دانشگاه فردوسی مشهد

مجله

علمی - پژوهشی

علوم و صنایع کشاورزی

ویژه آب و خاک

جلد ۲۲، شماره ۱

سال ۱۳۸۷

ISSN : 1029-4791

این مجله توسط دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد چاپ و منتشر می‌شود.

قیمت هر شماره ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

اندازه گیری تبخیر- تعرق گیاه مرجع از روش بالانس انرژی (نسب باون) و مقایسه آن با داده های لایسمیتر

مهدی مهاجرپور* - محمد موسوی بایگی - مجید هاشمی نیا[1]

تاریخ دریافت ۸۵/۳/۲۷
تاریخ پذیرش ۸۶/۸/۱۶

چکیده

روش بالانس انرژی (نسبت باون) یکی از روش های اندازه گیری تبخیر - تعرق گیاه می باشد که تاکنون در کشور ما مطالعات چندانی بر روی آن انجام نشده است. در این تحقیق میزان تبخیر - تعرق گیاه مرجع با استفاده از این روش با نتایج لایسیمترها مورد مقایسه قرار گرفته است. برای این منظور اندازه گیری تبخیر - تعرق گیاه چمن در زمینی با وسعت حدود ۳۴۰ متر مربع انجام شد. این مطالعه مربوط به یک دوره زمانی شش ماهه از ۱۲ اردیبهشت تا ۱۲ مهرماه سال ۱۳۸۴ را شامل می شد. میزان پتانسیل آب در خاك در کل دوره همواره در حد ظرفیت زراعی (FC =0.2at) بوده و همواره آب کافی در دسترس گیاه برای انجام تبخیر - تعرق وجود داشت. میزان تبخیر - تعرق در هر ساعت با دستگاهی که به روش نسبت باون کار می کند، تعیین شد و تبخیر - تعرق لایسیمتر زهکش دار و میکرولایسیمترها به صورت روزانه محاسبه گردید. در روش موازنه انرژی برای اندازه گیری گرادیان دما و رطوبت در دو ارتفاع مختلف از سطح چمن، سنسور های دستگاه در ارتفاع ۰/۵ و ۲/۵ متری قرار گرفت. تغییرات نسبت باون (β) در طول روز نشان داد که بیشترین مقدار β در ساعات اولیه صبح اتفاق می افتد و سپس کاهش سریعی داشته به طوری که در بعدازظهرها به حداقل مقدار خود می رسد. به طور متوسط میزان تبخیر - تعرق روزانه از روش باون ۵/۳ میلی متر اندازه گیری شد که خیلی نزدیک به ۵/۰ میلی متر مربوط به میکرولایسیمترهای وزنی می باشد. ولی لایسیمتر زهکش دار حدود ۲۰٪ افزایش برآورد نسبت به میکرولایسیمترها نشان داد.

واژه های کلیدی: بالانس انرژی - تبخیر - تعرق - لایسیمتر - میکرولایسیمتر - نسبت باون

مقدمه

سال های زیادی است که در رابطه با کمبود و بحران آب بسیار گفته و شنیده ایم. بی شک به دلیل افزایش میزان مصرف آب و همچنین کاهش منابع آبی و عدم توفیق در جهت ایجاد منابع جدید، در دهه آینده، بحرانی شدیدتر را در جهان شاهد خواهیم بود.

در شرایط کنونی از منابع آب زیرزمینی کشور حداکثر استفاده به عمل می آید به طوری که به سبب برداشت بیش از حد از این منابع در ۱۶۳ دشت کشور سطح آب زیرزمینی افت کرده و مشکلاتی را برای ادامه حیات کشاورزی و توسعه اقتصادی این نواحی فراهم کرده است. برای کم کردن این بحران و تنش باید مطالعات بیشتری در بخش کشاورزی صورت پذیرد. تا از این طریق بتوان راندمان مصرف آب را بالا برد. از راه های افزایش راندمان مصرف آب برآورد دقیق تبخیر - تعرق می باشد که به کمک آن می توان مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی را بهبود بخشید. یکی از روش های برآورد تبخیر و تعرق، روش موازنه انرژی است که در اکثر کشورها به عنوان روشی مرسوم برای تعیین تبخیر - تعرق گیاهان کاربرد دارد. اجزاء مورد نیاز در معادله بیلان انرژی جریان گرمای نهان، گرمای محسوس، جریان گرما در خاك و تابش خالص است که با اندازه گیری آنها می توان میزان تبخیر و تعرق از سطوح را تعیین نمود. طی تحقیقی در چین اجزاء معادله انرژی در مزارع ذرت و گندم در طول سه سال (۲۰۰۱-۱۹۹۸) از روش نسبت باون اندازه گیری شد. در این دوره تابش خالص (Rn) از ۳۱/۶ تا ۶۶۸/۱ وات بر متر مربع و جریان گرمایی خاك از ۱۲/۷ تا ۱۷۰/۹ وات بر کمتر مربع جریان گرمای محسوس از مقادیر زیر صفر تا ۳۵۰ وات بر متر مربع و جریان گرمای نهان از صفر تا ۵۸۰ وات بر متر مربع متغیر بود. در این تحقیق نسبت باون به عنوان روشی برای انداز گیری انرژی در دسترس فرآیند تبخیر-تعرق است و نتایج نشان داد که این روش علاوه بر

