سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران
۲۴ الی ۲۵ مهرماه ۱۳۸۷ - دانشگاه تبریز - دانشکده مهندسی عمران

مقایسه چند روش محاسباتی در تخمین نیاز آبی در گلخانه

محمد جواد امیری، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان*
جهانگیر عابدی کوپایی، دانشیار گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
سید سعید اسلامیان، دانشیار گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
اسماعیل لندی، مربی گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
پست الکترونیکی: mjavad.amiri62@gmail.com

چکیده

نیاز آبی گیاهان یکی از مهمترین عوامل در مدیریت منابع آب بوده واز ضروریات برنامه ریزی جهت آبیاری می باشد. به منظور تعیین این نیاز بایستی تبخیرتعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع(ET_o) را برآورد نمود. به منظور تعیین بهترین روش نیاز آبی در گلخانه، چهار روش محاسباتی تشت کاهش یافته، معادله فائو- پنمن- مانتیث ، روش تابش خورشیدی و معادله پنمن- مانتیث با تبخیر وتعرق گیاه مرجع چمن مورد مقایسه قرارگرفت. به طور همزمان داده های هواشناسی در داخل گلخانه و داده های مورد نیاز از لایسیمتر ومیکرولایسیمتر به صورت روزانه برداشت شد. نتایج نشان داد که روش پنمن مانتیث(R^2 = ۰/۸۰۰۱, RMSE =۰/۷۳۸۷ ,EF=۰/۷۳۲۱) بهترین روش و روش تابش خورشیدی (R^2 = ۰/۴۹۵, RMSE =۱/۳۸ ,EF=۰/۳۰۱۲) دارای کمترین دقت می باشد.

کلید واژه‌ها: پنمن- *مانتیث، تشت کاهش یافته، فائو* -پنمن- *مانتیث*

مقدمه

ایران با متوسط ریزش های آسمانی۲۵۲ میلیمتر درسال در زمره مناطق خشک جهان طبقه بندی می شود. محدودیت منابع آب مناسب، مشکلات ناشی از آبیاری بیش از نیاز گیاه و آلودگی آبهای زیرزمینی از عمده‌ترین تنگناها و مشکلات کشاورزی در این کشور می باشد. از طرف دیگر افزایش روز افزون جمعت نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر را ایجاب می کند. بنابراین یافتن راهکارهایی جهت غلبه بر کمبود آب در این مناطق همواره از اولویت های مطالعاتی و پژوهشی بوده است تا بتوان محصولات کشاورزی را برای این جمعیت رو به ازدیاد تولید نمود. امروزه با توجه به نیاز به بهره برداری بهینه از آب، خاک، نهاده ها و نیروی انسانی کشور در جهت رشد درآمد ناخالص ملی و تأمین مواد غذایی جمعیت رو به رشد کشور، برنامه‌های توسعه شهرک های گلخانه ای در دست اقدام است. با توجه به روند رو به رشد محصولات گلخانه‌ای درکشور، تخمین دقیق نیاز آبی این محصولات تا حدودی جوابگوی برخی مشکلات بیان شده خواهد بود. در شرایط کنترل شده گلخانه، تخمین دقیق تبخیروتعرق 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 تبخیروتعرق نماید، رشد خود را تکمیل نموده و

حداکثر مقدار محصول را تولید کند بدون آنکه با تنش آبی مواجه شود. در فرانسه ویلل[1] (۱۹۷۴)، یک رابطه با همبستگی بالا بین ETo و مقادیر تابش خورشیدی در بالای گیاه بدست آوردکه بنا به گفته وی این رابطه با نوع گلخانه و شرایط اقلیمی تغییر می کند[به نقل از۱]. بولارد وبایلی[2] (۱۹۹۵)، بیان داشتند اگر سرعت تهویه در گلخانه و میزان رطوبت در محیط خارج و داخل را در اختیار باشد، می‌توان سرعت تعرق در محیط گلخانه را از طریق اندازه گیری پارامترQ_V (کمبود بخار آب به دلیل تهویه هوا و یا نفوذ هوا به بیرون) تعیین نمود[۲]. بایلی و همکاران (۱۹۹۴)، روی رزها در گلخانه تحقیق نموده و بیان کردند، معادله پنمن - مانتیث تخمین خوبی از شدت تبخیر وتعرق ساعتی می زند [۳]. بایلی در سال ۱۹۸۸ تعادل انرژی در گلخانه تهویه شده را به صورت زیر بیان کرد که از طریق تعادل انرژی و بیلان آبی می توان به نیاز گیاه پی برد [به نقل از ۴].

