Archive of SID

ارزیابی روش FAO-56 در برآورد تبخیر- تعرق و ضرایب گیاهی بادنجان در شرایط گلخانه و مزرعه

محمد رفیع رفیعی[1*]، هادی معاضد[2]، علی اصغر قائمی[3] و سعید برومندنسب[4]

۱*- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته دکترای آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۴- استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱۲

چکیده

تحقیق حاضر، بر عملکرد روش پنمن-مانتیث فائو در برآورد تبخیر- تعرق بادنجان، ضرایب گیاهی و تنش آبی تحت سطوح مختلف کمبود آب و شوری، در گلخانه و مزرعه متمرکز شده است. مقادیر روزانه تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن و بادنجان از طریق توزین روزانه میکرولایسیمترها در طول فصل رشد تعیین گردید. روند تغییرات روزانه تبخیر-تعرق گیاه مرجع به خوبی در هر دو محیط برآورد گردید، هرچند در گلخانه برآوردها ۱۲ درصد کمتر از مقدار واقعی بودند. بهترین برآوردهای مقادیر روزانه و میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجاندر گلخانه و مزرعه، مربوط به تیمارهای آبیاری روزانه (I_1) بوده‌اند. با توجه به ملایم شدن تغییرات روزانه داده های هواشناسی و رطوبت خاک،همبستگی بهتری میان مقادیر میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجاناندازه‌گیری شده و محاسبه شده مشاهده گردید. در هر دو محیط، مقادیر ضریب تنشو دقت برآورد آنها با افزایش شدت تنش کاهش یافت. الگوی تغییرات روزانه ضریب گیاهی مشابه تبخیر-تعرق بادنجانبه‌دست آمد. برآوردهای مزرعه‌ای در تمامی تیمارها از دقت بالاتری برخوردار بودند.

کلید واژه‌ها: تبخیر-تعرق، گلخانه، ضریب گیاهی، ضریب تنش، میکرولایسیمتر.

FAO-56 Method for Estimating Evapotranspiration and Crop Coefficients of Eggplant in Greenhouse and Outdoor Conditions

M.R. Rafiee[1*], H. Moazed[2], A.A. Ghaemi[3]and S. Boroomandnasab[4]

1*- PhD Student, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz

2-Professor, Irrigation Department, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz

3-Associate Professor, Water Engineering,Department, College of Agriculture. Shiraz University, Shiraz, Iran

4-Professor, Irrigation Department. College of water sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz

Received:29 December 2013 Accepted: 1 February 2015

Abstract

FAO-56 Penman-Monteth (FPM) model is one of the most applied methods to estimate crop evapotranspiration; yet the accuracy of the model in greenhouses is still undetermined especially in non-standard conditions of water deficit and salinity. This study focused on the performance of the FPM model in estimating greenhouse and outdoor eggplant evapotranspiration (ET_c), crop coefficient (Kc) and water stress coefficient (Ks) under different levels of water deficit and salinity. An area in the greenhouse and the outdoor field was assigned to grass cultivation as a reference crop. Daily reference (ET_0) and crop evapotranspirations were measured by diurnal weighting of microlysimeters throughout the growing season (from May 19th to September 5th, 2012). The performance of the FPM model was evaluated by four statistical difference criterions

www.SID.ir

Archive of SID

along with regression indices. The ET_0 values were properly estimated in the outdoor conditions but showed about 12 percent underestimation in the greenhouse; however, the trends of daily ET_0changes were well predicted in both environments. Apparent differences in daily ET_c variations were met during the growing season, for various levels and combinations of water stress. Best estimations of daily and mean 10-day ET_c values were those of daily irrigated (I_1) treatments in both environments. In mean 10-day ET_c, better correlations were obtained between the measured and estimated values due to smoothened fluctuations in weather and data and soil moisture changes. Actual and calculated values of Ks along with the correctness of their estimations decreased with the intensity of water stresses in both environments. The variation patterns of daily Kc values was similar to those of the daily ET_c. Mean 10-day values of Kc were properly estimated by the FPM model; yet outdoor estimations were accurate in all treatments.

Keywords: Evapotranspiration, Greenhouse, Crop coefficient, Stress coefficient, Microlysimeter.

مقدمه

برآورد صحیح تبخیر- تعرق گیاه در بهبود مدیریت آب و بهینه کردن عملکرد محصول بسیار تعیین‌کننده است. پرکاربردترین روش برای تعیین نیاز آبی گیاه، روش مبتنی بر ضریب گیاهی می باشد که در آن تبخیر- تعرق گیاه از حاصضرب تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ضریب گیاهیمحاسبه می‌شود(دوربنوس و پروت[۱]، ۱۹۷۵). روش‌های مختلفی برای تعیین تبخیر-تعرق گیاه مرجع ارائه شده است (الکساندریس و همکاران[۲]۲۰۰۶؛ کرم و همکاران[۳]، ۲۰۰۳؛مدایرس و همکاران[۴]،۲۰۰۵؛ پاولز و سامسون[۵]، ۲۰۰۶؛ برونل و همکاران[۶]،۲۰۰۶؛ زینامین و همکاران[۷]،۲۰۰۷؛ سلیمان و همکاران[۸]،۲۰۰۷؛ گاویلان و همکاران[۹]،۲۰۰۷؛ پریرا و همکاران[۱۰]،۲۰۰۷؛ سائر و همکاران[۱۱]،۲۰۰۷). در عین حال مطالعات نشان داده‌اند که تبخیر-تعرق گیاه مرجع حاصل از روش پنمن-مانتیث (PM) از دقت بالاتری برخوردار بوده است(آلن[۱۲]،۲۰۰۱؛ آلن و همکاران[۱۳]،۲۰۰۰؛ ونچورا و همکاران[۱۴]، ۱۹۹۹؛ هاول و همکاران[۱۵]، ۲۰۰۰؛رایت و همکاران[۱۶]،۲۰۰۰). نشریه شماره ۵۶ آبیاری و زهکشی فائو، روش پنمن-مانتیث را با توجه به اساس فیزیکی و ترکیب پارامترهای فیزیولوژیکی و آیرودینامیکی توصیه کرده است(آلن و همکاران[۱۷]،۱۹۹۸). با این حال دقت کاربرد این معادله در شرایط گلخانه مشخص نشده است، چرا که در شرایط گلخانه، تبخیر- تعرق گیاه تحت تاثیر بیلان انرژی کامل سیستم بوده و به شدت وابسته به ویژگی‌های گلخانه و تجهیزات کنترل آب و هوا در آن می‌باشد.

ضریب گیاهی نشانگر خصوصیات پوشش گیاهی است که سهم گیاه را در تبخیر- تعرق از سطح مرجع جدا می‌نماید. این ضریب به پارامترهای مختلفی مانند نوع گیاه، مرحله رشد و ارتفاع و تراکم پوشش سبز گیاهیبستگی دارد(پیکاک و حس[۱۸]،۲۰۰۴). روش‌های ضرایب گیاهی یک و دو جزئی به منظور برآورد تبخیر-تعرق بادنجان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روش ضریب گیاهی یک جزیی توسط برخی محققین (چانیان و ژونگرن[۱۹]،۲۰۰۷)به عنوان روشی ساده‌تر و مناسب‌تر معرفی شده است. با این حال، گزارش‌های معدودی نیز بر دقت بیشتر روش ضریب گیاهی دو جزئی اذعان داشته‌اند (لی و همکاران[۲۰]،۲۰۰۳). روش ضریب گیاهی یک جزئی در برنامه‌ریزی آبیاری، طراحی و مدیریت آب در کم آبیاری کاربرد داشته است (آلن و همکاران،۱۹۹۸).ضرایب گیاهی بسیاری از گیاهان در مطالعات مختلفی (دوربنوس و کاسام[۲۱]، ۱۹۷۹؛ جنسن و همکاران[۲۲]،۱۹۹۰)ارائه شده است. با این حال، همان‌گونه که توسط آلن و همکاران (۱۹۹۸) پیشنهاد شده، مقادیر ضریب گیاهی برای هر منطقه می‌بایست به صورت جداگانه و بر اساس داده‌های لایسیمتری و شرایط اقلیمی محل استخراج گردد. بدیهی است این استخراج و واسنجی می‌بایست برای شرایط گلخانه نیز به عنوان یک محیط کنترل شده در نظر گرفته شود.

بادنجان یک گیاه مهم به لحاظ اقتصادی می‌باشد که سالانه ۳۵/۳ میلیون تن از آن در سطحی معادل ۱/۹ میلیون هکتار در سراسر جهان تولید می‌شود که ۹۳ درصد تولید آن در آسیا بوده و ۷ درصد

1- Doorenbos and Pruitt
2 -Alexandris*et al.*
3--Karam *et al.*
44- Medaires *et al.*
5- Pauwels and Samson
6- Brunel*et al.*
7- Xinmin *et al.*
8- Suleiman*et al.*
9- Gavilan*et al.*
10- Pereira *et al.*
11- Sauer *et al.*
12- Allen
13- Allen *et al.*
14- Ventura *et al.*
15- Howell *et al.*
16- Wright *et al.*
17- Allen *et al.*
18- Peacock and Hess
19- Chuanyan and Zhongren
20- Li *et al.*
21- Doorenbos and Kassam
22- Jensen *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

دیگر در آفریقا، اروپا و آمریکا گزراش شده است (فائو[1]،۲۰۱۰). با ارتقاء تکنولوژی، سطح زیرکشت بادنجان در گلخانه‌ها به صورت سالانه افزایش یافته به گونه‌ای که بادنجان چهارمین رتبه را در بین تولیدات گلخانه‌ای بعد از گوجه‌فرنگی، فلفل و خیار را به خود اختصاص داده است(بویاسی[2]،۲۰۰۷). با این حال، مطالعات بسیار محدودی در مورد نیاز آبی و ضرایب گیاهی در محیط گلخانه انجام شده است (سنگیت و همکاران[3]،۲۰۱۱).

هدف از این تحقیق، ارزیابی عملکرد مدل پنمن- مانتیث فائو 56- در برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع روزانه، تبخیر-تعرق بادنجان روزانه بادنجان و ضرایب گیاهی در گلخانه و مزرعه و در شرایط تنش آبی و شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

عملیات میدانی

مقادیر روزانه تبخیر-تعرق گیاه مرجع و تبخیر-تعرق بادنجان بادنجان.L (Salanum melonena) در یک گلخانه پلاستیکی به مساحت ۱۲۰ متر مربع اندازه‌گیری گردید. یک مزرعه به مساحت۱۵۰۰ متر مربع در مجاورت گلخانه برای اندازه‌گیری مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع و تبخیر-تعرق بادنجان در محیط بیرون از گلخانه در نظر گرفته شد. پژوهش در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در باجگاه (َ۳۶ ْ۲۹ شمالیو َ۳۲ ْ۵۲ شرقی)، در فاصله زمانی ۲۰ اردیبهشت تا ۱۵ شهریور ۱۳۹۲ انجام شد. ابعاد گلخانه شامل چهار متر ارتفاع، ۱۲ متر طول و ۱۰ متر عرض بود.

بذر رقم Anamur RZ بادنجان در ۲۸ اسفند ۱۳۹۰ کاشته شد. در ۱۶ اردیبهشت در مرحله چهار برگی، نهال‌ها به مزرعه و گلدان های پلاستیکی که با خاک یکسان پر شده بودند، منتقل شدند. قبل از انتقال، یک گرم آمونیوم فسفات برای خاک هر گلدان مورد استفاده قرار گرفت. دو گرم نیترات پتاسیم نیز در هر گلدان به صورت ۵۰، ۲۵و ۲۵ درصد به ترتیب در مراحل انتقال، گلدهی و آغاز برداشت اضافه گردید. جدول (۱) برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها را نشان می‌دهد.

تا مرحله استقرار کامل گیاه هر گلدان با آب شیر آبیاری می‌شد. بعد از آن، تیمارهای کمبود آب و شوری از ۳۰ اردیبهشت ۹۲ اعمال گردید. تیمارهای دور آبیاری در نظر گرفته شده عبارت بودند از I_1: آبیاری روزانه؛I_2: آبیاری هفتگی و I_3: آبیاری هر دو هفته یکبار. تیمارهای شوری آب نیز شامل J_1: ۰/۸ (آب شیر)؛ J_2:۵/۰ و J_3: ۷/۰ دسی زیمنس بر متر بود. طرح آزمایشی مورد استفاده طرح کاملا تصادفی در سه تکرار برای هر تیمار در گلخانه و مزرعه در نظر گرفته شد. در گلخانه، گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع۳۵ سانتی‌متر و قطر ۶۰ سانتی‌متر به عنوان میکرولایسیمتر به هر تیمار اختصاص داده شد. در کشت مزرعه‌ای نیز یک بلوک به هر تیمار اختصاص داده شد که در آن نه گیاه کشت شده بود. گلدان مشابهی نیز به عنوان میکرولایسیمتر در مرکز هر بلوک قرار داده شد. رقم لیلیوم چمن به عنوان گیاه مرجع در۵۰ متر مربع از گلخانه و ۲۰۰ متر مربع از مزرعه کشت گردید. گلدان‌های مشابه در مرکز هر سطح چمن به منظور اندازه‌گیری تبخیر-تعرق گیاه مرجع جای داده شد.