۱- به ترتیب کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، استادیار هواشناسی، مربی آبیاری گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
* نویسنده مسئول Email:mmohajerpour@yahoo.com

اندازه گیری های کوتاه مدت می تواند برای اندازه گیری های فصلی و درازمدت نیز مورد استفاده قرار گیرد (۲۷)

در سوئد برای اندازه گیری تبخیر - تعرق باتلاق ها از این روش استفاده می شود(۱۵). در تایلند برای اندازه گیری تبخیر- تعرق از زمینهای تحت کشت برنج نتایج حاصله از این روش اقتصادی تر از سایر روشها گزارش شده است (۲۲). با استفاده از روش موازنه انرژی اندازه گیری تبخیر - تعرق در فواصل زمانی کوتاه (ساعتی) نیز امکان پذیر می باشد (۹ ، ۲۰و۱۳).

دونپورت و اندرسن در تحقیقی که بر روی کاهش تبخیر - تعرق گیاهان داشتند برای اندازه گیری ها از روش لایسیمتر و نسبت باون استفاده کرده که میزان متوسط تبخیر - تعرق اندازه گیری شده از دو روش نزدیک به هم گزارش شد (۱۱).

دوگاس و همکاران (۱۴) اندازه گیری تبخیر- تعرق کشت یونجه توسط روش موازنه انرژی را با نتایج لایسیمترهای وزنی مقایسه کردند. در این تحقیق لایسیمتر وزنی در زمینی که حدود ۴/۷ هکتار بود با فاصله کمی از دستگاه بیلان انرژی قرار داشت. نتایج نشان داد که اندازه گیری های روزانه تبخیر-تعرق توسط روش باون تطابق زیادی با اندازه گیری های لایسیمتر دارد. ولی در زمان هایی که میزان تبخیر-تعرق بیش از ۶ میلی متر بود افزایش برآوردی در اندازه گیری ET در روش موازنه انرژی مشاهده شد.

در صبح زود و بعدازظهرها، زمان هایی که انتقال افقی انرژی توسط باد (اثر واحه ای) از زمین های اطراف بیشتر است تبخیر- تعرق محاسبه شده از این روش، کمتر از مقادیر لایسیمتر بود.

طبق بررسی های به عمل آمده، روش موازنه انرژی روشی است که تاکنون در کشور ما مطالعه چندانی روی آن انجام نشده است به همین دلیل بر آن شدیم تا نتایج این روش را با نتایج لایسیمترها مقایسه کرده و دقت آن را بررسی کنیم.

مواد و روش ها

در مقابل منابع موجود انرژی ورودی به یک سطح، مصرف کننده های انرژی نیز وجود دارد که همواره با یکدیگر در تعادل هستند. تابش خالص خورشیدی منبع اصلی ورود انرژی به یک سطح می باشد (R_n). مقداری از این انرژی صرف بالا رفتن درجه حرارت خاك و جریان گرما در آن می شود (G)، بخشی از آن صرف افزایش درجه حرارت محیط می شود (H: جریان گرمای محسوس)) و قسمتی نیز در صورت موجود بودن آب، صرف تبخیر آن از سطح می گردد (λE: جریان گرمای نهان) (۵و۸).

به این ترتیب معادله اصلی بیلان انرژی در یک سطح به صورت زیر بیان می شود:

$$R_n = \lambda E + H + G$$ معادله (۱)

در این معادله از انرژی که در متابولیسم گیاهی مصرف می شود صرف نظر شده است.

سهم گرمای محسوس به گرمای نهان از انرژی در دسترس (R_n-G) یک سطح، نسبت باون نامیده می شود (۹ ، ۴ و۱۲).

$$\beta = \frac{H}{\lambda E}$$ (معادله ۲)

این نسبت با اندازه گیری گرادیان دما و فشار بخار در طول یک فاصله عمودی کوچک از سطح تبخیر کننده، که جریان گرما و رطوبت در آن تحت تاثیر جریان های افقی هوا قرار نمی گیرد، به دست می آید.