$$q_{sr} \quad q_c \quad q_r \quad q_v \quad q_f \quad q_P \qquad (۱)$$

که:

q_{sr} : تشعشع خورشیدی جذب شده در گلخانه

q_c : گرمای هدایت شده از طریق پوشش

q_r : تلفات حرارتی از طریق نشت

q_v : حرارت خارج شده از طریق تهویه

q_f : جریان حرارتی از خاک

q_p : انرژی مورد استفاده در فتوسنتز

در اسپانیا فرناندز و همکاران(۲۰۰۱)، دریافتند که چهار روش پیشنهادی توسط فائو تخمینی با دقت مشابه برای تعیین ET_o در داخل گلخانه پلاستیکی ارائه می دهد.آنها همچنین بدین نتیجه رسیدند که تابش خورشیدی فاکتور مهم و تاثیر گذاری در میزان ET_o است و مدلی را برای تخمین تبخیر و تعرق گلخانه ای ارائه دادند که برای هر منطقه خاص کالیبره می شود و می تواند به طور صریح در شرایط مختلف به کار رود. ارفانوس[3] در سال ۱۹۸۶ سرعت تبخیر-تعرق پتانسیل(ET_p) اندازه گیری شده توسط لایسمیتر را با تبخیر از تشت یا با سرعت تبخیر- تعرقی که از روشهای بلانی کریدل و پنمن اصلاح شده مقایسه کرد. نتایج نشان داد تبخیر از تشت مشاهده شده در خارج گلخانه تخمینی از مقدار واقعی تبخیر- تعرق گوجه فرنگی در شرایط گلخانه ای بود و ضریب نسبت آن با تبخیر- تعرق پتانسیل نسبت به فصل رشد به صورت خطی از۲۶/. تا ۱ افزایش یافت[۵].

در این تحقیق چهار روش محاسباتی تشت کاهش یافته، معادله فائو- پنمن- مانتیث ، روش تابش خورشیدی و معادله پنمن- مانتیث با تبخیر وتعرق گیاه مرجع چمن مورد مقایسه قرارگرفت.

[1] Villele
[2] Boulard and Bailli
[3] Orphanos

مواد وروش ها

این تحقیق به مدت ۳ ماه از اول مهر تا اول دی ۱۳۸۶ در درون گلخانه واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گردید. محل آزمایش دارای ارتفاع ۱۶۲۴/۴ متر از سطح دریا ، طول جغرافیاییE ۵۸° ۲۸′ وعرض جغرافیاییN ۳۲° ۴۲′ و با میانگین بارندگی سالانه ۱۲۰ میلی متر می باشد. گلخانه نیز دارای پوشش شیشه ای که بر روی شیشه پوشش پلی اتیلن جهت کاهش نور خورشید کشیده شده است. برای اندازه گیری اقلیم درون گلخانه داده های رطوبت نسبی، ماکزیمم ومینیمم دما و تشعشع (توسط لوکس متر) به صورت روزانه اندازه گیری گردید.

تعیین تبخیر وتعرق مرجع درون گلخانه

در این تحقیق از لایسیمترهای زه‌کش‌دار با قطر ۴۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی متر به علت اینکه از لحاظ ساخت آسان‌تر و لذا عملی‌تر می باشد، استفاده گردید. گیاه کشت شده گیاه مرجع چمن می‌باشد که سه عدد لایسیمتر در درون گلخانه در نظر گرفته شد. تعادل آب ورودی و خروجی در لایسیمترهای زهکش‌دار با فرمول زیر نشان داده می‌شود.

$$P \quad I \quad RO \quad ET \quad D\mathrm{p} \quad \mathrm{S} \qquad (۲)$$

P : بارندگی که مقدار آن در گلخانه صفر در نظر گرفته می‌شود.

I : میزان آب آبیاری

ET : تبخیر تعرق

D_p : نفوذ عمقی

RO : رواناب سطحی خارج شده از زمین که مقدار آن نیز صفر در نظر گرفته می‌شود.

ΔS : تغییر ذخیره رطوبتی خاک که بوسیله تانسیومتر بدست می آید.