داده‌های هواشناسی شامل تشعشع خالص (R_n)، دمای هوا (T_a)، رطوبت نسبی (RH) با استفاده از یک ایستگاه هواشناسی جای داده شده در مرکز گلخانه اندازه‌گیری گردید. داده‌های مزرعه از یک سیستم مشابه که در ایستگاه هواشناسی دانشکده مستقر شده تهیه گردید.

از معادله (۱) به منظور تعیین میزان آبیاری (I) مورد نیاز برای رساندن رطوبت خاک هر گلدان به حد ظرفیت زراعی استفاده گردید:

$$I = \frac{\frac{W_{FC} - W}{\rho_W}}{1 - LF} \qquad (۱)$$

که در آن W و W_{FC}: به ترتیب عبارتند از جرم گلدان (گرم) درست تا قبل از آبیاری و در شرایط رطوبت ظرفیت زراعی،ρ_w: جرم مخصوص آب (یک گرم بر سانتی‌متر مکعب) و LF: جزء آبشویی است که مقدار آن بر اساس پیشنهاد آیرز و وستکاک[4] (۱۹۸۵) برای آبیاری، معادل ۰/۱۵ در نظر گرفته شد. زه‌آب هر گلدان بعد از هر آبیاری از طریق سطل‌های خاکی تعبیه شده در زیر هر میکرولایسیمتر جمع‌آوری و اندازه‌گیری می‌شد. تبخیر- تعرق هر گلدان با استفاده از رابطه (۲) و از طریق رابطه بیلان آب خاک تعیین گردید:

$$ETc_{lys} = \frac{\left[\frac{(W_n - W_{n+1})}{\rho_w} + (I - D_p)\right]}{A} \qquad (۲)$$

که در آن، ET_{lys}: تبخیر- تعرق روزانه (سانتی‌متر)، I و D_p: به ترتیب میزان آب آبیاری و زهکشی (سانتی‌متر مکعب) ،w_n، w_{n+1}: جرم گلدان در دو روز متوالی (گرم) و A: سطح بالای گلدان‌ها (سانتی‌متر مربع) می‌باشد. معادله (۲) با فرض نبود تلفات رواناب، بارندگی و صعود مویینگی از سطح ایستابی است که با توجه به شرایط پژوهش حاضر در میکرولایسیمترها منطبق می باشد. توزین روزانه هر گلدان و محاسبه کاهش جرم با استفاده از داده‌های روز قبل احتمال خطای مربوط به افزایش جرم گیاه در اثر رشد را به حداقل می‌رساند.

1-Anonymous
2- Boyaci
3- Senyigit *et al.*
4-Ayers and Westcot

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر ضریب گیاهی از طریق معادله (۳)، با استفاده از اندازه‌گیری های لایسیمتری روزانه تبخیر-تعرق گیاه مرجع و تبخیر-تعرق بادنجان تعیین گردید (Kc_{lys}):

$$Kc_{lys} = \frac{ETc_{lys}}{ETo_{lys}} \quad (۳)$$

که در آن ETc_{lys} و ETo_{lys}: به ترتیب مقادیر لایسیمتری تبخیر- تعرق گیاه بادنجان و گیاه مرجع می‌باشد.

مدل تبخیر- تعرق FAO-56

معادله پنمن- مانتیث فائو برای محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع روزانه (میلی‌متر بر روز) با استفاده از داده‌های میانگین روزانه به صورت زیر ارائه شده است (آلن و همکاران،۱۹۹۸):

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (۴)$$

که در آن R_n: تشعشع خالص در سطح گیاه (مگاژول بر مترمربع در روز)؛ G: شار گرمایی خاک (مگاژول بر مترمربع در روز)؛T: میانگین دمای هوا در ارتفاع ۲ متری (درجه سانتی‌گراد)؛ u_2: سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (متر بر ثانیه)؛ e_s: فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)؛e_a: فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال)، Δ: شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد) و γ: ثابت سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد). در محاسبات روزانه از شارگرمایی خاک صرفنظر شده است.

در روش ضریب گیاهی یک جزئی، تاثیر شرایط اقلیمی مختلف در عبارت تبخیر-تعرق گیاه مرجع و خصوصیات گیاهی در عبارت ضریب گیاهی مستتر شده‌است. بر این اساس تبخیر- تعرق گیاهی تحت شرایط استاندارد (ET_{C-std}) عبارتست از:

$$ET_{C-std} = K_C ET_0 \quad (۵)$$

طول دوره چهار مرحله‌ای رشد بادنجان در نواحی مختلف اقلیمی در جدول (۲) ارائه شده است (آلن و همکاران،۱۹۹۸). مقادیر نمونه ای ضریب گیاهی برای دوره‌های ابتدایی، میانی و انتهایی رشد (به ترتیب K_{Cini}، K_{Cmid}، K_{Cerd}) نیز در جدول (۲) ارائه گردیده است (آلن و همکاران،۱۹۹۸). مقادیر ضریب گیاهی گزارش شده در جدول (۲) مقادیر نمونه‌ای هستند که برای شرایطی که حداقل رطوبت نسبی ۴۵ درصد یا سرعت باد در ارتفاع ۲ متری معادل ۲ متر بر ثانیه نباشد به صورت زیر تعدیل می‌شوند:

$$Kc_{mid/end} = Kc_{mid/end(Tab)} + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)]\left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad (۶)$$

که در آن $Kc_{mid/end(Tab)}$: مقادیر جدولی ضریب گیاهی در مرحله میانی یا در پایان مرحله انتهایی رشد بوده و h: نیز متوسط ارتفاع گیاه (متر) می‌باشد. مقادیر Kc_{imi} نیز بر اساس روش نموداری پیشنهاد شده توسط آلن و همکاران (۱۹۹۸) با استفاده از فواصل خیس‌شدگی،تبخیر-تعرق گیاه مرجعو اهمیت وقایع خیس شدگی، مورد واسنجی قرار گرفت. در مراحل توسعه و پایانی رشد گیاه، مقادیر ضریب گیاهی با در نظر گرفتن تغییرات خطی بین ضریب گیاهی در انتهای دوره قبل و ضریب گیاهی در ابتدای دوره بعد محاسبه گردید.

برای شرایط غیر استاندارد (مانند شوری یا کمبود آب آبیاری) محدودیت تبخیر- تعرق گیاه با اعمال ضریب تش (ضریب تنش) به منظور تعدیل ضریب گیاهی و در نتیجه تبخیر-تعرق بادنجان برای شرایط واقعی (ET_{C-Adj}) به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$ET_{C-Adj} = K_s K_C ET_0 \quad (۷)$$

آلن و همکاران (۱۹۹۸) معادلات مختلفی برای محاسبه ضریب تنش در شرایط متفاوت تنش ارائه کرده‌اند:

تنشآبی بدونشوری:

$$K_S = \frac{TAW - D_r}{TAW - RAW} \quad (۸)$$

تنش شوری بدون کمبود آب:

$$K_S = 1 - \frac{b}{100K_y}(EC_e - EC_{ethreshod}) \quad (۹)$$

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها

عمق خاک (متر)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد وزنی)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	Ph	شوری عصاری اشباع (دسی زینمنس بر متر)	پتاسیم (مگا گرم بر کیلوگرم خاک)	فسفر (مگا گرم بر کیلوگرم خاک)	مواد آلی (درصد)
۰-۰/۳	۵,۳۰	۱۱	۱,۰۳	۷,۷۲	۰,۵۵	۶۰۰	۱۲,۵	۱,۶۵

www.SID.ir

Archive of SID

تنش آبی توام با شوری:

$$K_S = \left(1 - \frac{b}{100K_y}\left(EC_e - EC_{ethreshold}\right)\right)\left(\frac{TAW - D_r}{TAW - RAW}\right) \quad (۱۰)$$

که در روابط فوق، D_r: مقدار تخلیه آب خاک از عمق توسعه ریشه گیاه (میلی‌متر)، K_y: ضریب کاهش نسبی عملکرد متاثر از کاهش تبخیر- تعرق گیاه تحت تنش آبی (دوربنوس و کاسام،۱۹۷۹)؛$Ec_{ethreshold}$: آستانه شوری خاک (دسی زیمنس بر متر)، EC_e: شوری عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر) و b: شیب عملکرد محصول به ازای افزایش یک واحد EC_e نسبت به آستانه شوری خاک می‌باشد. مقادیر b و $Ec_{ethreshold}$ از برازش مدل های شوری پیشنهاد شده توسط ماس و هافمن[1] (۱۹۷۷) به داده های واقعی اندازه‌گیری شده به دست آمد. TAW و RAW: به ترتیب کل آب قابل استفاده خاک و آب سهل‌الوصول در عمق توسعه ریشه (میلی‌متر)می‌باشند. در مقادیر D_r کوچک‌تر از RAW نسبت $\frac{TAW - D_r}{TAW - RAW}$ برابر یک در نظر گرفته شد. مقادیر D_r در پایان هر روز ($D_{r,i}$) از رابطه بیلان آب خاک به صورت زیر محاسبه گردید:

$$D_{r,i} = D_{r,i-1} - I_i + ET_{c,i} + Dp_i \quad (۱۱)$$

که در آن $D_{r,i-1}$: میزان آب در محدوده ریشه در پایان روز قبل (میلی‌متر)، I_i، ET_{ci}، D_{pi}: به ترتیب عمق خالص آبیاری، تبخیر- تعرق گیاه و نفوذ عمقی در روز iام (میلی‌متر) می‌باشند.

عملکرد معادله پنمن-مانتیث فائو از طریق پارامترهای مختلفی مانند خطای مطلق میانگین (MAE[2])، شاخص توافق (d) (ویلمات و ویکس،۱۹۸۰) واریانس توزیع اختلافات (S^2_d) مجذور خطای مربع میانگین (NRMSE[3]) (فاکس[4]،۱۹۸۱) ارزیابی گردید. شکل محاسباتی این شاخص‌ها به صورت زیر است:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|O_i - P_i|}{n} \quad (۱۲)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left[\left(P_i - O_{avg}\right) + \left(O_i - O_{avg}\right)\right]^2}\right] \quad (۱۳)$$

$$s_d{}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)}{n})^2}{n-1} \quad (۱۴)$$

$$NRSME = \frac{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}}{O_{avg}} \quad (۱۵)$$

که در روابط فوقO_{avg} وO_i،P_i: به ترتیب مقادیر پیش‌بینی شده، مشاهده شده و میانگین مقادیر مشاهده شده تبخیر-تعرق می باشند.از رگرسیون خطی ساده برای تمامی مقایسه‌ها به منظور همبستگی بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده‌ی تبخیر- تعرق بادنجان استفاده شده است که در آن ETc_{-FPM} و ETc_{-Act} به ترتیبمقادیر برآورد شده پنمن-مانتیث فائو و مقادیر اندازه گیری شده تبخیر-تعرق بادنجان و A و Bضرایب رگرسیونی هستند. برآورد مناسب با توجه به رگرسیون خطی برآوردی است که در آن ضریب همبستگی (R^2) بالا و مقادیر A نزدیک به صفر و مقادیر B نزدیک به یک باشند. در تحلیل نتایج پژوهش حاضر، عملکرد روش پنمن-مانتیث فائو با استفاده از رگرسیون خطی توام با شاخص‌های تفاوت خطای مطلق میانگین ، توافق، واریانس توزیع اختلافات و مجذور خطای مربع میانگین مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

داده‌های هواشناسی

داده‌های هواشناسی داخل و خارج گلخانه از ۳۰ اردیبهشت تا ۱۵ شهریور برای محاسبه تبخیر-تعرق مورد تحلیل قرار گرفت. حداکثر، حداقل و متوسط دمای هوا در مزرعه به ترتیب ۳۸، ۸/۲ و ۲۳/۸ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. این مقادیر در گلخانه به ترتیب ۳۵/۷، ۸/۹ و ۲۳/۹ درجه سانتی‌گراد بودند. حداکثر، حداقل و متوسط رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده در مزرعه به ترتیب عبارت بودند از ۵۹، ۴ و ۲۴/۳ درصد. این مقادیر در گلخانه به ترتیب ۶۸، ۸ و ۲۵/۲ درصد بودند. همچنین مقادیر به دست آمده برای حداکثر، حداقل و متوسط تشعشع خالص خورشیدی در مزرعه به ترتیب شامل ۲۸، ۱۴/۱ و ۲۱/۷ مگاژول بر متر مربع-روز و در گلخانه به ترتیب برابر با ۱۸/۸، ۱۱/۶ و ۱۵/۲ مگاژول بر متر مربع-روز بودند. در مجموع میزان نوسانات روزانه داده‌های هواشناسی در مزرعه بیشتر از گلخانه مشاهده گردید.

