مجلهٔ دانشکده ادبیات و علوم انسانی، ویژهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای
شمارهٔ دوم، بهار و تابستان ۱۳۸۳

دکتر امین علیزاده، گروه آبیاری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر رهنورد، گروه آبیاری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محمد موسوی بایگی، گروه آبیاری دانشگاه فردوسی مشهد

تأثیر خشکی و همرفت انرژی گرمایی بر تبخیر-تعرق در مناطق خشک ایران

چکیده:

تولید محصولات زراعی و باغی در ایران عمدتاً در شرایط فاریاب و با آبیاری اراضی صورت می‌گیرد، به‌گونه‌ای که در حال حاضر حدود ۹۵ درصد کل آب مصرفی از منابع قابل تجدید و غیرقابل تجدید کشور در بخش کشاورزی و باغداری به‌مصرف می‌رسد. حاکم بودن وضعیت اقلیمی خشک و نیمه‌خشک در اکثر دشت‌های کشاورزی کشور و کمبود آب برای آبیاری در این دشت‌ها باعث شده است که با تدوین سند ملی آب برای کشور نیاز آبیاری محاسبه و آب مورد نیاز گیاهان به‌طور حجمی در اختیار زارعین قرار گیرد. برآورد نیاز آبی در سند ملی آب با استفاده از داده‌های ایستگاههای هواشناسی معرف دشتها و با روش موسوم به فائو-پنمن- مونیت صورت گرفته است. از آنجایی که اکثر روستاهای ایران در مناطق خشک حالت واحه‌ای داشته که علاوه بر تابش مستقیم خورشید تحت تأثیر انرژی ادوکتیو که به‌صورت افقی وارد این مناطق می‌شوند نیز قرار دارند. در محاسبهٔ نیاز آبی باید تأثیر انرژی ادوکتیو نیز لحاظ گردد. حال آن که در اکثر الگوهای برآورد آب مورد نیاز، تأثیر ادوکسیون درنظر گرفته نمی‌شود. در این مقاله مقادیر ماهانه ادوکتیو و تأثیر آن بر تبخیر-تعرق بصورت کمی در منطقهٔ کرمان به‌عنوان نمونه‌ای از مناطق خشک ایران برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد که در پنج ماه از سال (خرداد لغایت مهرماه) انرژی ادوکتیو وجود داشته و در بعضی ماهها تبخیر-تعرق را تا ۴۰ درصد افزایش می‌دهد. میانگین افزایش تبخیر-تعرق طی این ۵ ماه ۲۶/۵ درصد برآورد شده است.

کلید واژه‌ها: تبخیر-تعرق، لایسی متر، ادوکسیون، خشکی

درآمد:

در برنامه‌ریزیهای آبیاری لازم است تبخیر-تعرق تا حد ممکن به‌طور دقیق و منطبق با شرایط واقعی اقلیم تعیین شود. تبخیر-تعرّق معمولاً به‌صورت غیرمستقیم و با استفاده از داده‌های هواشناسی و روشهایی که به‌همین منظور ارائه شده‌اند، برآورد می‌شود. روش موسوم به فائو -پنمن- مونیت به‌عنوان یک روش مطمئن برای برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی در مناطق خشک مورد استفاده قرار می گیرد. در ایران به دلیل کمبود آب در اکثر دشت‌های کشاوری کشور سند ملّی آب تدوین و براساس آیین‌نامهٔ مصرف بهینهٔ آب، در آینده نیاز آبیاری کشاورزان به‌صورت حجمی و براساس آنچه در سند ملی آب ذکر شده است، تحویل خواهد گردید. از آن‌جا که ارقام مندرج در سند ملی آب با استفاده از روش فائو -پنمن- مونیت محاسبه شده است، این سؤال مطرح است که با توجه به واحه‌ای بودن اکثر روستاهای ایران و امکان وجود انرژی ادوکتیو که به‌صورت افقی از مناطق همجوار وارد سطح پوشش گیاهی شده و باعث افزایش میزان تبخیر-تعرّق می‌شود، اولاً مقدار این انرژی چه میزان بوده و ثانیاً نقش آن در تبخیر- تعرق چگونه است. زیرا آنچه در روش فائو - پنمن- مونیت برای محاسبهٔ تبخیر-تعرّق مورد استفاده قرار می گیرد انرژی تابشی خورشید است که به‌صورت عمودی وارد سطح پوشش گیاهی شده و به‌مصرف تبخیر از سطح خاک یا تعرّق از پوشش گیاهی می‌رسد. به‌منظور اثبات وجود انرژی ادوکتیو در مناطق خشک و نقش آن در افزایش تبخیر-تعرّق در یک پژوهشی در منطقهٔ کرمان و با استفاده از داده‌های اندازه گیری شده در لایسی مترهای وزنی الکترونیکی تأثیر انرژی ادوکتیو بر افزایش نیاز آبی مورد مطالعه قرار گرفت.

