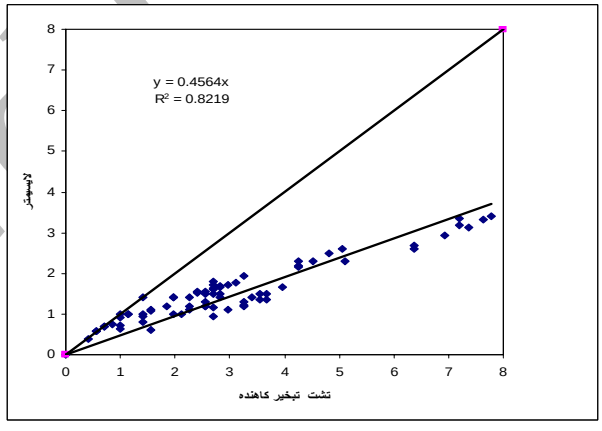
www.SID.ir



شکل ۲- مقایسه تبخیر-تعرق درون لایسیمتر و محاسبه شده توسط معادله بلانی-کریدل به صورت هفتگی

جدول ۲- نتایج آزمون دانکن برای کلیه روش‌ها در سطح ۱٪

معادله	N	متوسط	گروه‌های دانکن
FAO-24-Rd	74	4.2681	a
BC	74	4.1699	a
Turc	74	3.6720	b
Pres-tylr	74	3.3734	bc
Makkink	74	2.9814	cd
ASCE PM	74	2.7878	d
FAO 56 PM	74	2.7780	d



شکل ۳- رابطه بین داده‌های لایسیمتری و تشت تبخیر کوچک

فهرست منابع:

۱. حسن نژاد عسگری (۱۳۸۰)، روشهای پیشرفته آبیاری در گلخانه، مجله مزرعه، شماره ۴۶، ص۲۸-۳۲

2. Baille M., A. Baille and D. Delmon (1994). Microclimate and transpiration of greenhouse rose crops. Agric. For. Meteor. 71 (1-2), 83-97
3. De Graaf. R, P.Adams (1995). Influence of moisture dificit leaf-air and cultural practices

Archive of SID

www.SID.ir

on transpiration of glasshouse roses. Acta Horticulturae 401, 545-552
4. Harmanto, V.M.Solokhe, and M.S.Babel, and H.J.Tantau (2005) Water requirement of drip irrigated tomato grown in greenhouse in tropical environment. Agriculture Water Management 71.225-242
5. Jhan, L. P., J. A. Gil and R. Acosta (1998). Design and performance of a hydraulic lysimeter for measurement of potential evapotranspiration. Bioagro 10(1): 11-17
6. Maloupa.E, A.Papadopoulos and S.Beladenopoulou (1993). Evapotranspiration and Preliminary Crop Coefficiont of Gerbera Soilless Culture Grown In Plastic Greenhouse. Acta Horticulturae 335, 246-252
7. Martinez P. E., Y. M. M. Abdol Fattah, E. Maloupa, D. Gerasopoulos (1995). Effect of Substrate Warming in Soil less culture in Gerbera Crop Performance Under Seasonal Variations. Acta Horticulturae 408, 31-40
8. Pariani.S, A.Fraguas, D.Frezza (1993). Concumo de Agau del cultivo De tomato Bajo Invernaculo. Acta de XVI Congreso Argentino de Horticulturea. ASAHO, 90-95

Archive of SID

www.SID.ir