جریان بخار آب و گرمای منتقل شونده از سطح به سمت بالا، تابع گرادیان بخار آب و گردایان دما است و بر اساس قانون اول فیک[1] تعیین می شود. بدین ترتیب جریان گرما می تواند با اندازه گیری دما و تعیین گرادیان آن در دو ارتفاع مختلف به صورت زیر بیان شود(۱۶و۱۹).

$$H = C_p \cdot \rho_a K_H \frac{(T_1 - T_2)}{(Z_1 - Z_2)}$$ (معادله ۳)

T_1-T_2: اختلاف دما در دو ارتفاع مختلف از سطح

Z_1-Z_2: فاصله عمودی دو نقطه که اندازه گیری ها درآن قسمت ها انجام می شود

C_P: گرمای ویژه هوا

K_H: ضریب انتقال گرما

ρ_a: دانسیته هوا

همچنین برای جریان بخار آب در دو ارتفاع مختلف از سطح، می توان از رابطه مشابهی استفاده کرد:

$$E = \rho_a K_E \frac{(q_1 - q_2)}{(Z_1 - Z_2)}$$ (معادله ۴)

q_1-q_2: اختلاف رطوبت ویژه در دو ارتفاع (kg/kg)

1) Fick

Z_1-Z_2 : اختلاف ارتفاع

K_E : ضریب انتقال بخار آب

اندیس های ۱ و ۲ در واقع به ترتیب مربوط به سطح پایینی و سطح بالایی که اندازه گیری ها در آن ها انجام شده است، می باشد.

با توجه به رابطه رطوبت ویژه و فشار بخار داریم:

$$q = 0.622 \frac{e}{p} \qquad \text{(معادله ۵)}$$

که در این فرمول:

0.622: نسبت وزن مولکولی بخار آب به وزن مولکولی هوا

e : فشار بخار (P_a)

P : فشار اتمسفر (P_a)

بنابراین اگر بخواهیم معادله ۴ را بر اساس فشار بخار در دو ارتفاع مختلف از یک سطح در نظر بگیریم خواهیم داشت:

$$E = \rho_a K_E \frac{0.622}{P} \frac{(e_1 - e_2)}{(Z_1 - Z_2)} \qquad \text{(معادله ۶)}$$

و از آن جا طبق معادله ۳ داریم:

$$\beta = \frac{H}{\lambda E} = \frac{C_p . \rho_a . K_H (T_1 - T_2)}{\lambda \rho_a K_E \frac{0.622}{P} (e_1 - e_2)} \qquad \text{(معادله ۷)}$$

عبارت $\gamma = \frac{C_p \times P}{0.622\lambda}$ به نام ضریب سایکرومتری معروف می باشد $(KPa/^{\circ}C)$

اگر ضرایب انتقال بخار آب در هوا و انتقال گرما در هوا را برابر فرض کنیم $(K_H=K_E)$ نسبت باون به صورت ساده به شکل زیر بیان خواهد شد (۲۳و۲۶)

$$\beta = \gamma \frac{(T_1 - T_2)}{(e_1 - e_2)} \qquad \text{(معادله ۸)}$$

از آنجا که در برآورد دقیق فشار بخار اشباع امکان خطای زیادی وجود دارد، با قراردادن مقدار فشار بخار هر سطح در معادله فوق، معادله جدیدی برای تعیین نسبت باون به صورت زیر به دست می آید:

$$\beta = \frac{1}{(1 + \frac{\phi}{\gamma}) \frac{\Delta T_w}{\Delta T} - 1} \qquad \text{(معادله ۸)}$$

ϕ: شیب منحنی فشار بخار اشباع در دمای تر ارتفاع حد واسط $(mmHg/^{\circ}C)$

ΔT: اختلاف دمای خشک دو ارتفاع مختلف از سطح $(^{\circ}C)$

ΔT: اختلاف دمای تر دو ارتفاع مختلف از سطح $(^{\circ}C)$

با قراردادن $\beta\lambda E$ به جای H در معادله(۱) خواهیم داشت:

$$R_n - G = \beta\lambda E + \lambda E$$

$$\lambda E = \frac{R_n - G}{(1+\beta)} \qquad \text{(معادله ۱۰)}$$

به این ترتیب با اندازه گیری تابش خالص و جریان گرمایی در خاک و گرادیان دما و رطوبت در دو ارتفاع مختلف با استفاده از معادله ۹ می توان به سادگی میزان تبخیر- تعرق از سطح یک کشت را تعیین کرد (۱۳، ۱۵، ۱۸و۲۲).

محل مورد مطالعه

به منظور اجرای این طرح، زمین جنب ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی مشهد که طول جغرافیایی آن ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی است، انتخاب شد. ارتفاع این محل از سطح دریا معادل ۹۸۸ متر بوده که بر اساس آمار موجود در طول سالهای ۲۰۰۵-۱۹۶۱ میزان رطوبت نسبی سالیانه آن به طور متوسط ۵۶ درصد و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۳٫۸ درجه سانتی گراد می باشد.

در اسفند ماه ۱۳۸۳ عملیات آماده سازی بستر جهت کاشت چمن به عنوان کشت مرجع آغاز شد. لایسیمتر زهکش دار به ابعاد ۱٫۲ × ۲×۲ متر مکعب جنب زمین مذکور در ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی تهیه شد.

در این لایسیمتر به دلیل فواصل زمانی کوتاه اندازه گیری ها، تغییرات رطوبت خاک کم بوده و از فرمول زیر برای تعیین تبخیر- تعرق استفاده شد:

$$ET_o = P + I - D$$

در این معادله P میزان بارندگی و D آب ثقلی که از زهکش ها خارج می شود و I عمق آب آبیاری می باشد.