بررسی منابع

هر پوشش گیاهی علاوه بر مقدار تابشی که به‌صورت مستقیم از خورشید دریات می‌دارد، با مناطق همجوار خود مبادلهٔ انرژی داشته و تحت تأثیر انتقال گرما به‌صورت ادوکسیون قرار می گیرد. چنانچه محدودهٔ اثر ادوکسیون بر تبخیر-تعرّق در یک مزرعه کمتر از ۲۰۰ متر باشد آن را ادوکسیون محلّی با اثرات حاشیه‌ای مزرعه گویند. مانند تأثیر اراضی بایر و شخم خورده‌ای که در اطراف مزارع وجود دارند. اما اگر انتقال گرما از فواصل دوردست و در سطح وسیع انجام گیرد آن را ادوکسیون منطقه‌ای یا اثر واحه‌های نامند (Mcliroy,et al. 1964). به طور کلّی در هر وضعیّتی که مقدار تبخیر-تعرّق پتانسیل از یک سطح پوشیده از گیاه بیشتر از مقدار تابش خالص ورودی به این پوشش با نشاندهندهٔ وجود ادوکسیون محلّی یا منطقه‌ای است

(Brakke, et al 1978). مقدار ادوکسیون تابع شرایط اقلیمی، جغرافیایی و فیزیکی محل است که از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت است. مورتی [1] اختلاف رطوبت و دمای پوشش گیاهی با مناطق همجوار را مهمترین عامل شار انرژی ادوکتیو محلی ذکر کرده است. روزنبرگ [2] نیز تفاوت شدید رطوبت و دما بین مزارع و مناطق همجوار را در بخشهای شرقی و میانی دشت مرکزی آمریکا (گریت پلین) عامل اصلی وارد شدن انرژی ادوکتیو به مزارع و افزایش تبخیر-تعرق دانسته است. وی با اندازه‌گیری تبخیر-تعرق پتانسیل در مزارع یونجه و مقایسهٔ آن با میزان خالص تابش خورشیدی ملاحظه نمود که تبخیر-تعرق در مزارع یونجه برحسب معادل انرژی بیش از دو برابر مقدار تابش خالص خورشیدی است. به عبارت دیگر آنچه با استفاده از فرمولهای تجربی برای تبخیر-تعرق پتانسیل یونجه به‌دست می‌آید، نصف مقداری است که در عمل صورت می‌گیرد. ماگول-اردونز و همکاران تأثیر انرژی ادوکتیو را در منطقهٔ متوسیلو [3] مکزیک که یک منطقه معتدل کوهستانی است در مزارع یونجه ۴۰ درصد تابش خالص خورشید اندازه‌گیری کرده‌اند (Moguel-Ordonze, et al, 2001). محققین دیگر مانند عبدالعزیز و همکاران. [4] آلن [5]، هاول و همکاران [6] و دیگران نیز درباره ادوکسیون و تأثیر آن بر افزایش تبخیر-تعرق مطالعه کرده و هریک تأثیر آن را در ماههای مختلف اندازه‌گیری کرده‌اند. این محققین انرژی ادوکتیو را در برآورد نیاز آبیاری قابل اهمیت ذکر کرده و بر لزوم اندازه‌گیری و یا برآورد آن تأکید نموده‌اند. سپاسخواه و رئیسی (۱۳۵۸) آب مصرفی زراعت چغندرقند را در ماههای گرم در مقایسه با میزان تبخیر از تشت در منطقهٔ باجگاه شیراز ۱/۸ برابر ذکر کرده‌اند که این مغایرت به دلیل وجود انرژی ادوکتیو در آن منطقه ذکر شده است. مالک (۱۳۶۰) نیز تبخیر-تعرق پتانسیل را در ماه مرداد در همین منطقه ۱/۸۵ برابر میزان تابش خالص خورشیدی در همان ماه به‌دست آورده است.

