Archive of SID

دکتر امین علیزاده، دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده امیرکبیر — A. Alizadeh, Ph.D
دکتر غلامعلی کمالی، پژوهشکده هواشناسی، پژوهشکده امیرکبیر — Gh. Kamali, Ph.D
دکتر محمد جواد خانجانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان — M.J. Khanjani, Ph.D
محمدرضا رهنورد، سازمان جهاد کشاورزی خراسان — M.R. Rahnavard, M.S

شماره مقاله: ۶۰۷

ارزیابی روشهای برآورد تبخیر- تعرق در مناطق خشک ایران

چکیده

برآورد میزان تبخیر- تعرق از پارامترهای بسیار مهم در برنامه‌ریزی‌های توسعه آبیاری می‌باشد. با توجه به این که روشهای گوناگونی برای این منظور توصیه شده است، انتخاب روش مناسب یکی از معضلات تصمیم‌گیری در این مورد می‌باشد. در این تحقیق از داده‌های لایسیمتر وزنی الکترونیکی جهاد دانشگاهی کرمان استفاده شده است و روشهای مختلف تجربی مقایسه شده‌اند. دستگاه لایسیمتر قادر است در دوره‌های زمانی کوتاه (حداقل ۵ دقیقه) مقدار تبخیر- تعرق و پارامترهای هواشناسی را اندازه‌گیری و ثبت نماید. علاوه بر آن با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده توسط لایسیمتر و داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری شده در ایستگاه جهاد دانشگاهی (به عنوان ایستگاه مرجع) و ایستگاه هواشناسی فرودگاه کرمان (به عنوان یک ایستگاه غیرمرجع)، روشهای مختلف برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن مورد واسنجی قرار گرفت. مقایسه تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده از لایسیمتر وزنی و برآورد شده با روشهای مختلف، نشان داد که در ایستگاه مرجع روشهای پنمن- مونتیث، پنمن فائو اصلاح شده دارای بهترین برآورد و روش جنسن- هیز دارای کمترین دقت بود. در ایستگاه غیرمرجع به ترتیب روشهای پریستلی- تایلور، پنمن ۱۹۴۸ بلانی- کریدل اصلاح شده فائو برآوردهای دقیق‌تری برای تبخیر- تعرق ارائه کردند و روش پنمن- کیمبرلی ۱۹۷۲ دارای کمترین دقت بود.

کلید واژه‌ها: تبخیر- تعرق، لایسیمتر وزنی، آب مصرفی، ایستگاه مرجع، ایستگاه غیرمرجع.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تبخیر- تعرق یکی از مهمترین پارامترهایی است که دانستن آن جهت برآورد آب مصرفی گیاه و طراحی سیستم‌های آبیاری ضروری است. تعیین دقیق مقدار آبی که برای تبخیر- تعرق مصرف می‌شود از عوامل تعیین‌کننده در برنامه‌ریزی برای رسیدن به محصول بیشتر است. علاوه بر این برای طراحی و تعیین ظرفیت شبکه‌های آبیاری و زهکشی نیز ارقام تبخیر- تعرق نقش مهمی دارند. در اغلب روشهایی که برای تعیین میزان تبخیر- تعرق ارائه شده‌اند مقدار تبخیر- تعرق بالقوه تخمین زده می‌شود و سپس از روی آن تبخیر- تعرق گیاه مورد نظر محاسبه می‌شود.

طی ۵۰ سال اخیر روشهای تجربی زیادی توسط متخصصان برای برآورد تبخیر- تعرق ارائه شده‌اند که هریک تابع متغیرهای اقلیمی خاصی می‌باشند. اغلب این روشها تحت واسنجی محلی به دست آمده‌اند و معلوم شده است که اعتبار جهانی محدودی دارند. در نشریه شماره ۲۴ آبیاری و زهکشی فائو برای کمک به کاربران و با توجه به داده‌های موجود، چهار روش بلانی- کریدل، تابش، پنمن و تشتک تبخیر برای محاسبه تبخیر- تعرق پتانسیل ارائه شده است.