در این مرحله از تحقیق برای کنترل محاسبات اندازه گیری تبخیر وتعرق مرجع از سه عدد میکرولایسیمتر با عمق ۶۰ سانتی‌متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر نیز در درون گلخانه استفاده گردیدکه با اندازه‌گیری مقدارکاهش وزن میکرولایسیمتر می‌توان میزان تبخیر تعرق در گلخانه را تعیین نمود(از فرمول (۲) استفاده می گردد با این تفاوت که ΔS به صورت وزنی محاسبه می شود).

تخمین تبخیر وتعرق مرجع درون گلخانه

برای تخمین تبخیر وتعرق مرجع با استفاده از داده های روزانه از روش های زیر استفاده گردید.

۱-روش تشت تبخیر کاهش یافته

به علت مساحت اشغال شده توسط تشت تبخیر کلاسA درگلخانه که به عنوان فضای از دست رفته به شمار می رود، بنابراین از تشت دیگری که مخصوص گلخانه است استفاده می گردد، این تشت که به نام تشت کاهش یافته می باشد ظرفی استوانه ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر ۶۰ سانتیمتر و ارتفاع ۲۵ سانتی متر می باشد. قرائت از تشت بین ساعت ۷

تا ۸ صبح انجام می گردید. در صورتی که مقدار 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:

$$ET_O \quad E_{pan} * K_P \qquad (۳)$$

که:

ET_O : تبخیر وتعرق مرجع(میلیمتر)

K_P : ضریب تشت

E_{pan} : تبخیر از تشت(میلیمتر)

مقدار Kp برای شرایط گلخانه واحد در نظر گرفته شد بر اساس پیشنهادی که توسط Martinez-Raya و Castilla در سال ۱۹۸۹ وهمچنین Castilla و همکاران در سال ۱۹۹۰ ارائه گردید.

۲- معادله فائو- پنمن-مانتیث

$$ET_O \quad \frac{0.408 \quad Rn \quad G \quad \frac{890}{T \quad 273} U_2 \; ea \quad ed}{1 \quad 0.34U_2} \qquad (۴)$$

ET_O : تبخیر- تعرق گیاه مرجع (mm/day)

Rn : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}d^{-1}$)

U_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms^{-1})

e_a-e_d : کمبود فشار بخار (KPa)

γ : ثابت سایکرومتری ($KPa°C^{-1}$)

Δ: شیب منحنی فشار بخار ($KPa°C^{-1}$)

G : شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$)

T : متوسط دمای هوا(°C)

۳- روش تابش خورشیدی

انرژی ناشی از تابش خورشیدی در گلخانه موجب گرم شدن هوا و همچنین تبخیر تعرق می‌شودکه سهم انرژی که صرف تبخیر تعرق می‌شود، بسیار زیاد می‌باشد. در این حالت تبخیر تعرق گیاه مرجع به صورت زیر برآورد می گردد[۶].

$$ET_O \quad K * T * RG_O / 2.5 \qquad (۵)$$

ET_O: تبخیر تعرق گیاه مرجع(mm/day)

K : ضریب تجربی که معمولاً ۰/۶ تا ۰/۷ است.

T : قابلیت عبور نور به گلخانه

RG_O : تابش کلی بیرون از گلخانه (mm/day)

۴- پنمن- مانتیث

$$ET_O \quad \frac{Rn \quad G \quad \frac{Cp}{r_a} e_s \quad ea}{1 \quad \frac{r_c}{r_a}} \qquad (۶)$$

ET_O: تبخیر- تعرق گیاه مرجع (mm/day)

Rn : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی(MJm-2day-1)

G : شار گرما به داخل خاک($MJm^{-2}day^{-1}$)

ρ: جرم مخصوص هوا(kgm^{-3})

Cp : گرمای ویژه هوا(MJ/kg.°C)

λ: گرمای نهان تبخیر(MJ/kg.°C)

r_c : مقاومت پوشش گیاهی در برابر انتقال بخار آب

r_a : مقاومت آیرودینامیکی در برابر انتقال گرما و بخار آب از سطح مرطوب به هوا

e_s : فشار بخار اشباع(KPa)

ea : فشار بخار واقعی(KPa)

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

به منظور ارزیابی روش های تخمین تبخیر وتعرق مرجع درون گلخانه چندین ضوابط مورد استفاده قرار گرفت که شامل آنالیز رگرسیون، مجذور متوسط اختلاف مربعات[۴]، شاخص توافق[۵](D) ، میانگین خطای مطلق(MAE) ، ماکزیمم خطای مطلق(MAXE) و راندمان(EF) می باشد.