برای برآورد دقیق تر تبخیر- تعرق سه میکرولایسیمتر وزنی به ابعاد ۳۵×۲۴×۲۵ سانتی متر تهیه شد که دو عدد از آنها در کناره ها (A وC) و یکی در وسط زمین (B) قرار گرفت. میزان تبخیر-

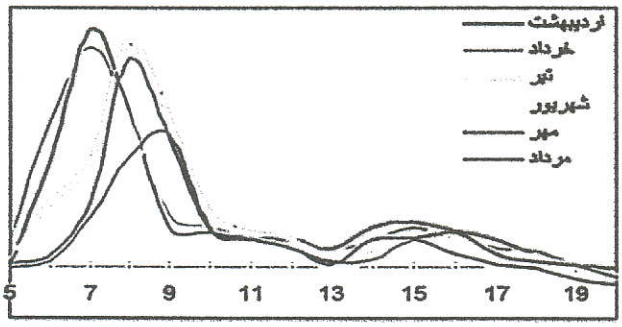
تعرق در این لایسیمترها از طریق وزن کشی روزانه آنها تعیین شد. قبلا مطالعات زیادی بر روی این نوع لایسیمترها انجام شده (۷، ۱۴، ۲۱) و نتایج نشان داده است که اندازه گیری های رطوبت، تبخیر-تعرق و مقاومت روزنه ای گیاهان درون این لایسیمترها همبستگی زیادی با گیاهان داخل مزرعه (خارج لایسیمتر) دارد (۲۴). در تحقیق دیگری دقت میکرولایسیمترهای وزنی با انواع بزرگ آن مقایسه شد و نتایج نشان داد که اگر شاخص سطح برگ در دو نوع لایسیمتر یکی باشد، میزان کل تبخیر نسبت به لایسیمتر بزرگ فرق چندانی نمی کند (۲۵).

دستگاهی که به منظور برآورد تبخیر - تعرق از روش بیلان انرژی مورد استفاده قرار گرفت ساخت شرکت ژاپنی DAIKI مدل 5200 بود (DIK-5200). این دستگاه میزان تابش خالص، اختلاف درجه حرارت خشک و اختلاف درجه حرارت تر، در دو ارتفاع ۰/۵ و ۲/۵ متری، دمای تر در ارتفاع حد اواسط (۱/۵ متری از سطح زمین) و جریان دمایی خاک را اندازه گیری کرده و به صورت نقاطی با رنگ های مختلف برروی گراف مربوط به دستگاه رسم می نماید. در واقع هر نقطه رنگی نشان دهنده ولتاژ خروجی از یک سنسور می باشد که با بررسی این نقاط مقادیر پارامترهای مذکور تعیین شده و سپس با استفاده از معادلات (۹) و (۱۰) میزان تبخیر - تعرق محاسبه می شود.

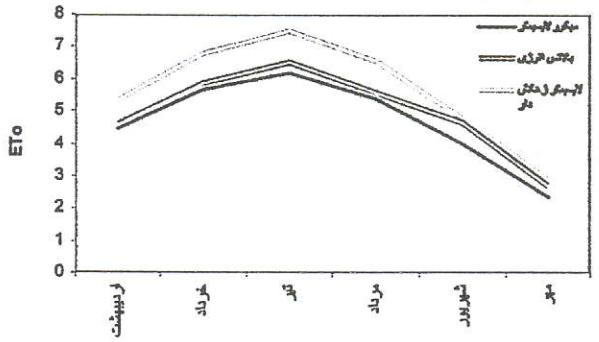
بحث و نتایج

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱ مشاهده می شود که اندکی پس از طلوع خورشید نسبت باون به سرعت افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود می رسد. سپس به سرعت کاهش داشته به طوری که در ظهر به صفر نزدیک می شود، در بعدازظهر باز افزایش کمی در این ضریب مشاهده می شود و سپس دوباره کاهش ادامه می یابد تا در زمان غروب خورشید تقریبا صفر می شود. پس از غروب خورشید این نسبت منفی و در طول شب همچنان منفی باقی می ماند.

بررسی نمودار ۱ نشان می دهد که نسبت باون در طول روز دارای حداکثری است که معمولا در ساعات اولیه روز رخ می دهد و هر چه به انتهای فصل نزدیک می شویم مقادیر حداکثر روزانه نسبت باون در هر ماه کمتر شده و به سمت ظهر تمایل می یابد. احتمالا در صبح زود اندکی پس از طلوع خورشید زمین به سرعت گرم شده و باعث افزایش سریع هوای اطراف خود می شود و گرمای محسوس در محیط به سرعت افزایش می یابد و چون بعد از طلوع خورشید میزان جذب آب توسط گیاه نسبت به ساعات بعد کمتر است (فیزیولوژی گیاهان)، جریان بخار آب در این سطح کمتر از ساعات بعدی است و این امر باعث افزایش سریع نسبت باون در ساعات اولیه روز می شود.