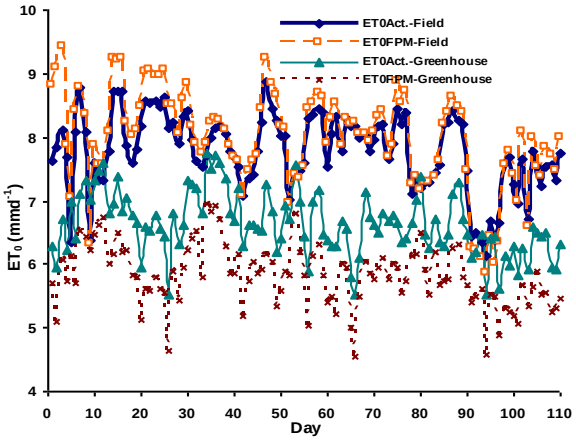
1-Maas and Hoffman
2 - Mean Absolute Error
3 -Normalized Root Mean Square Error
4- Fox

www.SID.ir

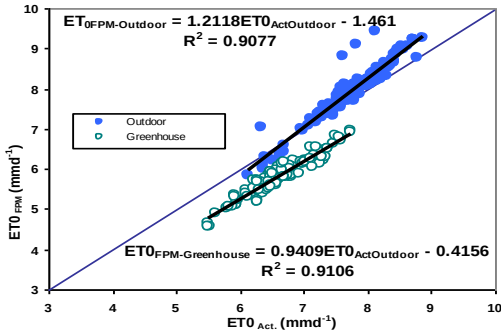
Archive of SID

جدول ۲- طول دوره‌های مختلف رشد بادنجان و ضرایب گیاهی هر دوره (آلن و همکاران،۱۹۹۸)

مرحله رشد	ابتدایی	توسعه	میانی	انتهایی	مجموع	منطقه
طول دوره رشد (روز)	۳۰	۴۰	۴۰	۲۰	۱۳۰	خشک
	۳۰	۴۵	۴۰	۲۵	۱۴۰	مدیترانه ای
ضریب گیاهی	۰/۶	-	۱/۰۵	۰/۹	-	



شکل ۱- تغییرات روزانه در مزرعه و گلخانه در مقایسه با برآوردهای مدل پنمن-مانتیث فائو



شکل ۲- رگرسیون خطی بین مقادیر اندازه گیری شده و مقادیر برآورد شده توسط مدل پنمن-مانتیث فائو در داخل و بیرون از گلخانه

تبخیر-تعرق گیاه مرجع روزانه

متوسط تبخیر-تعرق گیاه مرجعروزانه اندازه‌گیری شده در طول دوره رشد در داخل و خارج گلخانه به ترتیب ۷/۷۸ و ۶/۶۳ میلی متر بر روز می‌باشد.علی‌رغم عدم وجود ارتباط معنی‌دار بین مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع روزانه در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه، مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع در داخل گلخانه ۸۵ درصد مقادیر آن در خارج از گلخانه می‌باشد. مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع روزانه محاسبه شده از روش فائو پنمن مانتیث با مقادیر محاسبه شده گلخانه و مزرعه در شکل (۱) نشان داده شده است.

مدل پنمن-مانتیث فائو به خوبی مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع را در مزرعه پیش‌بینی نموده اما مقادیر تخمین زده شده از این روش در داخل گلخانه در حدود ۱۲ درصد پایین‌تر از مقدار واقعی می باشد. هر چند روند تغییرات تبخیر-تعرق گیاه مرجع به خوبی پیش بینی شده است. شکل (۲) رابطه خطی بین مقادیر تخمین زده و اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر را در داخل و خارج از گلخانه نشان می‌دهد. شیب خط رگرسیون در بیرون و داخل گلخانه به ترتیب ۱/۲۱ و ۰/۹۴ می‌باشد و مقدار ضریب همبستگی (R^2) در هر دو محیط ۰/۹۱ بوده است.

آبیاری

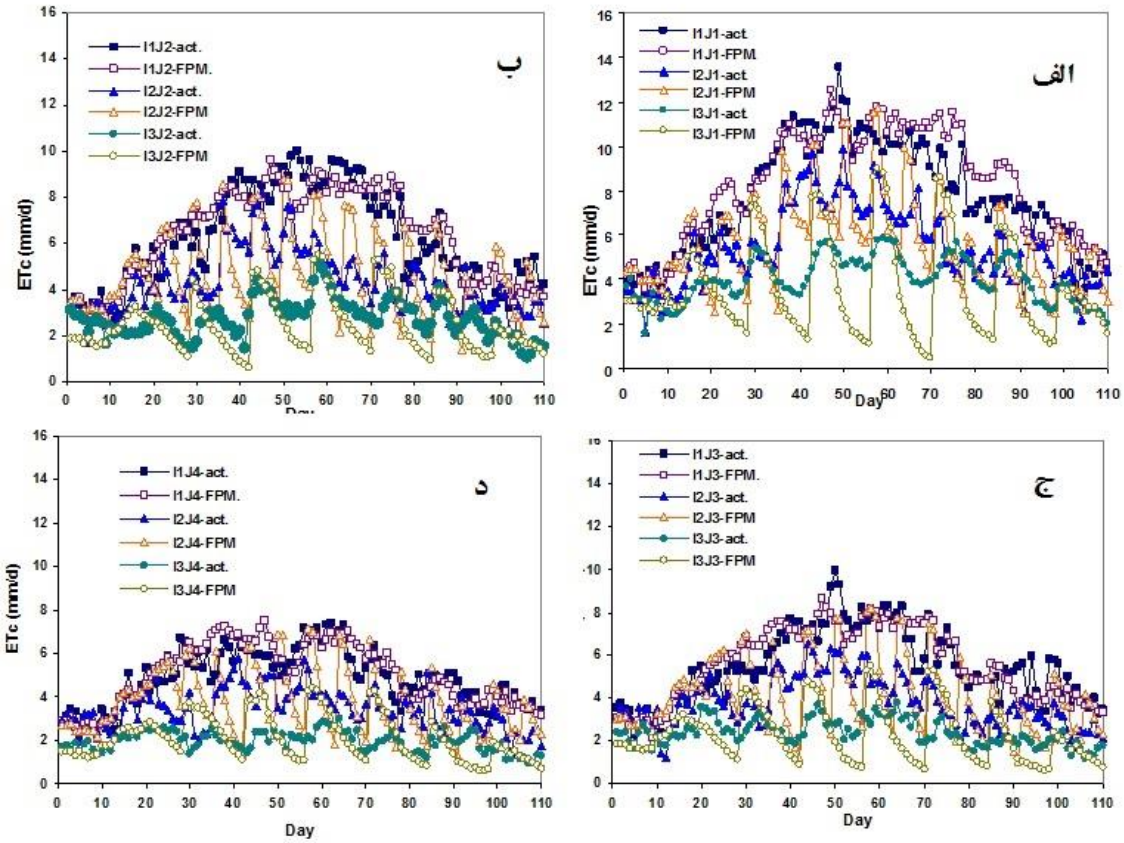
آبیاری در تناوب‌های ثابت برای تامین رطوبت زراعی در گلدان‌هاییبا عمق ۳۰ سانتی‌متر خاک انجام گرفت. در جدول (۳) مقادیر کل آب آبیاری، تعداد آبیاری مورد استفاده در هر تیمار در گلخانه و مزرعه ارائه داده شده است. بیشترین و کمترین مقدار آب آبیاری در هر دو محیط کشت گلخانه و مزرعه در تیمارهای I_1J_1 و I_3I_4مشاهدهشده است. مقدار کلی آب آبیاری بین ۲۷۸ تا ۹۲۴ میلی‌متر در تیمارهای خارج از گلخانه و ۲۱۴ تا ۶۷۶ میلی‌متر در تیمارهای داخل گلخانه می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تعداد و میزان آبیاری های انجام شده در گلخانه و مزرعه در تیمارهای مختلف

تیمار	I_1J_1	I_1J_2	I_1J_3	I_1J_4	I_2J_1	I_2J_2	I_2J_3	I_2J_4	I_3J_1	I_3J_2	I_3J_3	I_3J_4
تعداد آبیاری	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۸	۸	۸	۸
آب مصرفی آبیاری مزرعه (میلی‌متر)	۹۲۴.۳	۷۵۸.۶	۶۸۲.۱	۶۱۰.۴	۶۶۲.۸	۵۳۹.۱	۴۸۲.۵	۴۴۷.۱	۴۸۱.۵	۳۵۶.۶	۳۰۸.۸	۲۷۷.۶
آب مصرفی آبیاری گلخانه (میلی‌متر)	۶۷۶.۲	۵۷۳.۷	۵۲۱	۴۶۳.۵	۴۶۰.۸	۳۶۳.۷	۳۴۵.۷	۳۱۳.۱	۲۹۳.۱	۲۳۶.۲	۲۳۵.۴	۲۱۳.۸



شکل ٤- مقادیر واقعی و برآورد شده تبخیر-تعرق بادنجان در مزرعه برای تیمارهای شوری الف) J_1 ، ب)J_2 ، ج)J_3 و د)J_4

تبخیر تعرق روزانه گیاه

تبخیر و تعرق روزانه اندازه‌گیری شده و مقادیر تخمین زده شده از مدل پنمن-مانتیث فائو در داخل و خارج از گلخانه به ترتیب در شکل‌های (۴) و (۵) نشان داده شده است. هر شکل شامل تغییرات تبخیر-تعرق بادنجان در طول دوره رشد برای تیمارهای شوری J_1(الف)، J_2 (ب)، J_3 (ج) و J_4 (د) می‌باشد. در طول مراحل اولیه رشد، مقادیر نسبی آب از دست رفته در همه تیمارها تقریباً مشابه می‌باشد. تقریباً در حدود سه هفته بعد از آغاز تیمارها، تغییرات در تبخیر-تعرق بادنجان روزانه محاسبه شده، تدریجاً در اثر دور آبیاری و شوری متفاوت آشکار گردید. در گلدان‌های داخل و خارج از گلخانه، تیمارهای I_2 یک افزایش تبخیر-تعرق بادنجان روزانه را یک تا دو روز پس از آبیاری نشان می‌دهد. شدت چنین افزایش ناگهانی در هر دو محیط تقریباً یکسان می‌باشد (حداکثر ۱/۷ و ۱/۸ میلی‌متر در دو روز به ترتیب در گیاهان گلخانه و خارج از آن). در تیمارهای I_3 وقایع آبیاری افزایش ملایم‌تری در مقدار روزانه تبخیر-تعرق بادنجان نسبت به تیمارهای I_2دارد. همان‌طوری که در شکل‌های (۴) و (۵) نشان داده شده است تغییرات روزانه تبخیر-تعرق بادنجاندر این تیمارها ملایم‌تر بوده و از شدت نوسانات روزانه کاسته شده است.چنین روندی در تغییرات روزانهتبخیر-تعرق را می‌توان در تیمارهای I_2 و I_3 با افزایش شوری مشاهده نمود. همان گونه که در شکل‌های (۴) و (۵) نشان داده شده، افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری باعث کاهش دامنه

www.SID.ir

Archive of SID

تغییرات منحنی‌های تبخیر-تعرق بادنجان روزانه گردیده که می‌توان آن را به اختلال در پاسخ روزنه‌ای گیاه بادنجان به آبیاری در اثر تنش‌های آبی و شوری نسبت داد.

مقادیر اوج تبخیر-تعرق بادنجان روزانه محاسبه شده در گلدان‌های خارج از گلخانه‌برای تیمار I_1 به ترتیب در دامنه ۱۳/۵ تا ۷/۴ برای I_1J_1 و I_1J_4 می‌باشد، در حالی‌که مقدار حداکثرتبخیر-تعرق بادنجان روزانه در I_2 به ترتیب از ۹/۸ تا ۵/۸ میلی‌متر برای I_2J_1 و I_2J_4 متغیر بوده است. چنین مقادیری به ترتیب ۵/۳ و ۳ میلیمتر در تیمارهای I_3J_1 و I_3J_4 می‌باشد. مقادیر اوج تبخیر-تعرق بادنجان روزانه در گلخانه در تیمارهای I_1 به ترتیب ۹/۵ تا ۵/۹ میلی‌متر در تیمارهای I_1J_1 و I_1J_4می‌باشد. در تیمارهای I_2 چنین مقادیری به ترتیب بین ۷/۲ و ۴/۱میلی‌متر برای I_2J_1 و I_2J_4 بوده در حالی‌که در تیمار I_3 ۳/۹ و ۲/۶ میلی‌متر به ترتیب بیشترین مقادیر تبخیر-تعرق بادنجان روزانه در I_3J_1 و I_3J_4 می‌باشند.