$$D \quad 1 \quad \frac{\sum_{i \ 1}^{n} Oi \quad Ei^{2}}{\sum_{i \ 1}^{n} \left|E_i \quad \overline{O}\right| \quad \left|O_i \quad \overline{O}\right|^{2}} \qquad (۷)$$

$$MAE \quad \frac{1}{n} \sum_{i \ 1}^{n} \left|O_i \quad Ei\right| \qquad (۸)$$

[4] Root Mean Square Error(RMSE)
[5] Agreement index

$$MAXE \quad MAX\left|O_i \quad Ei\right| \tag{۹}$$

$$EF \quad \frac{\sum_{i\ 1}^{n} Oi \quad \overline{O}^{\ 2} \quad \sum_{i\ 1}^{n} Oi \quad Ei^{\ 2}}{\sum_{i\ 1}^{n} Oi \quad \overline{O}^{\ 2}} \tag{۱۰}$$

$$RMSE \quad \sqrt{\frac{\sum_{i\ 1}^{n} Oi \quad Ei^{\ 2}}{n}} \tag{۱۱}$$

که:

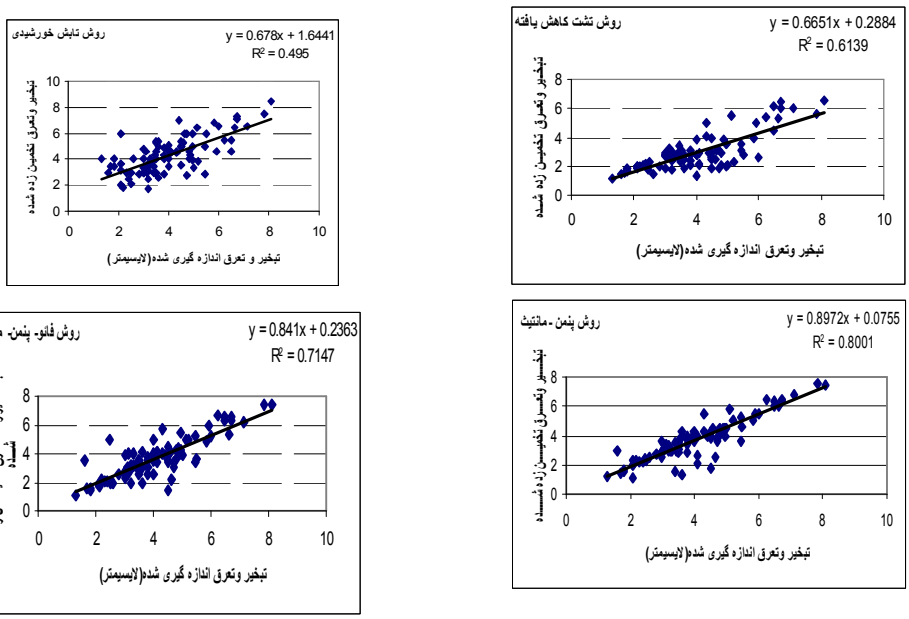
Oi : تبخیر و تعرق مرجع حاصل از داده های لایسیمتری

Ei : تبخیر و تعرق مرجع تخمین زده شده توسط روش های محاسباتی

$\overline{O}$: میانگین تبخیر تعرق اندازه گیری شده

n : تعدد کل داده ها

شکل(۱) مقایسه بین داده های حاصل از لایسیمتر با معادلات تشت کاهش یافته، معادله فائو- پنمن- مانتیث ، روش تابش خورشیدی و معادله پنمن- مانتیث را نشان می دهد. نتایج نشان می دهد با لاترین و کمترین همبستگی به ترتیب مربوط به روش های پنمن- مانتیث (R^2=0.8001) و تابش خورشیدی(R^2=0.495) می باشد.