در این نشریه روش پنمن به عنوان روشی که بهترین نتایج را با حداقل خطا نسبت به گیاه مرجع ارائه می‌کند در نظر گرفته شده است (*Allen & Pruitt, 1991*). اما از آن زمان روش‌های دیگری نیز برای تخمین تبخیر- تعرق پتانسیل یا مرجع ارائه شده است. کمیته نیاز آبیاری انجمن مهندسان عمران امریکا آب مورد نیاز آبیاری را با ۲۰ روش مرسوم برآورد به طور ماهانه در مناطق مختلف محاسبه و با نتایج لایسیمتر مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که روش پنمپ- مونتیث بهترین برآورد را دارد (*Jensen & Allen, 1990*). در یکسری مطالعات موازی جامعه اروپا نیز به برآورد روشهای مختلف با استفاده از داده‌های لایسیمتری پرداخت. نتیجه این مطالعات نشان داد که معادله پنمن اصلاح شده مقدار تبخیر- تعرق را تا ۲۰ درصد بیشتر برآورد می‌نماید و سایر روشهای پیشنهادی فائو نیز بسته به درجه انطباق آنها با شرایطی محلی عکس‌العمل متغیری را از خود نشان می‌دهند. در هر دو مطالعه روش پنمن- مونتیث به عنوان روشی که دارای دقت نسبی بالا و عملکرد ثابت بوده و با درجه احتمال بالا در دامنه وسیعی از مناطق و اقلیم‌ها برآورد

www.SID.ir

Archive of SID

صحیحی از تبخیر- تعرق ارائه می‌کند، معرفی گردید (*Allen, et.al, 1998; Smith, 1993*). کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی و سازمان خواربار جهانی استفاده از روش فائو- پنمن- مونتیث را به عنوان یک روش استاندارد برای محاسبه تبخیر- تعرق از روی داده‌های اقلیمی و همچنین برای ارزیابی سایر روشها پیشنهاد نمودند (*Hargreaves,1994*). دورنبوس و پروت در نشریه فائو ۲۴ در یک جمع‌بندی از کلیه تحقیقات و تجربیات در مقیاس جهانی، از میان بیش از ۳۰ روش متداول جهانی، برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع، پنج روش از معتبرترین، کارآترین و کاربردی‌ترین روشها، به ویژه برای کشورهای جهان سوم با اقلیم خشک و نیم خشک را معرفی کردند. این روشها عبارتند از پنمن، پنمن اصلاح شده، بلانی-کریدل اصلاح شده، تشتک تبخیر و روش تابشی که به صورت کاربردی با ذکر و حل مثالهای عملی همراه با جداول و راه‌حلهای کاربردی در رابطه با رسم منحنی‌های ضریب گیاهی مطرح شده است (*Allen & Pruitt, 1991*). آلن بعد از ارزیابی معادله پنمن گزارش کرد که بین تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده با لایسیمتر و برآوردهای روزانه از یک گیاه با ارتفاع ثابت و جزء مقاومت سطحی که با شاخص سطح برگ و تابش خالص روزانه تغییر می‌کند توافق خوبی دارد (*Allen & Pruitt, 1988*).

رایت آب استفاده شده به وسیله یونجه در چندین فصل را مقایسه کرد و نتیجه گرفت که روش بلانی- کریدل نسبت به تشتک تبخیر ۲۰٪ خطا دارد (*Wright, 1982, 1988*). آلن و پروت گزارش نمودند که روش بلانی-کریدل را در زمانی می‌توان به طور مفید استفاده کرد که از ضرایب مناسب استفاده شده باشد (*Ley & Allen, 1994*). آلن و همکاران پنج شکل مختلف معادله پنمن را در یازده نقطه با داده‌های لایسیمتری مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که معادله پنمن- مونتیث و پنمن- کیمبرلی در اغلب مناطق با لایسیمتر تطابق خوبی دارند (*Allen & Pruitt, 1991*). کلودیر و همکاران از مقایسه معادلات پریسلی- تایلور و پنمن با لایسیمتر مشاهده نمودند که تبخیر- تعرق روزانه محاسبه شده با این معادلات به ترتیب ۱۵ تا ۲۰ درصد خطا دارند (*Clothier, et.al, 1982*). آنها متذکر شدند که معادله پرستیلی- تایلور به علت سادگی داده‌های ورودی ترجیح داده می‌شود. سامانی و پسرکلی چند روش مختلف برآورد تبخیر- تعرق را با لایسیمتر مقایسه و نتیجه گرفتند که معادله هارگریوز- سامانی برای اراضی خشک بهترین برآورد می‌کند

www.SID.ir

Archive of SID

(*Samani & Pessarakli, 1986*). صالح و سندیل ۲۳ روش محاسبه تبخیر- تعرق را در قسمتهای مرکزی عربستان مورد ارزیابی قرار دادند. آنها روشها را در ۵ گروه روشهای دمایی، روشهایی برمبنای رطوبت نسبی، روشهای تابشی، روشهای ترکیبی و روشهای تشتک تقسیم‌بندی نمودند و نتیجه گرفتند که روش جنسن- هیز از گروه روشهای تابشی در مکان اول و روش تشتک کلاس A در مکان دوم قرار می‌گیرند.