نمودار(۱) میانگین تغییرات نسبت باون در طول روز در ماه های مختلف



نمودار(۱) میانگین ماهانه تبخیر- تعرق اندازه گیری شده از روشهای مختلف (برحسب میلی متر)

با گذشت زمان، با افزایش درجه حرارت و نور در محیط، فعالیت های فیزیولوژیکی گیاه افزایش یافته و چون در این زمان رطوبت به اندازه مورد نیاز در خاک وجود دارد، آب با سرعت بیشتری توسط ریشه گیاه جذب شده و به این ترتیب مقدار تعرق و به دنبال آن میزان جریان بخار آب روی این سطح افزایش می یابد. این امر باعث کاهش سهم گرمای محسوس شده، به همین دلیل کاهش سریعی در نسبت باون مشاهده می شود. این کاهش تا نزدیک بعد از ظهر ادامه دارد. در این زمان نسبت باون اندکی افزایش نشان می دهد. افزایش در نسبت باون نشان دهنده افزایش سهم گرمای محسوس و کاهش در سهم گرمای نهان تبخیر است

جدول(۱) نحوه تغییرات روزانه نسبت باون و محاسبه تبخیر - تعرق

Time	Twm©	(kpa/c)	(mmhg/c)	ΔT(mv)	ΔT©	ΔTw(mv)	ΔTw©	T_{wn}(mv)	β	G(mv)	G(cal cmhr)	Rn(mv)	Rn (cal.cmhr)	Δ	E (cal .cmm hr)	ET (cm.hr)	ET (mm.hr)
۱:۰۰	۱۳.۰	۰.۰۹۸	۰.۷۳۵	-۳	-۱.۰۰	-۳	-۱.۰۰	۲.۶	-۰.۶۸	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۱	-۱.۲	۵۸۹.۲	-۰.۵۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۲:۰۰	۱۲.۰	۰.۰۹۲	۰.۶۹۴	-۳	-۱.۰۰	-۳	-۱.۰۰	۲.۴	-۰.۷۲	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۱	-۱.۲	۵۸۹.۸	-۰.۴۹	۰.۰۰	۰.۰۰
۳:۰۰	۱۲.۰	۰.۰۹۲	۰.۶۹۴	-۳	-۱.۰۰	-۳	-۱.۰۰	۲.۴	-۰.۷۲	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۱	-۱.۲	۵۸۹.۸	-۰.۴۹	۰.۰۰	۰.۰۰
۴:۰۰	۱۱.۵	۰.۰۹۰	۰.۶۷۴	-۳	-۱.۰۰	-۳	-۱.۰۰	۲.۳	-۰.۷۴	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۱	-۱.۲	۵۹۰.۱	-۰.۴۸	۰.۰۰	۰.۰۰
۵:۰۰	۱۱.۰	۰.۰۸۷	۰.۶۵۴	-۳	-۱.۰۰	-۳.۸	-۰.۹۳	۲.۲	۰.۰۱	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۱	-۱.۲	۵۹۰.۴	-۰.۴۵	۰.۰۰	۰.۰۰
۶:۰۰	۱۳.۵	۰.۱۰۱	۰.۷۵۶	۰.۱	۰.۰۳	۲.۴	۰.۸۰	۲.۷	۰.۰۴	۰.۱	۰.۳۵۹	۱.۱	۱۳.۲	۵۸۸.۹	۱۲.۶۳	۰.۰۲	۰.۲۱
۷:۰۰	۱۳.۵	۰.۱۰۱	۰.۷۵۶	۱.۵	۰.۵۰	۴.۱	۱.۳۷	۲.۷	۰.۲۵	۰.۰۷	۰.۲۵۱	۱	۱۲	۵۸۸.۹	۱۰.۰۴	۰.۰۲	۰.۱۷
۸:۰۰	۱۳.۵	۰.۱۰۱	۰.۷۵۶	۲.۹	۰.۹۷	۲.۴	۰.۸۰	۲.۷	۰.۸۰	۰.۱	۰.۳۵۹	۱.۱	۱۳.۲	۵۸۸.۹	۶.۶۶	۰.۰۱	۰.۱۱