نتایج نشانگر این است که کاهش مقادیر تبخیر-تعرق بادنجان روزانه در اثر شوری در خارج از گلخانه بیشتر از داخل بوده است، به گونه‌ای که تبخیر-تعرق بادنجان روزانه خارج از گلخانه برای تیمارهای J_4 (۷ دسی زیمنس بر متر) به صورت ۰/۵ تا ۰/۵۵ تیمار J_1 (۰/۸ دسی زیمنس بر متر) به دست آمده است، در حالی‌که نسبت تبخیر-تعرق بادنجان روزانه برای تیمارهای J_4 تا J_1 برابر ۰/۶۲ تا ۰/۶۷ در گیاهان داخل گلخانه بوده است.

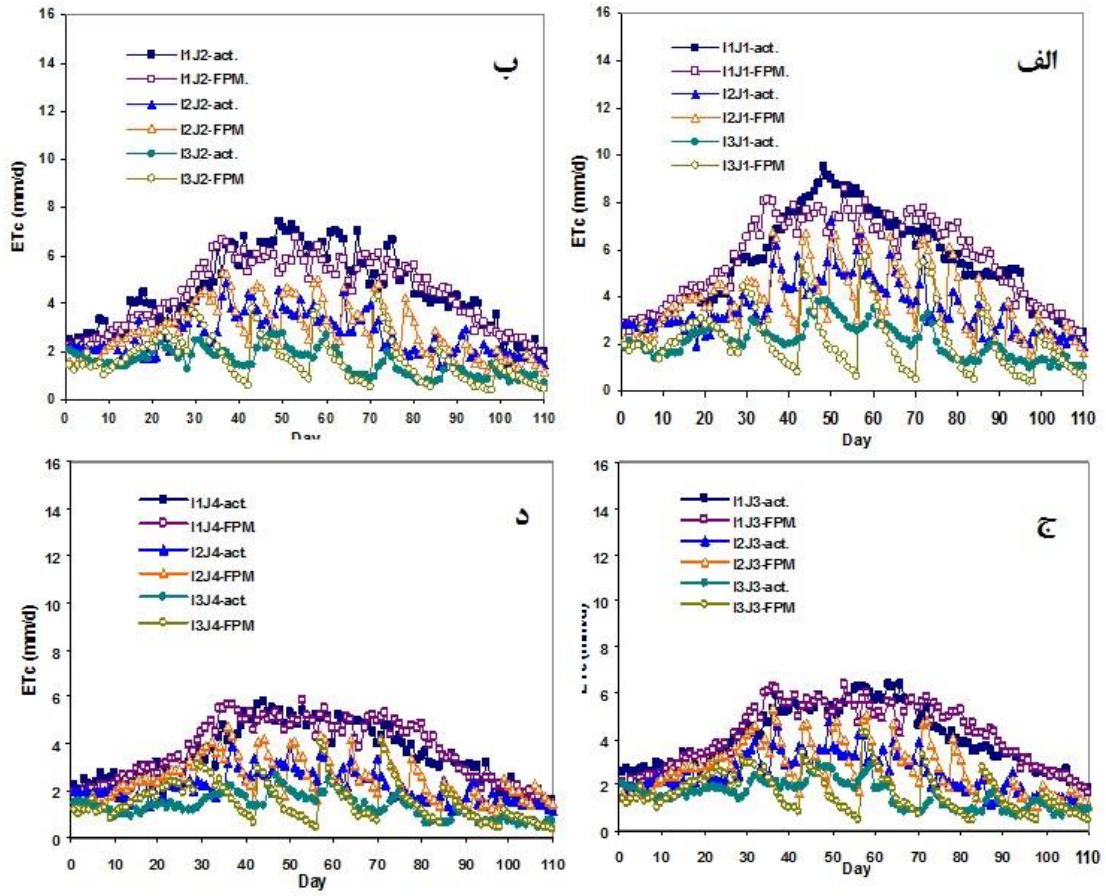
در هر دو محیط، به دلیل شرایط آبی مناسب،تبخیر-تعرق بادنجان کل بادنجان در طول دوره رشد در تیمارهای I_1J_1 بیشتر از سایر تیمارها بوده است. تفاوت بین I_1J_1 و سایر تیمارها در مزرعه بیشتر از گلخانه بوده که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر تبخیر و تعرق بادنجان‌های مزرعه به کم آبیاری و شوری می‌باشد. به هر حال، در هر دو محیط، نیاز تبخیری بالقوه بادنجان با کاهش کمیت و کیفیت آب تقلیل یافته است. در شرایط کمبود رطوبت خاک، قابلیت خاک خشک در تامین نیاز تبخیر-تعرق بادنجان گیاه کاهش یافته است، علی‌الخصوص در دوره اوج نیاز آبی که به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبخیر-تعرق بادنجان کل از ۸۴۶/۶ به ۳۷۷/۷ میلی‌متر به ترتیب در تیمارهای I_1J_1 و I_3J_1 مزرعه و از ۵۹۸/۵ به ۲۳۳/۴ میلی‌متر به ترتیب در تیمارهای I_1J_1 و I_3J_1 گلخانه منجر شده است. به علاوه یک کاهش مشخص در تبخیر-تعرق بادنجان در اثر افزایش شوری آب مشاهده شد. نیاز تبخیری کل تحت شرایط آبیاری آب با کیفیت (J_1) در گلخانه در حدود ۱/۵ تا ۱/۶ برابر بزرگ‌تر از نیاز کل تیمارهای J_4 می‌باشد، در حالی‌که این نسبت در خارج از گلخانه بین ۱/۶ تا ۱/۸ بوده است.

جدول (۴) خلاصه‌ای از مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده تبخیر-تعرق بادنجان در داخل و خارج از گلخانه را نشان می‌دهد. در جدول مذکور، تیمارهای مختلف بر اساس انطباق مقادیر تبخیر-تعرق بادنجانروزانه برآورد شده مدل پنمن-مانتیث فائو با مقادیر اندازه‌گیری شده طبقه‌بندی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در هر دو شرایط محیطی، مدل پنمن-مانتیث فائو بهترین تخمین‌ها را برای تیمارهای I_1 که در آن هیچ‌گونه کم آبیاری اعمال نشده ارائه داده است. شیب خط معادله رگرسیون خطی برای این تیمارها در محدوده ۰/۸۵ تا ۰/۹۴ و ۰/۹۲ تا ۰/۹۶ به ترتیب در خارج و داخل گلخانه به‌دست آمده که به عدد یک بسیار نزدیک می‌باشد. بیشترین مقادیر R^2 نیز برای تیمارهای I_1 به دست آمد. هرچند این مقادیر به عدد یک نزدیک نبودند. این امر را می‌توان به نوسانات روزانه داده‌های هوا نسبت داد که منجر به تغییرات شدید در تبخیر-تعرق گیاه مرجع روزانه و در نتیجه تغییرات تبخیر-تعرق بادنجان می‌گردد. این مساله در تیمارهای I_1 و I_3 در نتیجه تغییرات ناگهانی رطوبت خاک در اثر هر آبیاری تشدید شده است. مقادیر ضریب تنش به طور ناگهانی پس از هر آبیاری به مقدار ماکزیمم می‌رسد، در حالی‌که اثر افزایش آب خاک روی تبخیر-تعرق بادنجانواقعی چندان ناگهانی نیست، به طوری‌که حداکثر مقدار تبخیر-تعرق بادنجان معمولاً یک تا دو روز پس از هر آبیاری مشاهده می‌گردید. علاوه بر این، شیب کاهش تبخیر-تعرق بادنجان برآورد شده در خاک در حال خشک شدن تندتر از شیب نزولی تبخیر-تعرق بادنجان واقعی بوده که منجر به نوسانات بیشتر در برآوردهای مدل شده است . عملکرد نسبتاً بهتر مدل پنمن-مانتیث فائو در تیمارهای I_1J_2 و I_1J_4 در مقایسه با I_1J_1 را می‌توان به بزرگ‌تر بودن دامنه تغییرات مقادیر تبخیر-تعرق بادنجاندر تیمار I_1J_1 و لذا افزایش احتمال اختلاف بین مقادیر تخمینی و واقعی دانست در حالی‌که تنش شوری آب در سایر تیمارهای I_1، با کاهش دامنه تغییرات تبخیر-تعرق بادنجان، این اختلاف یافته است (شکل‌های ۴ و ۵ الف تا د).

منحنی‌های رگرسیون تبخیر-تعرق بادنجان روزانه در تیمارهای با بهترین و بدترین برآورد در مزرعه و گلخانه در شکل (۶) نشان داده شده است. معادله هر یک از خطوط رگرسیون نیز برای مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده ارائه گردیده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مقادیر واقعی و برآورد شده تبخیر-تعرق بادنجان در گلخانه برای تیمارهای شوری الف) J_1 ، ب)J_2 ، ج)J_3 و د)J_4

میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجان

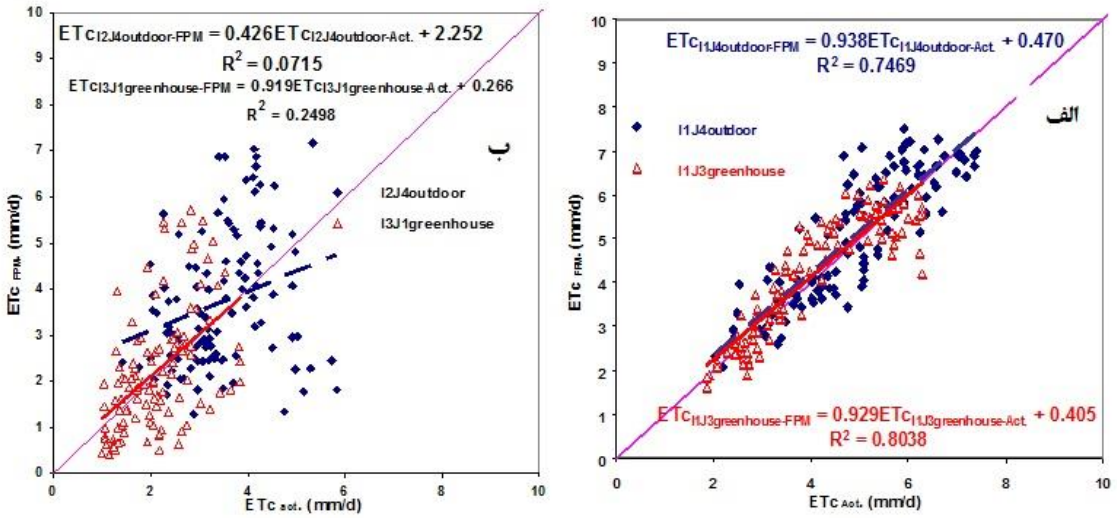
میانگین ۱۰ روزه داده‌های هواشناسی به منظور محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع مورد استفاده قرار گرفت و سپس با ضرب مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع به دست آمده در میانگین ۱۰ روزه ضریب گیاهی ، مقدار میانگین تبخیر-تعرق بادنجان محاسبه گردید ($ETc_{FPM10-day}$). این مقادیر با به‌کارگیری رگرسیون‌خطی و شاخص های تفاوت، با متوسط ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجان اندازه‌گیری شده در میکرولایسیمترها ($ETc_{ACT-10day}$) مقایسه شدند. جدول (۵) نتایج مقایسه بین $ETc_{FPM10-day}$ و $ETc_{ACT-10day}$ را برای داخل و خارج گلخانه نشان می‌دهد. مجددا در هر دو محیط کشت، بهترین برآوردهای مدل پنمن-مانتیث فائو متعلق به تیمارهای I_1 بود. با این حال در اکثر تیمارها، عملیات میانگین‌گیری منجر به کاهش خطای مطلق میانگین ، و مجذور خطای مربع میانگین توام با افزایش شاخص توافق و R^2 شده که با توجه به تاثیر میانگین‌گیری در ملایمسازی تغییرات و نوسانات ناگهانی تبخیر-تعرق بادنجان قابل پیش‌بینی بوده است.عملکرد مدل پنمن-مانتیث فائو در برآورد مقادیر میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجانبرای تیمارهای J_1 و J_4 - به عنوان مرزهای پایین و بالای شوری - در شکل‌های (۷) و (۸) به ترتیب برای مزرعه و گلخانه نشان داده شده است. این ویژگی در نتایج برآوردهای مربوط به تیمارهای I_2 بارزتر بوده است. مقایسه جدول‌های(۴) و (۵) نشان می‌دهد که برآوردهای میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجان در تیمارهای I_2 از دقت بیشتری برخوردار بوده است. با توجه به فواصل هفتگی آبیاری در تیمارهای I_2 ، میانگین‌گیری ۱۰ روزه به طور قابل ملاحظه‌ای تغییرات ناگهانی تبخیر-تعرق بادنجان موجود در اثر تغییرات سریع رطوبت خاک را تعدیل کرده است. با مقایسه نتایج میان‌گیری ۱۰ روزه در گلخانه و مزرعه، می‌توان نتیجه گرفت که این روش در بهبود دقت برآوردهای مزرعه تاثیر بیشتری داشته است. دلیل این امر را می‌توان در نوسانات آشکار مقادیر روزانه داده‌های هواشناسی مزرعه در مقایسه با گلخانه دانست. شکل (۹) منحنی‌های رگرسیون مقادیر میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجان مزرعه و گلخانه را برای تیمارهای با بیشترین و کمترین دقت برآورد نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- عملکرد مدل پنمن-مانتیث فائو در برآورد مقادیر روزانه تبخیر-تعرق بادنجان در مزرعه و گلخانه