در مجموع روشهای ترکیبی در حد متوسط و روشهای دمایی در پایین‌ترین مکان قرار گرفتند (*Salih & Sendil, 1984*). هارگریوز و سامانی معادله خود را با لایسیمتر و روشهای دیگر مقایسه کردند و نتیجه گرفتند روشی که فقط به دمای هوا نیاز داشته باشد روش خوب و مناسبی است. دلیل آنها این بود که با توجه به مشکلات و خطاهای موجود در اندازه‌گیری داده‌های هواشناسی بهتر است از روشهایی استفاده شود که در آنها از کمترین داده‌های هواشناسی استفاده می‌شود (*Hargreaves & Samani, 1989*).

در ایران مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده تبخیر- تعرق یونجه با مقادیر محاسبه شده در باجگاه فارس نشان داد که نتایج حاصل از روش پنمن اصلاح شده فائو از روشهای دیگر به مقادیر لایسیمتر نزدیک است (*سپاسخواه؛ محمدی، ۱۳۷۵*). رحیم‌زادگان در سال ۶۸-۱۳۶۷ با مقایسه روشهای برآورد تبخیر- تعرق با لایسیمتر نتیجه گرفت که روش جنسن- هیز مناسبترین روش است (*رحیم‌زادگان، ۱۳۷۱*).

در این تحقیق هدف این بوده است که تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن را با لایسیمتر وزنی اندازه‌گیری نموده و با تبخیر- تعرق محاسبه شده با روشهای مختلف با استفاده از داده‌های هواشناسی یک ایستگاه غیر مرجع و یک ایستگاه مرجع مقایسه شوند. ضمن تعیین یک روش دقیق برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع، میزان فرابرآورد یا فروبرآورد تبخیر- تعرق حاصله از روشهای متداول برآورد تبخیر- تعرق در مقایسه با لایسیمتر وزنی، درجه اعتبار و میزان انحراف از معیار آنها محاسبه و ضمن اولویت‌بندی این روشها روابط اصلاحی برای آنها ارائه گردد.

مواد و روش

این طرح در ایستگاه لایسیمتری جهاد دانشگاهی کرمان با عرض جغرافیایی ′۱۵ و °۳۰ و طول جغرافیایی °۵۷ با ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. متوسط رطوبت نسبی

www.SID.ir

Archive of SID

سالیانه در این محل ۳۲ درصد، میانگین سالیانه دمای هوا ۱۵/۵ درجه سانتیگراد و مقدار بارش ۱۵۰ میلیمتر می‌باشد. یک ساختمان به مساحت ۵۰ مترمربع در زیرزمین ساخته شده است، که شامل محل استقرار سیلندرها، اتاق کنترل و یک تونل دسترسی به محل سیلندرها می‌باشد. لایسیمتر شامل دو کپسول کشت به شکل استوانه هر یک به قطر ۳ متر، عمق ۱/۷۵ متر و دارای یک کلاهک تحتانی مخروطی شکل به ارتفاع ۰/۸ و حجم ۳ مترمکعب می‌باشد. در کف هر سیلندر سوراخی جهت زهکشی آب اضافی تعبیه شده است. وزن هر کپسول خالی ۱۹۵۰ کیلوگرم، حجم خاک درون هر سیلندر ۱۲/۳ مترمکعب و وزن هر کپسول با خاک درون آن ۲۲۴۰۰ کیلوگرم می‌باشد. هر کپسول بر روی ۳ لودسل قرار گرفته است. لودسل‌ها بر روی یک ستون بتون مسلح به ارتفاع ۱/۲ متر از کف اتاق قرار گرفته‌اند. داده‌های وزنی اندازه‌گیری شده به وسیله لودسل‌ها به سیستم دیتالاگر منتقل می‌شود. دیتالاگر داده‌های اندازه‌گیری شده و داده‌های محیطی دیگر را برای استفاده و آنالیز ذخیره می‌کند. سیستم وزنی برحسب کیلوگرم کالیبرشده است.

سیستم اندازه‌گیری وزن لایسیمتر دارای دقتی در حدود ۰/۰۱ درصد است که معادل ۰/۲۸ میلی‌متر آب می‌باشد. جهت پرکردن سیلندرها با خاک ابتدا کف هر سیلندر با ۳ مترمکعب پوکه معدنی و گراول جهت تسهیل زهکشی پر شده است. سپس برای همگون سازی خاک لایسیمتر با خاک اطراف ۲ حلقه چاه به قطر ۳ متر با ارتفاع ۱/۷۵ متر حفر شده است. خاک با لایه‌های ۲۵ سانتیمتری حفر و جدا شده‌اند. لایه‌های مختلف خاک مانند خاک محیط اطراف داخل لایسیمتر ریخته و کوبیده شده است. کپسولهای کشت در یک محوطه به ابعاد ۲۰×۲۰ متر که در آن چمن کشت شده است، قرار دارد. فضای اطراف این محوطه به ابعاد ۱۵۰×۱۰۰ متر یونجه کشت شده است. اساس کار در برنامه‌ریزی این بود که گیاه دچار تنش نشود و همواره رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی باشد. آب مورد نیاز با یک آبپاش به طور روزانه در اختیار گیاه قرار می‌گرفت، در طول مدت آزمایش ارتفاع چمن داخل لایسیمترها بین ۸-۱۲ سانتیمتر ثابت نگهداری می‌شد. عمل جمع‌آوری زه آب به طور روزانه انجام می‌گرفت.

نتایج و بحث

همزمان با اندازه‌گیری تبخیر- تعرق توسط لایسیمتر وزنی با استفاده از ۱۱ روش مختلف مقادیر تبخیر- تعرق محاسبه گردید. این روشها عبارتند از:

www.SID.ir

Archive of SID

۱- فائو پنمن- مونتیث (FAO 56 PM)
۲- پنمن- کیمبرلی۱۹۷۲ (1972KPen)
۳- پنمن- کیمبرلی۱۹۸۲ (1982KPen)
۴- پنمن ۱۹۴۸ (1948 Pen)
۵- پنمن اصلاح شده FAO-24 (FAO24Pn)
۶- پنمن- فریر- پوپو(FAO-PPP-17)
۷- پریستلی- تایلور (Prs-Tylr)
۸- تابشی فائو۲۴ (SFAO 24 Rd)
۹- هارگریوز- سامانی (Har-Sam)
۱۰- بلانی-کریدل فائو (FAO -24BC)
۱۱- جنسن- هیز (Jensen-Haise)

به طور کلی ۱۱ روش فوق در ۳ گروه دسته‌بندی می‌شوند. روشهای ۱ تا ۶ در گروه روشهای ترکیبی، روشهای ۷ و ۸ در گروه روشهای تابشی و روشهای ۹ تا ۱۱ در گروه روشهای دمایی قرار می‌گیرند. ارائه مدلهای اصلاحی برای هر یک از روشها در دوره روزانه مدل اصلاحی به شکل زیر ارائه شده است:

$$ETP_L = a + b(ETP_{method}) \qquad (۲-۴)$$

a و b: ضرایب اصلاحی

ETP_L: تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده از لایسیمتر برحسب میلی‌متر در روز

ETP_{method}: تبخیر- تعرق محاسبه شده از هر روش برحسب میلی‌متر در روز

در این زمینه از روش همبستگی مدل خطی استفاده شده است. نتایج حاصل در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. انتخاب یک روش برآورد برای تبخیر- تعرق به عوامل زیادی بستگی دارد که از جمله عبارتند از دقت مورد نیاز در تخمین تبخیر- تعرق، دسترسی به داده‌های هواشناسی و میزان صحت و دقت آنها، تجربه و مهارت شخصی که محاسبات را انجام می‌دهد و نوع اقلیم منطقه.

انتخاب روش براساس حداقل خطای استاندارد برآورد (SEE) و ضریب همبستگی (r^2) استوار می‌باشد SEE کم و r^2 بالا دلالت بر همخوانی رابطه بین تبخیر- تعرق برآورد شده به وسیله روش مورد نظر و تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده از لایسیمتر وزنی دارد SEE پایین و r^2 بالا همچنین نشان‌دهنده درجه اعتبار و دقت ضریب رگرسیون می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد مقادیر تبخیر- تعرق برآوردی با روش فائو- پنمن- مونتیث با استفاده از داده‌های مرجع ۳۱ درصد کمتر و با استفاده از داده‌های غیرمرجع

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳ درصد نسبت به لایسیمتر بیشتر می‌باشد. روش پنمن- کیمبرلی ۱۹۸۲ تبخیر- تعرق را در ایستگاه غیرمرجع و ایستگاه مرجع به ترتیب ۹ درصد بیشتر و ۲۳ درصد کمتر نسبت به لایسیمتر محاسبه می‌نماید.