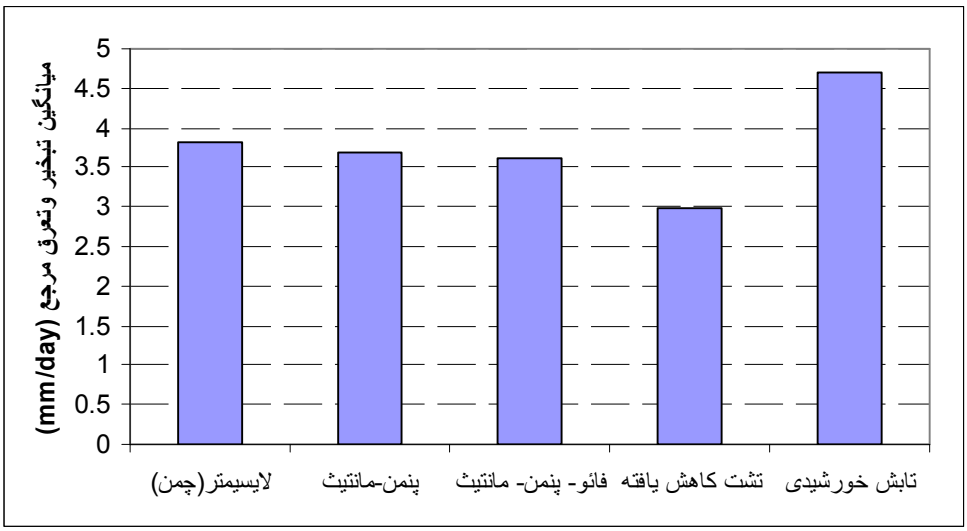
شکل(۱) رابطه بین مقدار ET_O اندازه گیری شده توسط لایسیمتر و ET_O تخمین زده شده توسط سایر معادلات

جدول(۱) نتایج آنالیز آماری را برای روش های مختلف محاسبه تبخیروتعرق در مقایسه با داده های لایسیمتری نشان می دهد.

***جدول* (۱)** *نتایج آنالیز آماری برای مقایسه بین مقادیر تبخیر وتعرق مرجع اندازه گیری شده وتخمین زده شده*

ET_O method	RMSE	D	MAE	MAXE	EF	R^2
Penman-Montith	۰/۷۳۸۷۷	۰/۹۳۱	۰/۴۸۹	۲/۸	۰/۷۳۲۱	۰/۸۰۰۱
FAO-Penman-Monti	۰/۸۸۸	۰/۹۰۱	۰/۶۴۵۷	۳	۰/۶۱۲۴	۰/۷۱۴۷
Reduced pan	۱/۱۳۵	۰/۸۲۴۶۵	۰/۸۸۳	۳/۴	۰/۳۶۷۹	۰/۶۱۳۹
Solarimeter	۱/۳۸	۰/۷۷۱	۱/۰۸۷	۳/۹	۰/۳۰۱۲	۰/۴۹۵

همانطور که از نتایج جدول (۱) مشخص می باشد بعد از روش پنمن - مانتیث، روش فائو- پنمن- مانیث و تشت کاهش یافته به ترتیب دارای بالاترین دقت در تخمین تبخیر وتعرق مرجع روزانه در گلخانه می باشد. شکل(۲) میانگین تبخیر وتعرق مرجع در داخل گلخانه را به روش های مختلف نشان می دهد.



شکل(۲) مقایسه مقادیر میانگین تبخیر وتعرق مرجع در داخل گلخانه به روش های مختلف

مراجع

[1] Orgas, F., M. D. Fernandes., S. Bonachele, M. Galardo and E. Fereres. (2005). "Evapotranspiration of horticultural crops in a unheated plastic greenhouse". Agricultural water management. 72, 81-96.
[2] Boulard, T. and Baille A., (1993). " A simple greenhouse climate control model incorporating the effects of aeration and evaporative cooling". Agric, For. Meteorology, 65, 145-157.
[3] Baille, M., A. Baille and D. Delmon. (1994). " Microclimate and transpiration of Greenhouse Rose Crops". Agric. For.Meteor. 71(1-2), 83-97.
[۴] محبوب خمامي، ع. ۱۳۸۳. سازه هاي گلخانه اي. نشر حق شناس (ترجمه).
[5] Orphanos.p.I, Eliades.G. (1986). "Irrigation of tomatoes Grown in Unheated Greenhouse". J.Hort.Sci. 61(1), 95-101.
[6] Baille, A., 2000. " Principle and methods for predicting crop water requirement in greenhouse environments". CIHEAM options mediterraneennes, 31(1), 177-187.
[7] Mpusia, P. T., 2006. "Comparison of water consumption between greenhouse and outdoor cultivation". International Institute For Geo-Information Science,The Netherland.