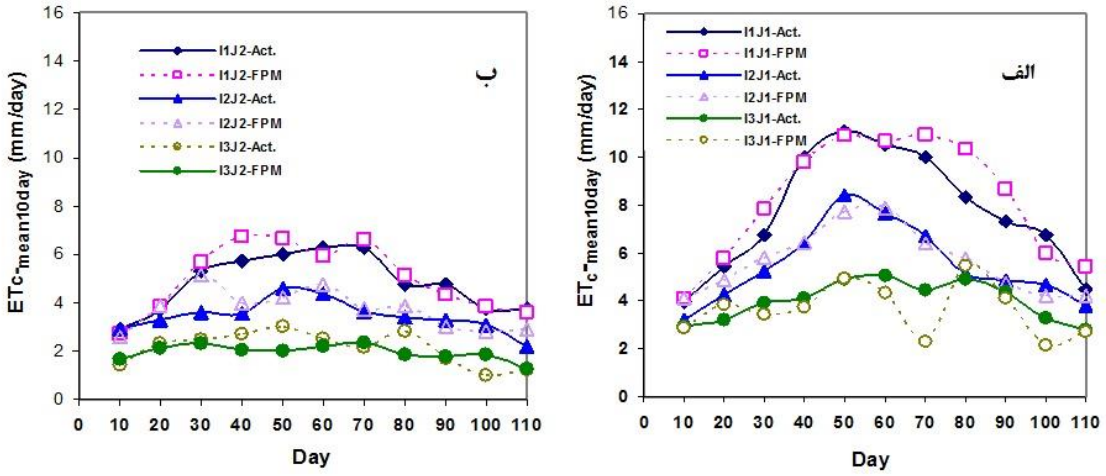
	رتبه	تیمار	خطای مطلق میانگین	واریانس توزیع اختلافات	مجذور خطای مربع میانگین	شاخص توافق	پارامترهای رگرسیون B	پارامترهای رگرسیون A	پارامترهای رگرسیون R^2	تعداد داده‌ها
مزرعه										
	۱	I_1J_4	۰/۵۹۴	۰/۵۳۶	۰/۰۰۷	۰/۹۲۲	۰/۹۳۸	۰/۴۷۰	۰/۷۴۷	۱۱۰
	۲	I_1J_3	۰/۶۹۰	۰/۸۱۸	۰/۰۰۸	۰/۹۲۸	۰/۸۵۱	۰/۹۱۶	۰/۷۵۱	۱۱۰
	۳	I_1J_1	۰/۹۵۵	۱/۱۷۵	۰/۰۱۱	۰/۹۳۹	۰/۹۱۵	۱/۱۹۳	۰/۸۲۱	۱۱۰
	۴	I_3J_2	۰/۷۹۴	۰/۹۴۲	۰/۰۰۹	۰/۷۰۰	۰/۹۰۰	۰/۰۲۰	۰/۳۶۱	۱۱۰
	۵	I_1J_2	۰/۸۲۵	۱/۰۲۸	۰/۰۰۹	۰/۹۳۶	۰/۸۰۸	۱/۳۶۳	۰/۷۸۶	۱۱۰
	۶	I_3J_4	۰/۶۹۳	۰/۸۸۱	۰/۰۰۹	۰/۴۷۰	۰/۹۶۳	۰/۲۴۱	۰/۱۸۱	۱۱۰
	۷	I_3J_3	۰/۹۱۲	۱/۲۹۱	۰/۰۱۰	۰/۵۲۱	۰/۹۹۰	-۰/۰۴۹	۰/۲۱۳	۱۱۰
	۸	I_2J_2	۱/۲۱۶	۲/۱۴۷	۰/۰۱۳	۰/۷۳۳	۰/۸۱۲	۱/۰۶۵	۰/۳۷۲	۱۱۰
	۹	I_2J_1	۱/۲۶۵	۲/۱۸۹	۰/۰۱۳	۰/۸۳۲	۰/۸۵۳	۰/۹۷۴	۰/۵۲۵	۱۱۰
	۱۰	I_2J_3	۱/۲۴۱	۲/۴۵۷	۰/۰۱۴	۰/۶۲۶	۰/۷۵۰	۱/۲۱۵	۰/۲۵۱	۱۱۰
	۱۱	I_3J_1	۱/۴۸۹	۳/۲۲۴	۰/۰۱۷		۱/۳۵۴	-۱/۷۷۷	۰/۳۷۵	۱۱۰
	۱۲	I_2J_4	۱/۱۸۹	۲/۲۸۶	۰/۰۱۴	۰/۳۸۰	۰/۴۲۶	۲/۲۵۲	۰/۰۷۱	۱۱۰
گلخانه										
	۱	I_1J_3	۰/۴۷۰	۰/۳۶۵	۰/۰۰۶	۰/۹۴۳	۰/۹۲۹	۰/۴۰۵	۰/۸۰۴	۱۱۰
	۲	I_1J_4	۰/۵۱۹	۰/۳۸۱	۰/۰۰۶	۰/۹۳۰	۰/۹۲۰	۰/۴۹۱	۰/۷۷۹	۱۱۰
	۳	I_3J_2	۰/۵۳۳	۰/۵۷۰	۰/۰۰۷	۰/۶۶۷	۰/۹۵۷	۰/۲۰۵	۰/۳۳۱	۱۱۰
	۴	I_1J_2	۰/۵۸۶	۰/۵۴۲	۰/۰۰۷	۰/۹۳۷	۰/۷۹۳	۰/۸۳۹	۰/۷۹۱	۱۱۰
	۵	I_3J_3	۰/۵۶۹	۰/۵۴۹	۰/۰۰۷	۰/۶۴۸	۰/۷۹۹	۰/۴۵۳	۰/۲۸۱	۱۱۰
	۶	I_1J_1	۰/۶۹۴	۰/۷۷۲	۰/۰۰۸	۰/۹۴۱	۰/۸۱۴	۱/۱۵۳	۰/۸۰۲	۱۱۰
	۷	I_2J_2	۰/۷۰۸	۰/۷۵۳	۰/۰۰۸	۰/۷۵۶	۰/۸۷۶	۰/۵۴۴	۰/۴۲۲	۱۱۰
	۸	I_2J_3	۰/۶۵۹	۰/۷۳۹	۰/۰۰۸	۰/۷۴۵	۰/۸۳۱	۰/۶۵۵	۰/۴۰۲	۱۱۰
	۹	I_2J_4	۰/۶۴۳	۰/۵۸۳	۰/۰۰۷	۰/۶۵۰	۰/۸۰۰	۰/۷۴۸	۰/۳۰۷	۱۱۰
	۱۰	I_3J_4	۰/۵۶۴	۰/۵۷۰	۰/۰۰۷	۰/۵۴۶	۰/۷۳۵	۰/۵۶۳	۰/۱۹۸	۱۱۰
	۱۱	I_2J_1	۰/۸۷۱	۱/۲۱۰	۰/۰۱۰	۰/۷۸۰	۰/۸۳۱	۰/۸۱۱	۰/۴۴۰	۱۱۰
	۱۲	I_3J_1	۰/۸۵۹	۱/۲۹۸	۰/۰۱۰	۰/۵۸۹	۰/۹۱۹	۰/۲۶۶	۰/۲۵۰	۱۱۰



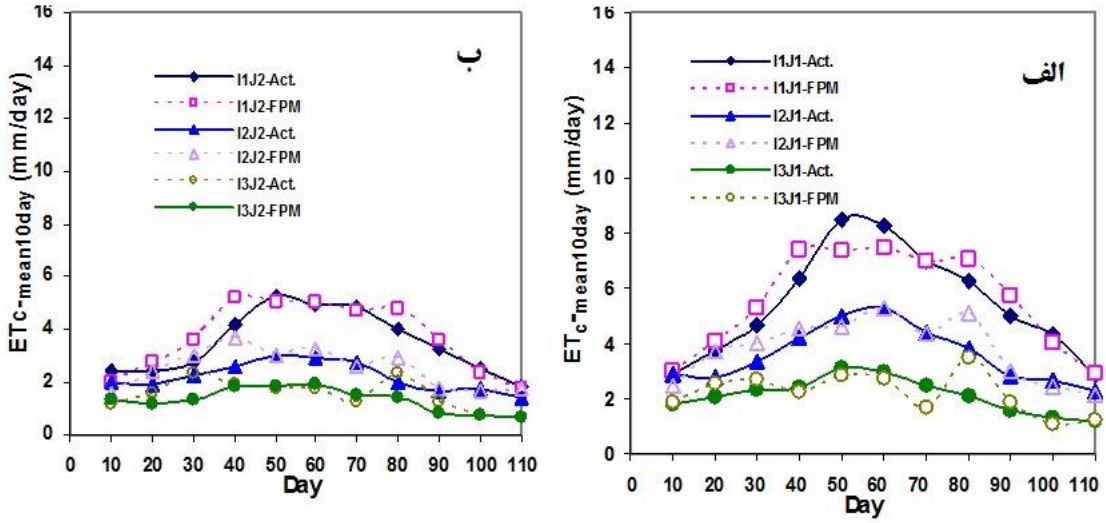
شکل ٦- رابطه خطی بین مقادیر روزانه اندازه گیری شده تبخیر-تعرق بادنجان و مقادیر محاسبه شده با مدل پنمن-مانتیث فائو برای الف) تیمارهای I_1J_4 مزرعه و I_1J_3 گلخانه و ب) تیمارهای I_2J_4 مزرعه و I_3J_1 گلخانه به عنوان بهترین و بدترین برآوردهای مدل در هر محیط

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجان در مزرعه برای تیمارهای شوری الف) J_1 و ب) J_4



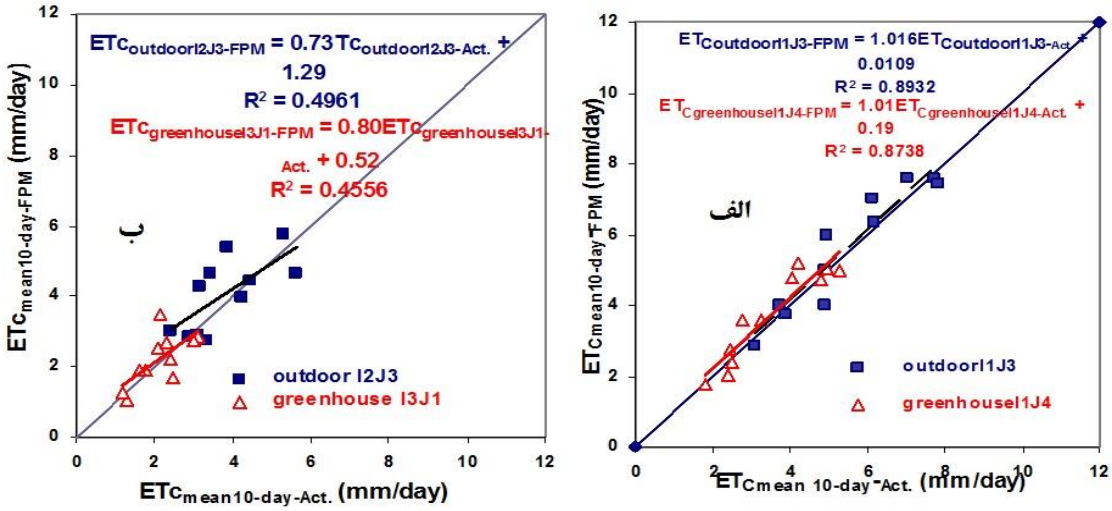
شکل۸- مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجان در گلخانه برای تیمارهای شوری الف) J_1 و ب) J_4