روش پنمن- کیمبرلی ۱۹۷۲ در ایستگاه مرجع مقدار تبخیر- تعرق برآوردی با این روش ۳۲ درصد کمتر از مقدار تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده با لایسیمتر می‌باشد. تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده از لایسیمتر از تبخیر- تعرق برآوردی به وسیله روش پنمن- ۱۹۴۸ از داده‌های ایستگاه غیرمرجع کمتر و از آمار ایستگاه مرجع بیشتر است.

روش پنمن- فائو۲۴ از نظر مقدار برآورد تبخیر- تعرق با آمار ایستگاه غیرمرجع مشابه پنمن- ۱۹۴۸ است ولی ضریب همبستگی این روش کوچکتر است.

روش FAO-PPP-17 تبخیر- تعرق را در آمار ایستگاه مرجع از تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده به وسیله لایسیمتر کمتر برآورد می‌نماید این روش در میان روشهای ترکیبی بهترین تطابق را با نتایج لایسیمتر دارد. با آمار ایستگاه غیرمرجع نتایج برعکس می‌باشد به طوری‌که این روش در میان سایر روشهای ترکیبی دورترین نتایج را نسبت به لایسیمتر نشان داد.

برآوردهای تبخیر- تعرق با روش تابشی فائو۲۴ همواره از تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده به وسیله لایسیمتر بیشتر بود. نزدیکترین برآورد مربوط به استفاده از آمار ایستگاه مرجع با ۶ درصد اختلاف است. روش پریستلی- تایلور مقدار تبخیر- تعرق را با آمار هر دو ایستگاه کمتر برآورد می‌نماید این روش با استفاده ار آمار ایستگاه غیرمرجع بهترین تطابق را با نتایج حاصله از لایسیمتر داشت.

مقادیر تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده از لایسیمتر وزنی با تبخیر- تعرق محاسبه شده به وسیله روش هارگریوز- سامانی در ایستگاه مرجع نزدیک و نتایج حاصله رضایت‌بخش بود مقدار فروبرآورد ۱/۵ درصد است.

در ایستگاه غیرمرجع با ۱ درصد فروبرآورد روش هارگریوز- سامانی در صدر قرار می‌گیرد. تبخیر- تعرق اندازه‌گیری به وسیله لایسیمتر در هر دو ایستگاه از مقدار تبخیر- تعرق محاسبه شده با روش جنسن- هیز کمتر است. کمترین اختلاف مربوط به ایستگاه مرجع با ۷ درصد فرابرآورد بود. روش بلانی- کریدل فائو ۲۴ در ایستگاه غیرمرجع مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

تبخیر- تعرق را ۲۱ درصد نسبت به نتایج حاصله از لایسیمتر بیشتر برآورد می‌کند. دقت این روش در مقایسه با سایر روشها نسبتا زیاد است. این روش در ایستگاه ۱۷ درصد فروبرآورد دارد. با توجه به مقادیر حداقل خطای استاندارد برآورد و ضریب همبستگی و نظر به اینکه از اطلاعات ایستگاه مرجع و یا غیر مرجع جهت محاسبه تبخیر- تعرق در دوره‌های روزانه استفاده شود، روشها در شرایط اقلیمی کرمان و سایر نقاطی که دارای آب و هوای مشابه می‌باشند به ترتیب اولویت زیر مناسب تشخیص داده شد.

الف- در استفاده از آمار ایستگاهای مرجع

۱- روش پنمن - مونتیث $ETP_L = 1.20 ETP_{method} + 0.54$

۲- روش پنمن- فائو ۲۴ $ETP_L = 1.11 ETP_{method} + 0.25$

۳- روش پنمن ۱۹۴۸ $ETP_L = 1.10 ETP_{method} + 0.54$

ب- در استفاده از آمار ایستگاهای غیرمرجع

۱- روش پریستلی- تایلور $ETP_L = 1.21 ETP_{method} + 0.65$

۲- روش پنمن ۱۹۴۸ $ETP_L = 0.71 ETP_{method} + 1.23$

۳- روش بلانی- کریدل فائو $ETP_L = 0.57 ETP_{method} + 1.88$

جدول ۱ خطای استاندارد برآورد ET_O، ضریب همستگی و ضریب رگرسیون با استفاده از روشهای مختلف در مقایسه با اندازه‌گیری‌های لایسیمتری در صورت استفاده از آمار هواشناسی ایستگاه مرجع

روش	a	r^2	SEE	رتبه
FAO 56 PM	1.31	.78	.76	1
1996 Kpen	1.23	.70	.90	8
1972KPen	1.32	.75	.81	5
1948 Pen	1.19	.76	.79	4
FAO24Pn	1.16	.77	.79	2
FAO-PPP-17	1.12	.76	.79	3
SFAO 24 Rd	.94	.72	.86	7
Prs-Tylr	1.31	.72	.85	6
FAO 24BC	1.17	.61	1.05	10
Har-Sam	1.10	.64	.98	9
Jensen-Haise	0.93	0.51	1.11	11

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ خطای استاندارد برآورد ET_O، ضریب همستگی و ضریب رگرسیون با استفاده از روشهای مختلف در مقایسه با اندازه‌گیری‌ها ی لایسیمتری در صورت استفاده از آمار ایستگاه غیر مرجع

روش	a	r^2	SEE	رتبه
FAO 56 PM	.87	.48	1.19	9
1996 Kpen	.88	.47	1.19	10
1972KPen	.83	.34	1.33	11
1948 Pen	.87	.60	1.04	2
FAO24Pn	.87	.56	1.09	7
FAO-PPP-17	.77	.55	1.10	8
SFAO 24 Rd	.75	.60	1.04	4
Prs-Tylr	1.34	.66	.96	1
FAO 24BC	.79	.60	1.04	3
Har-Sam	1.01	.56	1.09	6
Jensen-Haise	.83	.59	1.06	5

منابع و مآخذ

۱. رحیم زادگان، ر (۱۳۷۱)؛ **جستجوی روش مناسب برآورد تبخیر- تعرق در منطقه اصفهان**، مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۳: ۹-۱.

۲. سپاسخواه، ع.وم. الف، محمدی؛ **تعیین تبخیر- تعرق یونجه و کنجد به روش پنمن- مونتیث در منطقه باجگاه**. ششمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر، ۱۰-۱۱ شهریور ۷۵ ، دانشگاه کرمان.

3. Allen, R.G., and W.O. Pruit (1988); **Clusure to Rational use of the FAO Blany-Criddle formula,** J. Irrig. And Drain Eng. 114(2):375-380.

4. Allen, R.G., and W.O. Pruitt (1991); **FAO-24 reference Evapotranspiration factors,** J. Irrig and Drain. ASCE 117 (5): 758-773.

5. Allen, R.G., L.S. Raes, and M. Smith (1998); **Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper No.56,FAO,Rome,Italy. 301 p.

6. Clothier, B.E., J.P. Kerr, J.S. Talbut and D.R. Scotter (1982); **Measured and evapotranspiration from well-watered crops**. New Zealand J. Agr.Res. 25: 301-307.

7. Hargreaves, G.h. and Z.A. Samani (1989); **Evapotranspiration estimates in extremely arid areas**. J. Irrig.Drain. Vol. 115 (5):301-308.

8. Hargreaves, G.H (1994); **Defining and using reference evapotranspiration,** J. Irrig. and Drain.Eng. ASCE,120 (6).

9. Jensen, M.E. R.D. and R.G. Allen (1990); **Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements**. ASCE Manuals and Reperts on Engineering Practices No. 70., Am. Soc. Civil Eng., New York 360 p.

10. Ley, T.W., and R.G. Allen (1994); **Energy and water balance analyses of arid weather sites**. Proc. ASAE Int. Summer Meeting,American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph,Mich.

11. Salih, A.M.A., and U. Sendil (1984); **Evapotranspiration under extremely arid climates**. J. Irrig.Drain. Vol. 110 (3): 289-303.

12. Samani, Z.A., and M. Pessarakli (1986); **Estimaating potential crop evapotranspiration with minimum data in Arizona**. Trans. ASAE 29:522-524.

13. Smith, M (1993); **Climwat for Cropwat: a climatic database for irrigation planning and management**. FAO Irrigation and Drainage Eng. ASCE 125(1):26-33.

14. Wright, J.L (1982); **New evapotranspiration crop coefficients**.J. of Irrig. and Drain. Div., ASCE, 108:57-74.

15. Wright, J.L (1988); **Daily and seasonal evapotranspiration and yield of irrigated alfalfa southem Idaho**. Agron. J. 80:662-669.

www.SID.ir