۹:۰۰	۱۶.۰	۰.۱۱۶	۰.۸۷۱	۲.۹	۰.۹۷	۲	۰.۶۷	۳.۲	۰.۵۰	۰.۳	۱.۰۷۸	۲.۲	۲۶.۴	۵۸۷.۴	۱۱.۹۳	۰.۰۲	۰.۲۰
۱۰:۰۰	۱۶.۰	۰.۱۱۶	۰.۸۷۱	۴.۲	۱.۴۰	۵	۱.۶۷	۳.۲	۰.۱۴	۰.۵	۱.۷۹۶	۳.۸	۴۵.۶	۵۸۷.۴	۳۰.۳۸	۰.۰۵	۰.۵۲
۱۱:۰۰	۱۵.۵	۰.۱۱۳	۰.۸۴۷	۱.۵	۰.۵۰	۲.۹	۰.۹۷	۳.۱	۰.۱۰	۰.۴	۱.۴۳۷	۴.۲	۵۰.۴	۵۸۷.۷	۳۹.۵۶	۰.۰۷	۰.۶۷
۱۲:۰۰	۱۶.۵	۰.۱۱۹	۰.۸۹۶	۱.۱۵	۰.۳۸	۲.۵	۰.۸۳	۳.۳	۰.۰۷	۰.۳	۱.۰۷۸	۴.۷	۵۶.۴	۵۸۷.۱	۴۶.۲۱	۰.۰۸	۰.۷۹
۱۳:۰۰	۱۴.۵	۰.۱۰۷	۰.۸۰۰	۰.۸	۰.۲۷	۲	۰.۶۷	۲.۹	۰.۰۱	۰.۲	۰.۷۱۹	۴.۸	۵۷.۶	۵۸۸.۳	۴۸.۱۳	۰.۰۸	۰.۸۲
۱۴:۰۰	۱۴.۰	۰.۱۰۴	۰.۷۷۸	۰.۱	۰.۰۳	۱.۹	۰.۶۳	۲.۸	۰.۱۰	۰.۱	۰.۳۵۹	۴	۴۸	۵۸۸.۶	۴۶.۶۶	۰.۰۸	۰.۷۹
۱۵:۰۰	۱۴.۵	۰.۱۰۷	۰.۸۰۰	۰.۰۵	۰.۰۲	۱.۶	۰.۵۳	۲.۹	۰.۱۱	۰.۱	۰.۳۵۹	۳	۳۶	۵۸۸.۳	۳۵.۲۱	۰.۰۶	۰.۶۰
۱۶:۰۰	۱۴.۰	۰.۱۰۴	۰.۷۷۸	۰.۰۲	۰.۰۱	۱.۴	۰.۴۷	۲.۸	۰.۱۳	۰.۰۸	۰.۲۸۷	۲.۵	۳۰	۵۸۸.۶	۲۹.۵۵	۰.۰۵	۰.۵۰
۱۷:۰۰	۱۳.۵	۰.۱۰۱	۰.۷۵۶	-۰.۲	-۰.۰۷	۰.۵	۰.۱۷	۲.۷	۰.۰۵	-۰.۵	۰.۱۸۰	۱.۱	۱۳.۲	۵۸۸.۹	۱۵.۰۹	۰.۰۳	۰.۲۶
۱۸:۰۰	۱۳.۰	۰.۰۹۸	۰.۷۳۵	-۰.۴	-۰.۱۳	۰.۴	۰.۱۳	۲.۶	۰.۰۲	-۰.۱	-۰.۳۶	-۰.۰۱	-۰.۱۲	۵۸۹.۲	-۰.۲۲	۰.۰۰	۰.۰۰
۱۹:۰۰	۱۳.۰	۰.۰۹۸	۰.۷۳۵	-۱	-۰.۳۳	۰.۳	۰.۱۰	۲.۶	۰.۰۱	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۲	-۲.۴	۵۸۹.۲	-۴.۸۰	-۰.۰۱	۰.۰۰
۲۰:۰۰	۱۱.۵	۰.۰۹۰	۰.۶۷۴	-۳	-۱.۰۰	-۰.۵	-۰.۱۷	۲.۳	-۰.۰۴	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۲	-۲.۴	۵۹۰.۱	۳.۱۸	۰.۰۱	۰.۰۵
۲۱:۰۰	۱۱.۰	۰.۰۸۷	۰.۶۵۴	-۳	-۱.۰۰	-۲.۵	-۰.۸۳	۲.۲	-۱.۰۸	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۱	-۱.۲	۵۹۰.۴	-۰.۴۰	۰.۰۰	۰.۰۰
۲۲:۰۰	۱۱.۰	۰.۰۸۷	۰.۶۵۴	-۳	-۱.۰۰	-۲.۱	-۰.۷۰	۲.۲	-۱.۶۲	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۱	-۱.۲	۵۹۰.۴	-۰.۳۲	۰.۰۰	۰.۰۰
۲۳:۰۰	۱۰.۵	۰.۰۸۵	۰.۶۳۶	-۳	-۱.۰۰	-۲.۱	-۰.۷۰	۲.۱	-۱.۷۰	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۱	-۱.۲	۵۹۰.۷	-۰.۳۱	۰.۰۰	۰.۰۰
۲۴:۰۰	۱۰.۰	۰.۰۸۲	۰.۶۱۷	-۳	-۱.۰۰	-۱.۸	-۰.۶۰	۲	-۲.۹۴	-۰.۱	-۰.۳۵۹	-۰.۱	-۱.۲	۵۹۱	-۰.۲۱	۰.۰۰	۰.۰۰

که می توان سه دلیل برای آن فرض کرد:

۱- در بعدازظهر حداکثر دمای محیط را داریم که با یک اختلاف فاز زمانی با ظهر خورشیدی اتفاق می افتد که باعث افزایش سهم گرمای محسوس در نسبت باون می شود.