بیشتر روشهای محاسبهٔ تبخیر-تعرق مانند پنمن که در آنها از مفهوم نسبت بوون [7] استفاده می‌شود در مناطقی که دارای ادوکسیون محلی یا منطقه‌ای هستند مقدار تبخیر-تعرق را ۳۰ تا ۴۰ درصد کمتر از مقدار

1- Murthy, 1999

2- Rosenberg, 1969

3- Motecillo

4- Abdel-Aziz et al. 1964

5- Allen, 1999

6- Howell, et al, 1996

7- Bowen

تبخیر-تعرّق پتانسیل برآورد می کنند (Hanks. et al, 1971). تانروپلتن این موضوع را بررسی و روشهایی را برای لحاظ کردن اثر ادوکسیون ارائه داده‌اند (Tanner and Pelton, 1960). براک و همکاران[1] با اصلاح نسبت بوون و لحاظ کردن آن در فرمول پنمن مقدار ادوکسیون محلّی و منطقه‌ای را محاسبه و در فرمول لحاظ نموده‌اند.

در این تحقیق با استفاده از لایسی متر وزنی الکترونیکی که در وسط یک مزرعه با پوشش سبز یونجه قرار دارد مقادیر تبخیر-تعرّق پتانسیل جمن در منطقهٔ کرمان به‌عنوان نمونه‌ای از مناطق خشک ایران اندازه گیری و پس از مقایسه با تبخیر-تعرّق پتانسیل به‌دست آمده با روش فائو -پنمن- مونتیت وجود ادوکسیون ثابت و مقدار آن در ماههای گرم سال برآورد شده است.

موادّ و روشها

محلّ مورد آزمایش در این تحقیق ایستگاه لایسی متری جهاد دانشگاهی کرمان است. عرض جغرافیایی محل ۱۵′ /۳۰ ° شمالی، طول جغرافیایی آن ۵٦′ /۵٦ ° شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۵۰ متر است. متوسط رطوبت سالانه ۳۲ درصد است که نشاندهنده خشکی منطقه است. میانگین سالانه دما ۱۵/۵ درجهٔ سانتی گراد می‌باشد. میانگین دمای حداقل و حداکثر سالانه طی سالهای آماری موجود به ترتیب ۸- و ۳۹ درجهٔ سانتی گراد است. میانگین بارندگی محل ۱۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد که نشان می‌دهد این منطقه جزو مناطق خشک ایران طبقه‌بندی می‌شود. برای اندازه گیری تبخیر-تعرّق از دو دستگاه لایسی‌متر وزنی، که در مجاورت یکدیگر واقع‌اند، استفاده شده است. لایسی‌مترها شامل دو کپسول کشت به شکل استوانه‌اند که قطر آنها ۳ متر و عمق آنها ۱/۷۵ متر است. هر کپسول دارای کلاهک تحتانی مخروطی‌شکل به ارتفاع ۰/۸ متر و حجم ۳ متر مکعب برای زهکشی است. هر کپسول روی ۳ لودسل قرار گرفته‌اند. لودسلها روی یک ستون بتونی به ارتفاع ۱/۲ متر از کف اتاقک قرار گرفته‌اند. سیستم وزنی برحسب کیلوگرم واسنجی شده است. سیستم اندازه گیری وزن لایسی‌متر دارای دقّتی معادل ۰/۰۱ درصد یا معادل ۰/۲۸ میلی‌متر ارتفاع آب است.

کپسولها در یک محوطه به ابعاد ۲۰×۲۰ متر، که در آن چمن کشت شده است، قرار دارند. اطراف این محوطه به ابعاد ۱۵۰×۱۰۰ متر یونجه کشت شده است. در فاصلهٔ کوتاهی از لایسی‌مترها وسایل اندازه گیری پارامترهای هواشناسی تعبیه شده‌اند. دمای هوا در ارتفاع دو متر و پنج سانتی‌متر از سطح زمین، رطوبت نسبی،

1- Brakk. et al

سرعت باد و جهت باد از جمله پارامترهایی است که در دوره‌های زمانی ۵ دقیقه‌ای همزمان با وزن کپسول‌ها اندازه‌گیری و از طریق دستگاه دیتالاگر در حافظهٔ کامپیوتر ذخیره می‌شود. علاوه بر آن سایر پارامترهای هواشناسی مانند تابش و ساعات آفتابی در ایستگاه هواشناسی کرمان که در نزدیکی محل آزمایش قرار دارد اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.

آبیاری لایسی مترها با دست و با دقت به‌صورت یکنواخت انجام شده است تا رطوبت خاک همواره در حدّ ظرفیت زراعی باشد. رطوبت خاک داخل لایسی‌متر از طریق تانسیومترهایی که در اعماق مختلف کار گذاشته شده‌اند کنترل گردید. آب زهکش شده از لایسی‌مترها در فواصل زمانی مشخص اندازه‌گیری و در محاسبات بیلان آب به‌حساب آمده‌اند. با توجه به تغیر وزن کپسولها جهت تعادل‌سازی داده‌ها و حذف نقاط پرت و خطاهای اتفاقی از سری زمانی فوریه استفاده گردید. معادله‌ای که در این مورد استفاده شده است، عبارت است از:

$$W = C_1(C_2 + \cos(T + C_3))T^3 + C_4 \sin(T + C_5)T^2 + C_6T + C_7 \qquad (۱)$$

که در آن W وزن لایسی‌متر، T عامل زمان و $C_7...C_1$ ضرایب ثابت معادله‌اند که مقادیر آنها در این تحقیق محاسبه شدند. عامل زمان به‌صورت زیر در معادله بالا وارد شده است:

$$T = \frac{12.56(h \times 60 + m)}{1440} \qquad (۲)$$

که در آن h و m به ترتیب زمان شبانه‌روز به ساعت (h) و دقیقه (m) می‌باشد. با داشتن این عوامل تبخیر-تعرق پتانسیل (ET_p) در دو زمان ۱ و ۲ از فرمول زیر محاسبه شده است.

$$ET_p = \frac{(w_2 - w_1)}{A} \qquad (۳)$$

که A سطح لایسی‌متر می‌باشد. همزمان با اندازه‌گیری ET_p در فواصل زمانی مشخص مقدار تبخیر-تعرق مرجع (ET_0) با استفاده از روش فائو-پنمن-مونتیث نیز محاسبه شده است. معادلهٔ فائو-پنمن-مونتیث که در این تحقیق از آن استفاده شده است، به شرح زیر است:

$$ET_0 = \frac{0.40\ \&\ \Delta(R_n - G) + \gamma[890/(T + 273)]U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \qquad (٤)$$

که در آن:

ET_0= تبخیر-تعرّق (mm/day) **R_n**= تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}d^{-1}$)

T= دمای هوا در ارتفاع ۲ متری (^0C) **UZ**= سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (ms^{-1})

ea-ed= کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (KP_a) **Δ**= شیب منحنی فشار بخار اشباع ($Kp_a{}^0C_{-1}$)

γ= ضریب رطوبتی ($Kp_a{}^0C_{-1}$) **G**= شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$)

با تعیین ET_0 و ET_p تعیین تابش خالص (Rn) مقدار ادوکسیون محاسبه گردیده است.

نتایج:

براساس داده‌های ثبت شده در لایسی‌مترها و ایستگاه هواشناسی مقادیر تبخیر-تعرّق پتانسیل روزانه و ماهانه در لایسی‌متر (ET_p) اندازه‌گیری و مقدار تابش خالص (Rn) روی سطح لایسی‌متر محاسبه گردید. علاوه بر این تبخیر-تعرّق مرجع (ET_0) بر مبنای داده‌های هواشناسی محل به‌صورت روزانه و ماهانه محاسبه شده است. به‌گونه‌ای که در جدول شمارهٔ ۱ مشاهده می‌شود تابس خالص روی سطح لایسی‌متر طی ۸ ماه سال از فروردین لغایت آبان ماه، که فصل رشد محصول می‌باشد، از معادل ٤/۳ میلی‌متر آب در روز در آبان ماه تا ٦/۲ میلی‌متر در روز برای تیرماه متغیر بوده است. در همین مدّت تبخیر-تعرّق پتانسیل اندازه‌گیری شده در فروردین‌ماه ۳/۸ میلی‌متر در روز و حداکثر آن ۸/٦ میلی‌متر در روز برای مردادماه بوده است. بجز ماههای فروردین که در آن ET_p کمتر از Rn می‌باشد، در بقیهٔ ماهها مقدار تبخیر-تعرّق پتانسیل عملاً بیشتر از تابش خالص ورودی به سطح زمین است. این موضوع وجود ادوکسیون رادر منطقه به اثبات می‌رساند. نسبت ET_p/Rn نشاندهندهٔ شدّت ادوکسیون در ماههای مختلف است. به‌طوری که ارقام این نسبت در جدول ۱ نشان می‌دهد.

مقدار ادوکسیون در مردادماه تبخیر-تعرّق را ٤۱ درصد افزایش می‌دهد. چنانچه تنها ماههای خرداد لغایت مهر که وجود ادوکسیون در آنها ثابت شده می‌باشد، را در نظر بگیریم، میانگین مقدار ادوکسیون ۲٦/۵ درصد می‌باشد. به‌عبارت دیگر مقدار تبخیر-تعرّق اندازه‌گیری شده در لایسی‌متر ۲٦/۵ درصد بیشتر از تابش خالص ورودی به سطح پوشش گیاهی است.

جدول ۱- مقادیر متوسط ماهانهٔ تابش خالص (Rn) و تبخیر-تعرق پتانسیل (ET_0) از سطح لایسی‌متر طی دورهٔ آزمایش در سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱

ماه	تابش خالص (Rn) (mm/d)	تبخیر-تعرق پتانسیل (ET_0) (mm/d)	ET_0/Rn
فروردین	٤/٥	٣/٨	٠/٨٤
اردیبهشت	٥/٦	٥/٤	٠/٩٦
خرداد	٥/٩	٧/٨	١/٣٠
تیر	٦/٢	٨/٤	١/٣٥
مرداد	٦/١	٨/٦	١/٤١
شهریور	٥/٨	٦/٥	١/٢٠
مهر	٥/٣	٦/٧	١/٠٧
آبان	٤/٣	٤/٤	١/٠
میانگین	٥/٤	٦/٣	١/١٦

چون غالباً برای محاسبهٔ نیاز آبیاری، آمار ایستگاههای غیرمرجع مورد استفاده قرار می گیرند در ایستگاههای غیرمرجع دمای هوا (حداکثر و حداقل) و نقطهٔ شبنم با ایستگاه مرجع (خوب آبیاری شده) متفاوت است این موضوع باعث می‌شود که آنچه از محاسبات نیاز آبی با استفاده از داده‌های ایستگاههای غیرمرجع به‌دست می‌آید، بیشتر باشد، حال آن که فرمولهایی مانند روش فائو -پنمن- مونیت تنها در صورتی که از داده‌های ایستگاههای مرجع استفاده شوند، معتبر است. برخی از پژوهشگران مانند تمسگن و همکاران برای اصلاح داده‌های ایستگاههای غیرمرجع و تبدیل آنها به ایستگاههای مرجع روشهایی را ارائه داده‌اند (Temesgen, et al, 1999). در این تحقیق از روش پیشنهادی تمسگن استفاده شده و داده‌های ایستگاه هواشناسی کرمان که به‌عنوان یک ایستگاه غیرمرجع است یکبار بدون انجام اصلاحات و بار دیگر با اصلاحات به روش تمسگن مورد استفاده قرار گرفته و تبخیر-تعرق با روش فائو -پنمن- مونتیت محاسبه شد که نتایج آن در جدول شمارهٔ ۲ مشاهده می‌شود. به گونه‌ای که در این جدول ملاحظه می‌شود، اگر از داده‌های ایستگاههای فرودگاهی (غیرمرجع) برای محاسبهٔ تبخیر-تعرق مرجع استفاده شود، مقدار محاسبه شده تقریباً برابر تبخیر-تعرق لایسی‌متر خواهد بود و به‌صورت غیرمستقیم اثر واحه بودن را می‌پوشاند و در این صورت نیازی به اصلاح داده‌ها و تبدیل آنها به ایستگاههای مرجع وجود نخواهد داشت.

جدول۲: مقادیر تبخیر-تعرّق محاسبه شده به روش فائو -پنمن- مونتیت (ET_0) با استفاده از داده‌های مرجع و غیرمرجع و مقایسهٔ آنها با تبخیر-تعرّق پتانسیل اندازه‌گیری شده در لایسی‌متر

ماه	ET_0		
	داده‌های مرجع	داده‌های غیرمرجع	ET_0
فروردین	۳/۵	٤/۱	۳/۸
اردیبهشت	٤/۵	۵/۱	۵/٤
خرداد	٦/۸	٦/۹	۷/۸
تیر	۷/۲	۸/۱	۸/٤
مرداد	۷/۱	۸/۵	۸/٦
شهریور	٦/۰	٦/٦	٦/۵
مهر	٤/۳	۵/۹	۵/۷
آبان	۳/۲	٤/۵	٤/٤
میانگین	۵/۳	٦/۲	٦/۳

سپاسگزاری:

از حوزهٔ معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به‌خاطر حمایت‌های مالی و از جهاد دانشگاهی کرمان و هواشناسی منطقه کرمان که لایسی‌متر و سایر امکانات مورد نیاز را در اختیار قرار دادند، سپاسگزاری می‌شود. از آقایان مهندس راهنورد و مهندس بختیاری نیز به دلیل کمک در جمع‌آوری داده‌ها تشکر می‌شود.

منابع و مآخذ:

۱- سپاسخواه، ع و ع. رئیسی اردکانی: **تخمین ضریب گیاهی چغندرقند جهت برنامه‌ریزی آبیاری**، گزارش فعالیت مرکز تحقیقات کشاورزی دانشگاه شیراز، نشریهٔ شماره ۳؛

۲- مالک، ا. و ع. سپاسخواه: **بررسی ادوکسیون در منطقه باجگاه**، مجلهٔ علوم کشاورزی ایران جلد ۱۲، ۱۳۶۰؛

3- Abdel-Aziz, M.H, Taloy, S.A. and G.L. Ashcroft: 1964. Influence of advected energy on transpiration. Soil Sci. Am. Proc. Vol. 56: 139-142;

4- Allen, R: 1999. Regional advection perturbation in an irrigated desert, Univ. of Idaho Report, USDA-ARS, Agust-September, 1999;

5- Brakke, T.W., Verma, S.B. and N.J. Rosenberg: 1978. Local and regional components of sensible heat advection J. Apl. Meteorology, Vol. 17: 935-963;

6- Hanks, R.J., Allen, L. H. and H.R. Galdner: 1971. Advection and evapotranspiration of wide-row sorghum in the central Great Plains. Agron. J. Vol. 63: 520-527;

7- Howell, T.A., Evett, S.R., Schneider, A.D., Todd, R.W., and J.A. Tolk: 1996. Evapotranspiration of irrigated fescue grass in a semi-Arid environment. USDA-Agric Res. Serv. Southern plains area, Bushland, TX;

8- Meilrogy, I.C. and D.F. Angus: 1964. Grass, water and soil evaporation at Aspendale; Agric. Meteorology, Vol. 1:201-224;

9- Moguel-ordonze, Tijerina-Chavez,L., Quevedo-Nolasco, A., Crespo-pichardo, and G.Haro-Aguilar: 2001, Evapotranspiration and energy balance on an alfalfa crop. Publicado como articulo, en agrociencia. 35: 13-21;

10- Murthy, V.M: 1999. Local scale heat advection, proc. Indian Acad. Sci., 108, No. 4: pp 317-320;

11- Rosenberg, N.J: 1969. Advection contribution of energy utilized in evapotranspiration by alfalfa in the East Central Great Plains. Agric. Meteoro. Vol. 6: 179-184;

12- Tanner, C.B. and W.L. Pelton: 1960. potential evapotranspiration estimates by aproximitate energy balance method of Penman. J of Geoph. Res. 65: 3391-3413;

13- Temesgen, B. Allen R.G. and D.T. Jensen: 1999. Adjusting temperature parameters to reflect well-water conditions. J. Irrig. And Drain. Eng. ASCE 125(1): pp. 26-33;

14- Todd, R. W., Evetl, S.R. and T.A. Howell: Latent heat flux of irrigated alfalfa measured by weighting lysimeter and Bowen ratio-energy balance, USDA-ARS, Bushland, TX.