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- عملکرد مدل پنمن-مانتیث فائو در برآورد مقادیر میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجان در مزرعه و گلخانه

	رتبه	تیمار	خطای مطلق میانگین	واریانس توزیع اختلافات	مجذور خطای مربع میانگین	شاخص توافق	پارامترهای رگرسیون خطی B	پارامترهای رگرسیون خطی A	پارامترهای رگرسیون خطی R^2	تعداد داده ها
مزرعه										
	۱	I_1J_3	۰/۴۴۲	۰/۳۲۲	۰/۰۵۰	۰/۹۷۰	۱/۰۱۶	۰/۰۱۱	۰/۸۹۳	۱۱
	۲	I_1J_4	۰/۳۷۱	۰/۱۹۲	۰/۰۴۱	۰/۹۶۶	۱/۱۵۴	-۰/۵۷۸	۰/۹۲۱	۱۱
	۳	I_2J_1	۰/۴۴۵	۰/۲۶۱	۰/۰۴۷	۰/۹۶۷	۰/۷۹۹	۱/۲۶۸	۰/۹۱۷	۱۱
	۴	I_1J_2	۰/۵۲۵	۰/۴۲۷	۰/۰۵۹	۰/۹۷۲	۰/۹۱۵	۰/۷۰۶	۰/۹۰۲	۱۱
	۵	I_2J_4	۰/۵۰۴	۰/۳۴۷	۰/۰۵۷	۰/۷۸۲	۰/۸۸۵	۰/۶۶۷	۰/۴۹۸	۱۱
	۶	I_3J_2	۰/۴۹۸	۰/۲۸۷	۰/۰۵۲	۰/۷۷۳	۰/۷۵۹	۰/۴۰۳	۰/۴۶۸	۱۱
	۷	I_3J_4	۰/۴۳۴	۰/۳۱۹	۰/۰۵۱	۰/۵۹۳	۱/۲۷۹	۰/۳۷۸	۰/۳۴۴	۱۱
	۸	I_1J_1	۰/۷۳۹	۰/۶۴۹	۰/۰۸۵	۰/۹۶۱	۰/۹۶۶	۰/۷۹۸	۰/۹۰۰	۱۱
	۹	I_3J_3	۰/۵۱۲	۰/۴۴۴	۰/۰۵۸	۰/۵۷۵	۰/۸۲۸	۰/۳۳۵	۰/۲۲۳	۱۱
	۱۰	I_3J_1	۰/۵۹۶	۰/۶۲۵	۰/۰۷۶	۰/۷۵۸	۰/۸۷۸	۰/۱۲۳	۰/۴۶۳	۱۱
	۱۱	I_2J_2	۰/۵۲۳	۰/۳۸۹	۰/۰۵۹	۰/۸۹۰	۰/۶۹۶	۱/۵۶۶	۰/۷۰۷	۱۱
	۱۲	I_2J_3	۰/۶۳۲	۰/۶۲۸	۰/۰۷۳	۰/۸۰۹	۰/۷۳۰	۱/۲۹۱	۰/۴۹۶	۱۱
گلخانه										
	۱	I_1J_4	۰/۳۵۰	۰/۱۹۷	۰/۰۳۰	۰/۹۶۲	۱/۰۰۴	۰/۱۸۹	۰/۸۸۵	۱۱
	۲	I_1J_3	۰/۳۶۷	۰/۲۲۰	۰/۰۲۹	۰/۹۶۷	۰/۹۷۰	۰/۲۳۷	۰/۸۸۳	۱۱
	۳	I_1J_2	۰/۴۱۴	۰/۲۵۸	۰/۰۳۱	۰/۹۷۰	۰/۸۶۵	۰/۵۰۴	۰/۹۰۰	۱۱
	۴	I_2J_3	۰/۳۵۱	۰/۱۷۹	۰/۰۲۹	۰/۹۰۹	۰/۳۵۳	۰/۳۴۷	۰/۷۵۸	۱۱
	۵	I_2J_2	۰/۴۰۰	۰/۲۳۸	۰/۰۳۲	۰/۸۹۸	۱/۰۶۷	۰/۰۲۳	۰/۷۴۰	۱۱
	۶	I_2J_4	۰/۴۰۴	۰/۲۲۳	۰/۰۳۴	۰/۷۷۵	۰/۹۳۶	۰/۴۴۹	۰/۵۴۱	۱۱
	۷	I_1J_1	۰/۵۴۲	۰/۴۹۹	۰/۰۴۴	۰/۹۶۳	۰/۸۴۷	۰/۳۶۶	۰/۸۷۷	۱۱
	۸	I_2J_1	۰/۴۵۱	۰/۲۹۰	۰/۰۳۵	۰/۹۲۰	۰/۸۶۱	۰/۶۹۷	۰/۷۵۵	۱۱
	۹	I_3J_3	۰/۵۱۸	۰/۴۴۵	۰/۰۴۱	۰/۵۹۹	۰/۶۱۰	۰/۷۲۳	۰/۲۰۶	۱۱
	۱۰	I_3J_2	۰/۶۲۳	۰/۶۰۰	۰/۰۴۷	۰/۵۱۱	۰/۶۸۸	۰/۵۸۷	۰/۱۶۰	۱۱
	۱۱	I_3J_4	۰/۶۵۱	۰/۶۰۶	۰/۰۴۸	۰/۳۴۰	۰/۳۹۳	۰/۹۸۸	۰/۰۵۸	۱۱
	۱۲	I_3J_1	۰/۹۵۰	۱/۳۵۴	۰/۰۷۰	۰/۳۷۹	۰/۵۰۲	۱/۱۱۰	۰/۰۷۶	۱۱



شکل ۹- رابطه خطی بین مقادیر میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجان اندازه گیری شده و مقادیر محاسبه شده با مدل پنمن-مانتیث فائو برای الف) تیمارهای I_1J_4 مزرعه و I_1J_3 گلخانه و ب) تیمارهای I_2J_4 مزرعه و I_3J_1 گلخانه به عنوان بهترین و بدترین برآوردهای مدل در هر محیط

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- مقادیر میانگین ۱۰ روزه ضریب تنش واقعیوضریب تنش پنمن-مانتیث فائو در مزرعه

روز	مرحله رشد	I_1J_1	I_1J_2	I_1J_3	I_1J_4	I_2J_1	I_2J_2	I_2J_3	I_2J_4	I_3J_1	I_3J_2	I_3J_3	I_3J_4
		ضریب تنش واقعی											
۱۰	ابتدایی	۱/۰۰	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۸۰	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۵۶	۰/۴۳
۲۰	توسعه	۱/۰۰	۰/۸۱	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۷۸	۰/۶۶	۰/۵۷	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۳۹
۳۰	توسعه	۱/۰۰	۰/۹۰	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۳۳	۰/۴۱	۰/۳۵
۴۰	توسعه/میانی	۱/۰۰	۰/۷۲	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۱
۵۰	میانی	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۷۶	۰/۵۹	۰/۵۱	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۱۸
۶۰	میانی	۱/۰۰	۰/۸۷	۰/۷۵	۰/۶۰	۰/۷۳	۰/۵۸	۰/۵۱	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۲۱
۷۰	میانی	۱/۰۰	۰/۹۰	۰/۷۱	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۴
۸۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۲۷	۰/۲۲
۹۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۵۲	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۶۰	۰/۳۸	۰/۲۶	۰/۲۴
۱۰۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۶۰	۰/۷۳	۰/۵۶	۰/۷۰	۰/۵۴	۰/۵۰	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۲۸
۱۱۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۹۹	۰/۸۹	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۶۳	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۲۸
		ضریب تنش پنمن-مانتیث فائو											
۱۰	ابتدایی	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۹۹	۰/۷۹	۰/۷۰	۰/۶۲	۰/۹۹	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۴۹
۲۰	توسعه	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۸۰	۰/۷۶	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۸۲	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۴۹
۳۰	توسعه	۰/۹۲	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۰	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۷
۴۰	توسعه/میانی	۰/۹۶	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۵۰	۰/۲۶	۰/۳۸	۰/۳۶
۵۰	میانی	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۱	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۶۰	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۷
۶۰	میانی	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۵۵	۰/۷۳	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۴۴	۰/۵۲	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۳۰
۷۰	میانی	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۲۶
۸۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۶۱	۰/۴۹	۰/۵۹	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۰	۰/۶۹	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۳۶
۹۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۵	۰/۵۸	۰/۵۰	۰/۵۷	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۶۸	۰/۴۴	۰/۳۴	۰/۲۸
۱۰۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۴	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۵۷	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۵۷	۰/۴۲	۰/۳۰	۰/۲۷
۱۱۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۷۹	۰/۵۲	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۶۶	۰/۶۱	۰/۵۰	۰/۴۴

جدول ۷- مقادیر میانگین ۱۰ روزه ضریب تنش واقعی وضریب تنش پنمن-مانتیث فائودر گلخانه

روز	مرحله رشد	I_1J_1	I_1J_2	I_1J_3	I_1J_4	I_2J_1	I_2J_2	I_2J_3	I_2J_4	I_3J_1	I_3J_2	I_3J_3	I_3J_4
		ضریب تنش واقعی											
۱۰	ابتدایی	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۸۳	۱/۰۰	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۴۶
۲۰	توسعه	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۷۹	۰/۶۴	۰/۷۴	۰/۵۷	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۳۰
۳۰	توسعه	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۵۹	۰/۷۳	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۵۰	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۳۰
۴۰	توسعه/میانی	۱/۰۰	۰/۸۷	۰/۷۸	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۰
۵۰	میانی	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۲
۶۰	میانی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۰	۰/۶۴	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۳
۷۰	میانی	۱/۰۰	۰/۸۷	۰/۸۲	۰/۶۹	۰/۶۳	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۲۱
۸۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۸۶	۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۲۲
۹۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۸۴	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۶
۱۰۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۱۸
۱۱۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۶۴	۰/۸۰	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۳
		ضریب تنش پنمن-مانتیث فائو											
۱۰	ابتدایی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۸	۱/۰۰	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۶۴	۱/۰۰	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۶۲
۲۰	توسعه	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۸	۱/۰۰	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۶۴	۱/۰۰	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۶۲
۳۰	توسعه	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۸۵	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۵۷
۴۰	توسعه/میانی	۰/۹۷	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۵۹	۰/۵۴	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۰
۵۰	میانی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۵۶	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۲۶
۶۰	میانی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۷۹	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۲۶
۷۰	میانی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۲۱
۸۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۸۱	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۵۵	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۳۷
۹۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۲۵
۱۰۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۲۱
۱۱۰	نهایی	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۰	۰/۷۷	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- مقادیر میانگین ۱۰ روزه ضریب گیاهی واقعی و ضریب گیاهی تعدیل شده در مزرعه

روز	مرحله رشد	I_1J_1	I_1J_2	I_1J_3	I_1J_4	I_2J_1	I_2J_2	I_2J_3	I_2J_4	I_3J_1	I_3J_2	I_3J_3	I_3J_4
						ضریب گیاهی واقعی							
۱۰	ابتدایی	۰/۵۲	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۲
۲۰	توسعه	۰/۶۸	۰/۵۵	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۵۳	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۷
۳۰	توسعه	۰/۸۱	۰/۷۲	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۲۸
۴۰	توسعه/میانی	۱/۲۷	۰/۹۲	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۸۲	۰/۶۷	۰/۵۳	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲۶
۵۰	میانی	۱/۴۱	۱/۰۸	۰/۹۸	۰/۷۷	۱/۰۸	۰/۸۲	۰/۷۲	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۴۳	۰/۳۵	۰/۲۶
۶۰	میانی	۱/۳۴	۱/۱۷	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۹۸	۰/۷۷	۰/۶۸	۰/۵۶	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۳۵	۰/۲۸
۷۰	میانی	۱/۲۴	۱/۱۲	۰/۸۷	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۴۰	۰/۳۶	۰/۲۹
۸۰	پایانی	۱/۰۶	۰/۸۴	۰/۷۸	۰/۶۰	۰/۶۵	۰/۵۳	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۶۲	۰/۴۱	۰/۲۸	۰/۲۳
۹۰	پایانی	۰/۹۴	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۳۵	۰/۲۴	۰/۲۳
۱۰۰	پایانی	۱/۰۰	۰/۶۱	۰/۷۳	۰/۵۶	۰/۷۰	۰/۵۴	۰/۵۰	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۲۸
۱۱۰	پایانی	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۷
						ضریب گیاهی تعدیل شده							
۱۰	ابتدایی	۰/۵۰	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۸
۲۰	توسعه	۰/۶۹	۰/۵۳	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲۸
۳۰	توسعه	۰/۹۰	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۸
۴۰	توسعه/میانی	۱/۲۲	۰/۹۸	۰/۸۸	۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۵۹	۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۳۴
۵۰	میانی	۱/۳۵	۱/۰۴	۰/۹۴	۰/۸۳	۰/۹۷	۰/۷۰	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۳۷
۶۰	میانی	۱/۳۴	۱/۰۴	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۹۸	۰/۷۸	۰/۷۲	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۳۱
۷۰	میانی	۱/۳۴	۱/۰۳	۰/۹۳	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۲۶
۸۰	پایانی	۱/۲۹	۰/۹۹	۰/۷۹	۰/۶۴	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۴۹	۰/۶۷	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۳۵
۹۰	پایانی	۱/۱۰	۰/۸۳	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۴۷	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۵۰	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۲۱
۱۰۰	پایانی	۰/۹۱	۰/۶۸	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۵۲	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۱۵
۱۱۰	پایانی	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۷