۲- دریک ظهر آفتابی فصل تابستان چون گیاه قادر نیست به اندازه ای آب از خاك جذب کند که پاسخگوی میزان تعرقش باشد (بالا بودن نیاز آبی برای تعرق در این شرایط، کم شدن رطوبت خاك، افزایش مقاومت سلول های ریشه بدنبال جذب بیشتر آب، افزایش مقاومت سلول های روزنه، ...) در این وضعیت گیاه روزنه های خود را بسته تا بتواند با این مقدار کمی از آب که جذب شده به بقای خود ادامه داده و مانع پژمردگی بافت های خود شود. به این ترتیب کاهشی در جریان بخار آب بر روی سطح زیر کشت مشاهده می شود، به عبارت دیگر سهم جریان گرمای نهان در نسبت باون کمتر شده که این امر به طور موقت باعث افزایش در نسبت باون خواهد شد.

۳- کاهش رطوبت خاك نسبت به ساعت های قبل است، به این معنی که چون آبیاری ها به صورت شبانه انجام می شد در اوایل روز رطوبت به اندازه کافی برای تبخیر و تعرق در خاك وجود دارد، رفته رفته از میزان رطوبت خصوصا درسطح خاك کاسته شده و این مسئله باعث می شود سطح خاك نسبت به ساعات قبلی گرمتر شده و باعث افزایش در سهم گرمای محسوس شود، از طرفی با کاهش پتانسیل آب در خاك، آبی که ریشه گیاه لازم است جذب کند تا پاسخگوی تعرقش باشد، در خاك کم شده و با نیروی بیشتری در خاك نگه داشته می شود. به این ترتیب میزان تعرق گیاه کم شده و از آنجا جریان بخارآب درسطح کاهش داشته و نسبت باون افزایش می یابد. روند کاهش دوباره در نسبت باون پس از این افزایش جزئی در بعدازظهر احتمالا به این دلیل است که در هنگام غروب خورشید اختلاف دما در سطح خاك با هوایی که در بالای این سطح قرار گرفته کم می شود، لذا نسبت باون کاهش یافته و به صفر نزدیک می شود.

در هنگام غروب خورشید به دلیل اینکه سطح خاك زودتر از هوای مجاور سرد می شود و هوا در این سطح درجه حرارت کمتری نسبت به هوای لایه بالایی داشته (معادله۸) نسبت باون منفی شده و این وضعیت در طول شب تا قبل از طلوع خورشید ادامه می یابد.

شکل ۱ نشان می دهد که مقادیر حداکثر روزانه نسبت باون هر چه به انتهای فصل نزدیک تر می شویم کاهش داشته و به سمت ظهر تمایل دارد، احتمالا این تغییرات مربوط به اختلاف در افق خورشید و بدنبال آن کاهش در تابش خالص رسیده به سطح است.

در این تحقیق دقت روش موازنه انرژی با نتایج مربوط به لایسیمتر زهکش دار و سه میکرولایسیمتر وزنی مقایسه شد. نتایج نشان داد که روش موازنه انرژی اختلافی کمتر از ۶٪ میانگین تبخیر- تعرق اندازه گیری شده توسط میکرولایسیمترها دارد. ولی در لایسیمتر زهکش دار بیش از ۲۰٪ اختلاف مشاهده شد. (شکل ۲).

برای مقایسه سه روش با یکدیگر آزمون یک طرفه با فرض صفر مبنی بر یکسان بودن میانگین ها انجام شده و میانگین ها در سطح ۵٪ معنی دار شد. به این معنی که بین روش های مختلف اندازه گیری اختلاف وجود دارد. که این اختلاف مربوط به افزایش برآورد (حدود ۲۰٪) در لایسیمتر زهکش دار می باشد.

منابع

۱. اسماعیلی، ك. ۱۳۸۱. تحلیلی بر منابع آب و خشکسالی در خراسان. مجله آب و محیط زیست، شماره ۵۰ - ص. ۹-۴.

۲. الهی پناه، ن.، ۱۳۷۷. سیمای شبکه های توزیع آب شهری در کشور تا سال ۱۴۰۰. مجله آب و محیط زیست. ۲۰-۱۵ : ۲۸.

۳. محمدیان، آ. اصلاح داده های هواشناسی برای تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ایستگاه های هواشناسی غیر مرجع ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۲.

4. Amarakoom, D. Mclean, P. 2000. Estimating day time latent heat flux and evapotranspiration in Jamiica. Agricultural and Forest meteorology. Vol. 102:p:113-124.

5. Bernhoofer, G., L.W. Gay, et al. 1996. Synthesis an experimental approach to water and carbon

exchange of scutspine plantation. Theoretical and applied climatology. 53(1-3): 173-183.