مقادیر ضریب تنش

مقادیر واقعی ضریب تنش (ضریب تنش$_{ACT}$-) از طریق معادله (۷) و نسبت تبخیر-تعرق بادنجان واقعی اندازه‌گیری شده برای هر تیمار به تبخیر-تعرق بادنجان تیمار بدون تنش (I_1J_1) تعیین گردید. مقادیر ضریب تنش همچنین به وسیله مدل‌پنمن-مانتیث فائو و با استفاده از معادلات (۸) تا (۱۰) برای ترکیبات مختلف تنش‌های کم‌آبی و شوری محاسبه گردید. مقادیر میانگین ۱۰ روزه ضریب تنشواقعی و ضریب تنش پنمن-مانتیث فائو برای تیمارهای مختلف در مزرعه و گلخانه به ترتیب در جدول‌های(۶) و (۷) ارائه شده است. با توجه به این جدول‌ها، مقادیر واقعی و محاسبه شده ضریب تنش با افزایش شدت تنش‌های آبی و شوری کاهش یافته است. کوچک‌ترین مقادیر ضریب تنشواقعی به دست آمده در تیمارهای I_1 و I_2 و I_3 مزرعه به ترتیب ۰/۳۷، ۰/۲۲ و ۰/۱۳ بودند که همگی متعلق به تیمار شوری J_4 هستند. این مقادیر در گلخانه به ترتیب عبارتند از ۰/۴۴، ۰/۲۵ و ۰/۱۲ بودند. همان‌گونه که از جدول‌هایمذکور می‌توان دریافت، مقادیر میانگین ۱۰ روزه ضریب تنش واقعی به دست آمده در گلخانه اغلب بیشتر از مقادیر مزرعه بودند که نشانگر حساسیت بیشتر گیاهان مزرعه به تنش های شوری و کم‌آبی می‌باشد. با مقایسه مقادیر ضریب تنش به دست آمده از مدل پنمن-مانتیث فائو (از معادلات (۸) تا (۱۰)) با مقادیر حاصله از اندازه‌گیری‌ها (از معادله ۷) مشاهده گردید که در هر دو محیط کشت دقت مدل از تیمارهای I_2 به I_3 کاهش یافته است. همچنین از نظر اعمال تیمارهای شوری در تیمارهای گلخانه یک کاهش مرحله‌ای در دقت مدل از تیمارهای J_1 تا J_4 مشاهده گردید، هرچند چنین الگوی منظمی در تیمارهای J_1 تا J_4 مزرعه مشاهده نشده است.

مقادیر ضریب گیاهی

مقادیر روزانه ضریب گیاهی (Kc_{ACT}) برای شرایط مزرعه و گلخانه از نسبت تبخیر-تعرق بادنجان به تبخیر-تعرق گیاه مرجع اندازه‌گیری شده ، محاسبه گردید. در شرایط مزرعه مقادیر ضریب گیاهی واقعی از ۰/۴۶ تا ۱/۶۳ در تیمار I_1J_1 و از ۰/۱ تا ۰/۳۸ در تیمار I_3J_4 به دست آمده است. در طول پژوهش یک کاهش متوالی در مقادیرضریب گیاهی با افزایش تنش آبی و شوری مشاهده گردید. این نتایج در خیار تحت تنش شوری آب با شوری‌های ۱/۵، ۳/۲ و ۵/۱ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است (بلانکو و فولگاتی[1]،۲۰۰۳) در پسته، تغییر آبیاری از آبیاری کامل به کم آبیاری منجر به کاهش ضریب گیاهی از ۱/۱۵ به ۰/۸ شده است (اینیستا و همکاران[2]،۲۰۰۸) در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که در هر دو محیط کشت روند تغییرات ضریب گیاهی به تغییرات تبخیر-تعرق بادنجانمشابه بوده است. ضریب گیاهی به طور عمده

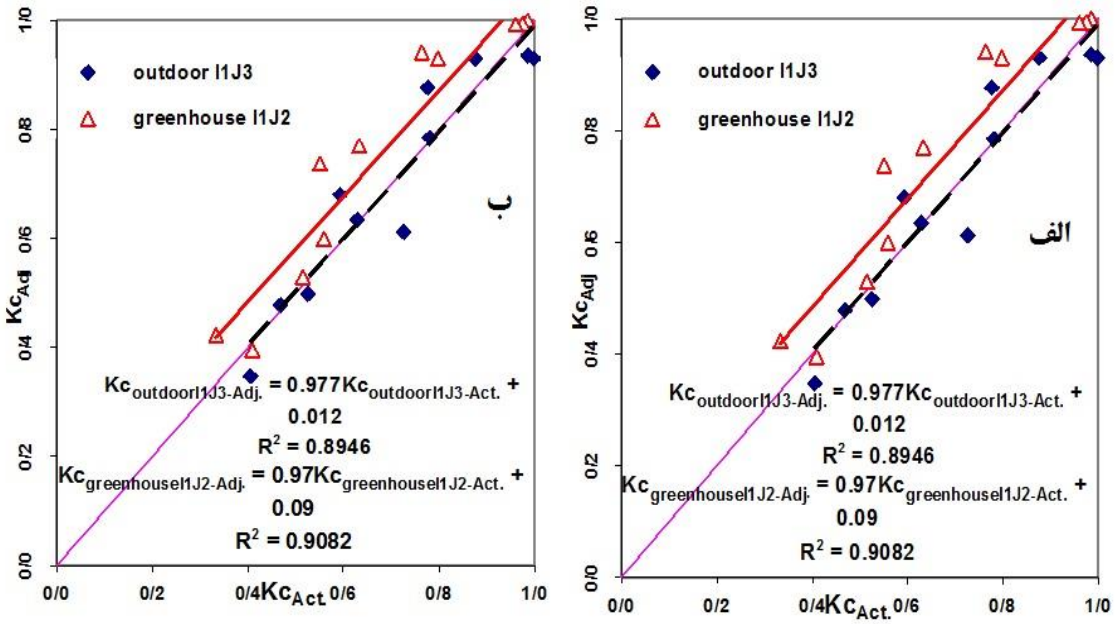
1 Blanco and Folegatti
2- Iniesta*et al*.

www.SID.ir

Archive of SID

تحت تاثیر میزان آب قابل دسترس، شوری، آب و هوا و دوره رشد گیاه می‌باشد. مقادیر کوچک‌تر ضریب گیاهی نشانگر رشد کند گیاه و پوشش گیاهی کمتر می‌باشد که نتیجه آن کاهش تبخیر- تعرق بادنجان خواهد بود.

با استفاده از مدل پنمن-مانتیث فائو و با به کارگیری معادله ۶، مقادیر ضریب گیاهیتعیین گردید. این مقدار سپس با ضرب مقادیر ضریب تنشپنمن-مانتیث فائوکه قبلاً به دست آمده بودند تعدیل شدند (Kc_{Adj}). مقادیر میانگین۱۰روزه ضریب گیاهیواقعی و ضریب گیاهی تعدیل شده برای تیمارهای مختلف مزرعه و گلخانه به ترتیب در جدول‌های(۸) و (۹) ارائه شده‌اند. نتایج مقایسه بین میانگین ۱۰ روزه ضریب تنش واقعی و ضریب گیاهیتعدیل شده نشان داد که مدل پنمن-مانتیث فائو به خوبی مقادیر ضریب گیاهی را در هر دو محیط برآورد کرده است، هرچند برآوردها در شرایط مزرعه دقیق‌تر بوده‌اند. پارامترهای رگرسیون خطی و شاخص‌های تفاوت خطای مطلق میانگین و مجذور خطای مربع میانگینواریانس توزیع اختلافات و شاخص توافق برای شرایط گلخانه و مزرعه در جدول (۱۰) نشان داده شده‌اند. همچنین شکل (۹) رابطه خطی بین میانگین ۱۰ روزه ضریب گیاهی واقعی و ضریب گیاهی تعدیل شده را برای تیمارهای مزرعه و گلخانه با بیشترین و کمترین دقت برآوردها نشان می‌دهد.



شکل ۹- رابطه خطی بین مقادیر میانگین ۱۰ روزه ضریب گیاهی اندازه گیری شده و مقادیر محاسبه شده با مدل پنمن-مانتیث فائو برای a) تیمارهای I_1J_3 مزرعه و I_1J_2 گلخانه و b) تیمارهای I_2J_3 مزرعه و I_3J_1 گلخانه به عنوان بهترین و بدترین برآوردهای مدل در هر محیط

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- مقادیر میانگین ۱۰ روزه ضریب گیاهی واقعی و ضریب گیاهی تعدیل شدهدر گلخانه

روز	مرحله رشد	I_1J_1	I_1J_2	I_1J_3	I_1J_4	I_2J_1	I_2J_2	I_2J_3	I_2J_4	I_3J_1	I_3J_2	I_3J_3	I_3J_4
		ضریب گیاهی واقعی											
۱۰	ابتدایی	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۰
۲۰	توسعه	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۷
۳۰	توسعه	۰/۷۱	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۰
۴۰	توسعه/میانی	۰/۸۸	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۶
۵۰	میانی	۱/۲۸	۰/۹۸	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۲۸
۶۰	میانی	۱/۲۳	۰/۹۷	۰/۸۷	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۲۸
۷۰	میانی	۱/۱۰	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۷۶	۰/۷۰	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۴
۸۰	پایانی	۰/۹۳	۰/۸۰	۰/۶۶	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۱
۹۰	پایانی	۰/۷۶	۰/۶۳	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۴۳	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۲
۱۰۰	پایانی	۰/۷۱	۰/۵۶	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۲
۱۱۰	پایانی	۰/۴۶	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۰
		ضریب گیاهی تعدیل شده											
۱۰	ابتدایی	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۰
۲۰	توسعه	۰/۶۷	۰/۵۳	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۶۱	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۲۶
۳۰	توسعه	۰/۹۴	۰/۷۴	۰/۶۹	۰/۶۳	۰/۷۱	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۲
۴۰	توسعه/میانی	۱/۱۵	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۸۱	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۰
۵۰	میانی	۱/۲۷	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۸۶	۰/۸۰	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۰
۶۰	میانی	۱/۲۶	۰/۹۹	۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۶۷	۰/۶۲	۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۲۹
۷۰	میانی	۱/۲۶	۰/۹۹	۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۵۸	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۳۱	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۲۳
۸۰	پایانی	۱/۱۸	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۰	۰/۸۵	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۴۸	۰/۵۹	۰/۴۲	۰/۲۹	۰/۳۹
۹۰	پایانی	۰/۹۸	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۶۱	۰/۵۱	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۲
۱۰۰	پایانی	۰/۷۶	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۴
۱۱۰	پایانی	۰/۵۴	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۲

جدول ۱۰- عملکرد مدل پنمن-مانتیث فائو در برآورد میانگین ۱۰ روزه ضریب گیاهیدر مزرعه و گلخانه

	رتبه	تیمار	خطای مطلق	واریانس توزیع	مجذور خطای	شاخص توافق	پارامترهای رگرسیون خطی			تعداد
			میانگین	اختلافات	مربع میانگین		B	A	R^2	داده ها
مزرعه										
	۱	I_1J_3	۰/۰۵۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۹۷۲	۰/۹۷۷	۰/۰۱۲	۰/۸۹۵	۱۱
	۲	I_1J_4	۰/۰۴۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۹۶۹	۱/۱۶۳	-۰/۰۹۴	۰/۹۱۷	۱۱
	۳	I_2J_1	۰/۰۵۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۹۷۰	۰/۷۶۷	۰/۱۶۸	۰/۹۳۸	۱۱
	۴	I_1J_2	۰/۰۷۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۹۶۹	۰/۸۹۵	۰/۰۸۹	۰/۸۸۵	۱۱
	۵	I_1J_1	۰/۰۸۳	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۹۶۶	۰/۹۴۰	۰/۱۰۴	۰/۸۹۴	۱۱
	۶	I_3J_2	۰/۰۶۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۷۱۵	۰/۶۶۱	۰/۰۷۵	۰/۴۲۰	۱۱
	۷	I_3J_4	۰/۰۵۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۴۲۱	۰/۷۹۹	۰/۰۶۲	۰/۱۳۱	۱۱
	۸	I_2J_4	۰/۰۵۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۷۶۴	۰/۷۱۳	۰/۱۴۹	۰/۴۱۶	۱۱
	۹	I_2J_2	۰/۰۵۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۸۹۷	۰/۶۴۴	۰/۲۱۵	۰/۷۳۰	۱۱
	۱۰	I_3J_1	۰/۰۸۲	۰/۰۰۹	۰/۰۱۰	۰/۶۹۷	۰/۸۱۳	۰/۰۳۳	۰/۴۱۴	۱۱
	۱۱	I_3J_3	۰/۰۶۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۴۳۳	۰/۶۵۵	۰/۰۸۶	۰/۱۲۱	۱۱
	۱۲	I_2J_3	۰/۰۷۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۷۹۷	۰/۶۲۳	۰/۲۰۳	۰/۴۵۴	۱۱
گلخانه										
	۱	I_1J_2	۰/۰۷۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۹۴۸	۰/۹۷۳	۰/۰۹۴	۰/۹۰۸	۱۱
	۲	I_1J_3	۰/۱۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۱۲	۰/۹۰۱	۱/۰۷۴	۰/۰۵۷	۰/۸۷۷	۱۱
	۳	I_3J_2	۰/۰۶۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۶۹۰	۱/۱۴۳	۰/۰۲۱	۰/۵۰۱	۱۱
	۴	I_1J_4	۰/۱۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۱۲	۰/۸۸۵	۱/۱۰۸	۰/۰۴۹	۰/۸۷۳	۱۱
	۵	I_2J_3	۰/۰۹۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۷۷۱	۱/۰۶۲	۰/۰۶۵	۰/۶۷۳	۱۱
	۶	I_1J_1	۰/۱۳۶	۰/۰۱۰	۰/۰۱۵	۰/۹۱۸	۰/۹۵۳	۰/۱۷۲	۰/۸۹۳	۱۱
	۷	I_3J_3	۰/۰۶۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۰/۶۹۰	۰/۷۷۲	۰/۱۰۹	۰/۴۶۳	۱۱
	۸	I_2J_4	۰/۱۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۱	۰/۶۰۰	۰/۹۹۵	۰/۰۹۸	۰/۴۸۹	۱۱
	۹	I_2J_1	۰/۱۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۰/۸۱۷	۱/۰۶۰	۰/۰۷۴	۰/۷۵۰	۱۱
	۱۰	I_3J_4	۰/۰۶۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۵۷۰	۰/۸۲۳	۰/۰۹۸	۰/۳۲۵	۱۱
	۱۱	I_2J_2	۰/۱۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۷۵۷	۱/۲۲۶	-۰/۰۰۳	۰/۶۶۶	۱۱
	۱۲	I_3J_1	۰/۰۷۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۶۹۵	۰/۸۵۰	۰/۱۰۶	۰/۴۱۷	۱۱

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری

کارایی مدل پنمن- مانتیث فائو ۵۶ در تخمین تبخیر- تعرق بادنجان در محیط‌های گلخانه و مزرعه با تاکید بر شرایط غیر استاندارد همچون کمبود آب و شوری مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر روزانه تبخیر-تعرق گیاه مرجع که از مدل پنمن- مانتیث فائو برآورد شده بود نیز با تبخیر-تعرق گیاه مرجع‌های اندازه‌گیری شده در گلخانه و مزرعه مقایسه گردید. نتایج حاکی از تخمین مناسب تبخیر-تعرق گیاه مرجع در بیرون از گلخانه می‌باشد در حالی‌که در داخل گلخانه مقادیر برآورد شده تا ۱۲ درصد کمتر از مقدار واقعی بودند. مقادیر روزانه تبخیر-تعرق گیاه مرجع گلخانه تقریباً ۰/۸۵ درصد مقادیر مزرعه به دست آمد.

برای سطوح مختلف کمبود آب و شوری، تغییرات قابل توجهی در روند روزانه مقادیر تبخیر-تعرق بادنجان مشاهده گردید. در مزرعه، کاهش مقادیر روزانه تبخیر-تعرق بادنجان در اثر شوری شاخص‌تر از گلخانه بوده است. در هر دو محیط، بهترین برآوردهای مدل پنمن-مانتیث فائو برای تیمارهای I_1 به دست آمد، هرچند مقادیر R^2 چندان مطلوب نبوده است (کمتر از ۰/۸۵) که می‌توان آن را به نوسانات داده‌های هواشناسی نسبت داد که باعث اختلالات شدید در تغییرات روزانه تبخیر-تعرق گیاه مرجع و در نتیجه تبخیر-تعرق بادنجان شده است. این شرایط در تیمارهای I_2 و I_3 تشدید شده بود زیرا در چنین شرایطی تغییرات ناگهانی رطوبت خاک در هر آبیاری منجر به پراکندگی بیشتر داده‌ها شده است. در مقادیر میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق بادنجان این نوسانات، ملایم تر شده و لذا همبستگی بهتری بین مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده حاصل گردید.

مقادیر واقعی و محاسبه شده ضریب تنش با کاهش کمیت و کیفیت آب آبیاری کاهش یافت. مقادیر میانگین ۱۰ روزه ضریب تنش واقعی گلخانه اغلب بزرگ‌تر از مقادیر مزرعه بودند که نشانگر حساسیت بیشتر بادنجان مزرعه به تنش‌های اعمال شده می‌باشد. در هر دو محیط، با افزایش سطح تنش‌های خشکی و شوری دقت برآوردهای ضریب تنش کاهش یافت، با این حال دقت مدل همچنان قابل قبول می‌باشد. با افزایش سطوح تنش کاهش مشابه در مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده ضریب گیاهی مشاهده گردید. مقادیر میانگین ۱۰ روزه ضریب گیاهیتعدیل شده به خوبی با مقادیر اندازه‌گیری مطابقت داشت. مجدداً برآوردها در شرایط مزرعه دقیق‌تر از گلخانه بودند.

منابع

1- Alexandris S., Kerkides P. and A. Liakatas, 2006. Daily reference evapotranspiration estimates by the "Copais" approach. Agricultural Water Management, 82(3. 24):371-386.

2- Allen, R.G. 2001.REF-ET Reference evapotranspiration software, version 2.0. For FAO and ASCE standardized equations. Kimberly, Idaho: University of Idaho Research and Extension Center.

3- Allen, R.G., Walter, I.A. Eliot, R. Mecham, B. Jensen, M.E. Itensifu, D. Howell, T.A. Snyder, R. Brown, P. Echings, S. Spofford, T. Hattendrof, M. Cuenca, R.H. Wright, J.L. and D.L Martin. 2000. Issues, requirements, and challenges in selecting and specifying a standardized ET equation. 4th National Irrigation Symposium, 201-208. St. Joseph, Mich.: ASAE.

4- Allen, R.G., Periera, L.S. Raes, D. and M. Smith.1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. Irrigation and Drainage Paper,No. 56, FAO, Rome, Italy, 300 p.

5- Anonymous. 2010. Food and agriculture organization of the United Nations. Food Outlook, November. Rome

6- Ayers, R. S.and D.W.Westcot. 1985. Water quality for agriculture.FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 29, Rev. 1, Rome.

7- Blanco, B.F. and M.V. Folegatti.2003.Evapotranspiration and crop coefficient of cucumber in greenhouse.Revista Bras Engenharia Agrícola Ambiental, 7 (2): 285– 291.

8- Boyaci, H.F. 2007. Resistance resources and its inheritance against to fusarium wilt in eggplants, Cukurova University, Ph.D. Thesis, Natural and Applied Sciences, 108 p.

9- Brunel, J., Ihab,J. Droubi, A. M. and S. Samaan. 2006. Energy budget and actual evapotranspiration of an arid oasis ecosystem: Palmyra (Syria). Agricultural Water Management, 84: 213-220.

10- Chuanyan, Z. and N. Zhongren. 2007. Estimating water needs of maize (Zea mays L.) using the dual crop coefficient method in the arid region of northwestern China. African Journal of Agricultural Research, 2(7): 325-333.

www.SID.ir

Archive of SID

11- Doorenbos J. and W.O. Pruitt. 1975. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper, No. 24, FAO-ONU, Rome, Italy, 168 p.

12- Doorenbos, J. and A.H Kassam. 1979. Yield response to water.Rome, Italy, FAO, Irrigation and Drainage Paper, No. 33.

13- Fox, D. G. 1981. Judging air quality model performance: A summary of the AMS Workshop on Dispersion Model Performance.Bulletin of the American Meteorological Society.62: 599-609.

14- Gavilan, P. Berengena, J. and R. G. Allen.2007.Measuring versus estimating net radiation and soil heat flux: Impact on Penman-Monteith reference ET estimates in semiarid regions.Agricultural Water Management. 89: 275-286.

15- Howell, T. A., Evett, S.R. Schneider, A.D. Duseck, D.A. and K.S. Copeland. 2000. Irrigation fescue grass ET compared with calculated reference grass ET. 4th National Irrigation Symposium, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich., pp. 228-242.

16- Iniesta, F. Testi, L..GoldhamerD.A and E. Fereres, 2008. Quantifying reductions in consumptive water use under regulated deficit irrigation in pistachio (Pistacia vera L.). Agricultural Water Management. 95: 877–886.

17- Jensen, M.E., Burman, R.D. and R.G. Allen. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, 70p.

18- Karam, F., Breidy J.,Stephan, C.andJ. Rouphael. 2003. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekka Valley, Lebanon. Agricultural Water Management. 63: 125-137.

19- Li, Y.L.,CuiJ.Y.,ZhangT. H.andH. L. Zhao.2003.Measurement of evapotranspiration of irrigated spring wheat and maize in a semi-arid region of north China.Agricultural Water Management. 61: 1-12.

20- Maas, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance, current assessment. Journal of Irrigation and Drainage Division. ASCE 103, 115-134.

21- Medaires, G. A., Arruda, F. B. and E. Sakai, 2005. Crop coefficients for irrigated beans derived using three reference evapotranspiratin methods. Agricultural and Forest Meteorology . 135 (1-4): 135-143.

22- Pauwels, V. R. N. and Samson, R. 2006. Comparison of different methods to measure and model actual evapotranspiration rates for a wet sloping grasslands. Agricultural Water Management. 82: 1-24.

23- Peacock, C.E. and T.M. Hess.2004.Estimating evapotranspiration from a reed bed using the Bowen ratio energy balance method. Hydrological Processes, 18: 247–260.

24- Pereira, A. R., Green, S. R. and N. A. V. Nova, 2007. Sap flow, leaf area, net radiation and Priestlay-Taylor formula for irrigated orchard and isolated trees. Agricultural Water Management. 92: 48-52.

25- Sauer, T. J., Singer, J. W.,Prueger, J. H.,DeSutter, T. M., andJ. L. Hatfield. 2007. Radiation balance and evaporation partitioning in a narrow-row soyabean canopy.Agricultural and Forest Meteorology.145 (3-4): 206-214.

26- Suleiman, A. A., Soler, C. M. T., andG. Hoogenboom.2007.Evaluation of FAO-56 crop coefficient procedures for deficit irrigation management of cotton in a humid climate.Agricultural Water Management.91: 33-42.

27- Senyigit, U., Kadayifci, A.,Ozdemir, F. O. andH. Oz. A. Atilgan. 2011. Effects of different irrigation programs on yield and quality parameters of eggplant (Solanum melongena L.) under greenhouse conditions. African Journal of Biotechnology. 10(34): 6497-6503.

www.SID.ir

Archive of SID

28- Ventura, F., Spano,D., Duce,P. and R. L Snyder, 1999.An evaluation of common evapotranspiration equations.Irrigation Science. 18: 163-170.

29- Wright, J.L., Allen,R.G. and T.A. Howell.2000.Conversion between evapotranspiration refernce and methods. 4th National Irrigation Symposium, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich, pp. 253-259.

30- Xinmin, Z., Lin,H.Xiuju, B.,Bingxiang,Z., Fahe, C. and S. Xinzhang, 2007.The most economical irrigation amount and evapotranspiration of the turfgrasses in Beijing City, China.Agricultural Water Management. 89: 98-104.

www.SID.ir