6. Bidlake, W.R., W.M. Woodhom, et al. 1990. Evapotranspiration from areas of natire regetation in West-center Florida. Water supply popers of U.S. Geological survey. 2430: 1-35.
7. Boast, C., W. and T.M. Robertson. 1982. A micro-lysimeter method for determining evapotranspiration from bare soil description and laboratory evaluation. Soil Sci. Am. J. Vol. 46:689-696.
8. Calvet JC. 2000. Investigating soil and atmospheric plant water stress using physiological and micrometeorological data. Agricultural Forest meteorology. 103:229-247.
9. Collier, P. and A. Alioso. 1993. A simple system for automated long-term Bowen ratio measurements: Agricultural and forest meteorology. 66(1): 88-91.
10. Daamen, C.C., L.P. Simmonds, J.S. Wallace, K.B. Laryea and M.V>K> Silvakumer and forest meteorology. No. 65:159-173.
11. Davenport, D.C., J. E., Anderson, et al. 1979. Phreatophyte evapotranspiration and potential reduction without eradication. Water Resources Bulletin 15(5): 1293-1300.
12. Deritt, D.A., A. Sala, et al 1998. Bowen ratio estimates of evapotranspiration for tamarix ramosissima stands and the Virgin River in southern Nevada. Water resources research. 34(9): 2407-2414.
13. Dugas, W.A., L.J. Fritschem, et al. 1991. Bowen ratio, eddy correlation, and portable chamber measurements of sensible and latent heat flux over irrigated spring wheat. Agricultural and Forestry Meteorology. 56(1): 1-20.
14. Dugas, W. A. and W.L. Bland. 1988. The accuracy of evaporation measurement from small lysimeter and forest meteorology. No. 64:119-129.
15. Energy balance closure of two bag department of earth scrences/hydrology, Uppsala University, villaragen 16, SE-75236, Uppsala, Sweden.
16. Gay, L.W. 1998. Evapotranspiration extremes for irrigated crops in Arizona desert. American Meteorological Society. Section 2.2 (2pp).
17. Gay, L.W. 1993. Evaporation measurements for catchments scale water balance. Proceeding of International seminar of watershed management, Hermosillo, Sonora, Moxico, Universities de Sonora-university of Arizona: 68-86.
18. Held, A.A.P. Steduto. F. Orgaz. A. Matista. 1990. Bowen Ratio Energy-Balance technique for estimating crop net CO2 assimilation and comparison with a canopy chamber. Theor Appl. Climatal. 42:203-213.
19. Liu, CH. Zhang, X. and Y. Zhang. 2002. Determination and evaporation and evapotranspiration of winter wheat and maize by large-scale weighing.

20. Malek. E.G.E. Bingham. 1993. Comparison of the Bowen Ratio energy balance and the water balance method for the measurement of evapotranspiration. Journal of Hydrology. 146:209-220.
21. Marting, D.L., N.L. Klocke, and D.L. Dehaan. 1985. Measuring evaporation using mini-lysimeter. Proceeding of the National Conference on advance in evapotranspiration. 231-240
22. Pana, P. Masatoshi, A. Sanguan, P. 2001. Comparative actual water consumption of irrigated and rain fed paddy rice field using Bowen Ratio method. Khon Kaen University of Thailand.
23. Parlange, M. B., Eichinger, W., Albertson, J. 1992. Evaporation and the atmospheric boundary layer. Water Resource. 28:2437-2446.
24. Plauborg, F. 1994. Evaporation from bare soil in temperate humid climate measurement. Using micro-lysimeter and time domain reflectometry. Agricultural water management. 23:183-197.
25. Susan, C.B. Grimond, S.A. Isard, and L.S. Belding, M.J. 1992. Development and evaluation of continuously weighing mini-lysimeter. Agricultural and forest meteorology. 62:205-218.
26. Tomlinson, S.A. 1997. Evapotranspiration for there sparse-canopy sites in the black rock valley, Yakima Country, Washington, march 1992 to October 1995. Water resources Investigations reports of the U.S. Geological survey. 96-4207: 1-88.
27. Yanyun, S. , Yongqiang, Z. Akihiko. K. (2003).Seasoral rariation of energy partitioning in irrigated lands. Chiba University of Japan. 263(2): 1-33.

Comparing Potential Evapotranspirations estimated by Bowen Ratio Energy Balance Method with result of different Lysimeter

M. Mohajerpoor * – M.Mousavi Baygi – M.Hasheminia [1]

Abstract

One approach to measure potential Evapotranspiration (ETo) is using the Heat Balance (Bowen Ratio-BR) method. In this study ET of irrigated short grass estimated by BR was compared and contrasted with those measurements of three micro-lysimeter and a drainage-system. The study covered a period of six months from May to October of 2005. The grass field was irrigated regularly to provide sufficient water for potential evapotranspiration. In the Heat Balance method temperature and humidity sensors were installed 0.5 and 2.5 meter height above grass in order to measure the pertaining gradients. Three weighting micro-lysimeters were located in different parts of the field. The daily ETo estimated by BR method (5.3 mm/day) agreed closely with weighting micro-lysimeter values (5 mm/day), however, the lysimeter with drainage overestimated ETo by 20% that is why latter method is not suggested to be used for daily measurements. The Bowen Ratio values ( ) usually were between zero and 1 during daytime. It had a rapid increase in the morning and reaching its maximum values between 7:00-9:00 and afterwards it decreased in the fast trend.

Key words: Bowen ratio, BREB, Evapotranspiration, Lysimeter

* Corresponding author Email:mmohajerpour@yahoo.com
1- Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad