مقارنة اداء جهاز التبخير الأتموميتر(Atmometer) مع معادلة بنمان–مونتيث لقياس الاستهلاك المائي الكامن

أيهاب فخري حكمت صباح أنور داود

الملخص

أجريت الدراسة الحالية لمقارنة قيم الاستهلاك المائي الكامن من جهاز الاتموميتر مع القيم المستحصلة من معادلة بنمان – مونتيث المعدة من قبل منظمة الزراعة والغذاء العالمية، بأستخدام محصول الذرة العلفية في احد الحقول الزراعية في العراق لتقويم اداء جهاز التبخير. بينت التحليلات والمقارنات الاحصائية لقيم الاستهلاك المائي الكامن اليومية من جهاز الاتموميتر ومع مثيلاتها من معادلة بنمان– مونتيث أثبتت وأثناء مراحل نمو المحصول وللأشهر ايار، حزيران وتموز للموسم الزراعي لسنة 2013 أن قيم النسب المئوية للفروق كانت: 6.9%، 4.24% و5.7% على التوالي،وتعد مقبولة. بينما كان الجذر التربيعي لمعدل مربع للفروق:0.41، 0.35 و0.31 (ملم/يوم) على التوالي. ومن جانب آخر كان مطلق معدل الفروق: 0.46، 0.33 و0.38 (ملم/يوم) على التوالي أيضا وهي بقيم معنوية. بالاضافة الى ذلك كانت قيمة معامل التعددية (R^2) للأشهر الدراسة جميعها 0.971. كما ان اختبار مربع كاي للتوزيع اثبت ان الاحتمالية تقع ضمن99.5 % وهي تعد معنوية. نظراً لان جهاز الاتموميتر بسيط في عملية النصب والتشغيل وغير مكلف، فأنه بالامكان الاعتماد على القراءات اليومية او الأسبوعية لجهاز الاتموميتر من قبل الباحثين والمزارعين لتخمين الاستهلاك المائي الكامن بديلاً عن استخدام محطات الرصد الجوي المكلفة واستخدام المعادلات الرياضية المعقدة.

المقدمة

أن التخمين الصحيح لقيم الاستهلاك المائي (ET) في الأراضي الاروائية هي لتقدير كمية مياه الري المضافة وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة وتقليل الهدر منها. ان من الطرق الشائعة المتبعة لاحتساب الاستهلاك المائي الحقيقي للنبات (ET_c) هو من خلال حساب الاستهلاك المائي الكامن (ET_o) وتحديد عامل النبات (Kc) ومن حاصل ضرب المتغيرين المذكورين سيحقق احتساب الاستهلاك المائي الحقيقي للنبات ($ET_c=ET_o*K_c$)(4،5،6).

تستخدم طرق رياضية مختلفة لحساب الاستهلاك المائي الكامن (ET_o) مثل طريقة (Bowen ratio-energy balance) و(Blaney-Criddle) ومعادلة خروفة ومعادلات رياضية مختلفة تعتمد في أساسها على المتغيرات الجوية المقاسة من خلال استخدام محطات الارصاد الجوية (11). ولكن هذه الطرائق قد تبدو غير مناسبة ليس بسبب كلفها او التعقيدات المستخدمة في المعادلات الرياضية، بل ايضآ قد لاتعطي تمثيلآ صحيحآ لسطح التربة لكي تبدو قيم فعاله (12).

تحتاج معظم الطرق والمعادلات المستخدمة لحساب الاستهلاك المائي الكامن الى قياسات دقيقة للمتغيرات المناخية كالاشعة الشمسية ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء وسرعة الرياح. ومع ان عدد المحطات الجوية الثابتة قد يبدو محدوداً بالإضافة الى ان نصب وصيانة معدات المحطات الجوية يعد مكلفاً ومعقداً ومن جانب آخر، فانه ليس من السهولة أو اليسر استخدام هذه المعدات والمعادلات الرياضية من قبل المزارعين (2).

وقد تكون هذه المعلومات في بعض الاحيان محدودة وعرضة للمتغيرات الموقعية نتيجة بعد المحطات الجوية عن مواقع حقول المزارعين وبالتالي قد تؤثر في دقة قيم الاستهلاك المائي الكامن (ET_o). لهذا فان تغيير

جزء من رسالة ماجستير للباحث الاول.
كلية الهندسة– جامعة بغداد– بغداد، العراق.

المعلومات المناخية المأخوذة من المحطات الجوية ستؤثر في دقة احتساب الاستهلاك الكامن (ET_o) من المعادلات الرياضية (10).

توجد طرق عملية عديدة لتقدير احتساب الاستهلاك المائي الكامن (ET_o) ومنها حوض التبخر– صنف (أ) المعدني الذي يعتمد في قياس (ET_o) على متغير جوي واحد وهو حرارة الهواء الذي يسمح بحدوث التبخر من سطح ماء الحوض بدون اي اهتمام بالنتح الحاصل عند محيط الحوض ولذلك فان قيم الاستهلاك المائي الكامن ستكون ضعيفة وغير شاملة للمتغيرات الجوية المتعددة (9). كذلك تحتاج هذه الطريقة الى تكرار لعملية إضافة الماء لمنع حدوث العكرة وتكون الطحالب التي تقلل من حصول التبخر بالاضافة الى الحصول حالة اختزان حراري في معدن الحوض أثناء النهار جراء حرارة الماء مما يتسبب بحدوث معدل تبخر مائي اعلى من المعدل الطبيعي (8).

أزداد مؤخراً استخدام جهاز التبخير البسيط المعروف بأسم (**Bellani- Plate Atmometer**) الذي يعرف بالاسم التجاري **ETgage** كأداة عملية بديلة في احتساب الاستهلاك المائي الكامن (ET_o) لان هذا الجهاز يتمتع بمزايا عدة ومواصفات عالية مقارنة بأستخدام حوض التبخر صنف (أ) وقياس المتغيرات الجوية من خلال استخدام المحطات الجوية الثابتة (2).

يتسم جهاز الاتموميتر أو **ETgage** بالسهولة والبساطة في الاستخدام وقلة التكلفة في التثبيت والقياس ويوفر المتابعة البصرية لقيم ET_o للمزارعين والمختصين. ان محطات الارصاد الجوية مكلفة وغير متاحة لكامل الأراضي الزراعية في العالم بينما جهاز الاتموميتر يمكن استخدامه في المساحات الزراعية الكبيرة او الصغيرة المروية في أية بقعة من أنحاء العالم وبدون الحاجة الى رصد للمتغيرات المناخية (2). في الآونة الأخيرة، أثبتت الدراسات الميدانية أن مقدار الاستهلاك المائي المقاس من جهاز التبخير الاتموميتر متوافق تقريبًا مع مقدار الاستهلاك الكامن المقاس من المحطات الجوية (8،9).

أظهرت الدراسات البحثية (1، 7) الى ان استخدام جهاز التبخير الاتموميتر أسهل وعملي اكثر من استخدام معادلة (بنمان–مونتيث) في احتساب الاستهلاك المائي الكامن (ET_o) التي تعتمد على المتغيرات الجوية المرصودة من محطات الارصاد الجوية الثابتة. بالاضافة الى ذلك تمكنت دراسة أخرى من أجراء تقويم لاداء الجهاز في الاجواء الرطبة في شمال كالفورنيا بعد ان قاموا بتجربة العديد منها ومقارنتها بنتائج معادلة (بينمان– مونتيث) التي تعتمد على المتغيرات الجوية ، وكانت النتائج متقاربة جدآ (8) .

يهدف البحث الى تقويم اداء جهاز التبخير الاتموميتر أو **ETgauge** في الاجواء المناخية والبيئية العراقية لانها جافه وذات معدل حراري عالي و متغير بالاضافة الى تصاعد الاتربة بين مدة واخرى من خلال نصب الجهاز في حقل زراعي مزروع بنبات الذرة العلفية (**Fodder Corn**) في الموسم الزراعي الصيفي لسنة **2013**، وبيان مدى إمكان اعتماده بديلاً مبسطآ عن محطات الارصاد الجوية الثابتة: وتتضمن مقارنة الاستهلاك المائي الكامن اليومي (ET_o) المقاس من جهاز الاتموميتر مع قيم الاستهلاك المائي الكامن المحسوب من معادلة بينمان – مونتيث التي تعتمد على المتغيرات الجوية والمستنبطة من قبل منظمة الزراعة والاغذية (**FAO**) (3). وكذلك استخدام الطرق الاحصائية والنسب المئوية للاخطاء لتحديد الفروق و استنباط معادلة رياضية خطية لاحتساب الفروق الحاصلة بين القراءات المستحصلة من جهاز الاتموميتر والقيم المحسوبة من معادلة بينمان – مونتيث.

المواد وطرائق البحث

موقع الدراسة

تم اختيار موقع العمل لاجراء البحث في حقل زراعي في منطقة اليوسفية – القصر الاوسط الواقعة جنوب محافظة بغداد ضمن الاحداثيات (E ˝16 ˊ09 º43 N ˝18 ˊ62 º36) وبمنسوب 30م فوق مستوى سطح البحر . يقع موقع الدراسة على الجانب الايسر لنهر اليوسفية القديم عند الكيلومتر/19، كما هو موضح في الشكل (1) والذي يمثل خارطة جوية موضح عليها موقع الدراسة. تم أعداد الفحوص اللازمة لتحديد نوعية نسجة تربة الحقل بالاضافة الى الخواص الفيزيائية الأخرى كافة في مختبرات المركز الوطني لادارة الموارد المائية التابع لوزارة الموارد المائية، وتبين ان التربة هي طينية غرينية. يروى الحقل سيحآ من قناة ترابية متفرعة مباشرة من نهر اليوسفية القديم بأستخدام طريقة الري بالمروز (Furrow irrigation).تتميز اراضي المنطقة بانها زراعية وتربتها من طمى اعمال التطهيرات للانهر والمبازل الامر الذي جعل معظم تربة الاراضي طينية وبنسب متفاوتة وذات قابلية عالية للاحتفاظ بالماء وخصوبة جيدة.

شكل 1: خريطة جوية تبين موقع الدراسة.

الأجهزة المستخدمة

أن أنموذج جهاز الاتموميتر(ETgage) الذي تم اختياره (شكل 2) مصنوع من قبل شركة أمريكية في ولاية كولورادو.

يتكون جهاز الاتموميتر من قمع نفاذ ورطب مصنوع من السيراميك الأبيض، يعد المحرك الأساس لعمل جهاز التبخير، مثبت على خزان ماء اسطواني سعته 300 ملم يملأ بالماء المقطر الذي يتبخر من خلال فتحة الكأس. قمة الكأس محدبة للأعلى ومغطاة بغطاء من القماش الاخضر الذي يحاكي النتح من الأوراق ومقاومة الثغور لانتشار بخار الماء (6)، يوجد اسفل القماش الاخضر غشاء من مادة البولي تترافلوروإيثيلين (PTFE) لمنع دخول مياه الامطار اسفل القماش (8). تتم متابعة منسوب الماء المقطر في الخزان بصريآ من خلال انبوبة زجاجية جانبية ممتدة من اعلى الخزان الى اسفله تحاذيها مسطرة مدرجة بوحدات (سم وانج) لاحتساب مقدار الانخفاض في منسوب الماء الذي يمثل مقدار الاستهلاك المائي الكامن (ET_o).تم قياس قيم الاستهلاك المائي الكامن المحسوب من جهاز التبخير وتوثيقها بشكل يومي وقد تمت تغطية الكأس العلوي منه المصنوع من مادة السيراميك بالقماش الأخضر المخصص

للجت والبرسيم. تم نصبه في حقل مساحته 1716 م^2 مزروع بنبات الذرة العلفية (Fodder Corn, *Zea maize*) للموسم الزراعي 2013.

شكل 2: جهاز الاتموميتر في حقل الاذرة العلفية.

يتم نصب جهاز الاتموميتر بواسطة ربط الحامل المعدني (احد ملحقات الجهاز) بعمود خشبي بواسطة مسمارين موجودين مع الملحقات ومن ثم تعليق الجهاز بالحامل المعدني على ان يكون ارتفاع الجهاز بمستوى اعلى من مستوى اوراق النبات المزروع لغرض السماح للجزء الاساس في الجهاز (الكأس المغطى بالقماش الاخضر) بالتعرض للظروف الجوية بصورة كاملة من حرارة ورياح ورطوبة واشعاع شمسي يومياً. يملأ الخزان بالماء المقطر لانه خالي من الشوائب التي قد تغلق مسامات القماش الاخضر ويتم الملء لغاية تدرج صفرفي المسطرة الامامية، ومن ثم ملء الكأس بالماء ومن ثم اعادة ربطه بالجهاز وهذه الخطوات جميعها تم تنفيذها اعتماداً على (دليل الاستخدام المصنعي المرافق مع ملحقات الجهاز).

تم تسجيل القياسات من الساعة 11:45 صباحاً ولغاية 12:00 ظهراً لليوم التالي ابتداء من تاريخ 2013/5/1 لغاية مدة حصاد الذرة العلفية بتاريخ 2013/7/27، إذ تمت قراءة مقدار الفرق بين منسوب عمود الماء في الانبوبة الزجاجية المدرجة والمثبتة على طول الخزان لكل يومين متعاقبين. أثناء هذه المدة لم يسجل هطول للأمطار، وكانت الاجواء حارة وبمعدلات مرتفعة والرياح جافه متغيرة السرعة.

المعادلة الرياضية المعتمدة

تم الحصول على قيم الاستهلاك المائي الكامن (ET_o) باستخدام معادلة (Penman –Monteith) من محطة الانواء الجوية الموضحة في الأشكال (3، 4، 5).

$$ETo = \frac{0.408\Delta\,(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T+273}\,U2\,(es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\,U2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

إذ ان :

ET_o= الاستهلاك المائي الكامن (ملم/يوم).

Δ= التغير في ميل منحني ضغط البخار المشبع (كيلو باسكال / درجة مئوية).

Rn = صافي الاشعاع الشمسي (ميكاجول / م 2. يوم).

G= كثافة تدفق حرارة التربة (ميكاجول / م 2. يوم) ، تحسب قيمتها صفراً إذا كان احتساب ET_o يومياً.

γ= ثابت القياس الرطوبي (كيلو باسكال).

T= معدل درجة حرارة الهواء (درجة مئوية).

U2 = معدل سرعة الرياح على ارتفاع 2 متر (م/ثا).

E_s = ضغط بخار الماء المشبع (كيلو باسكال).

E_a = ضغط بخار الماء الفعلي (كيلو باسكال).

أن المتغيرات الجوية جميعها المطلوبة لتطبيق أنموذج معادلة (Penman- Monteith) قد تم توفيرها بالاعتماد على المتغيرات المقاسة بواسطة محطة الانواء الجوية في منطقة أبي غريب (غرب بغداد) التابعة لوزارة الزراعة العراقية من تاريخ نصب جهاز التبخير ETgage لغاية حصاد الذرة العلفية، حيث ان هذه المحطة تبعد مسافة اكثر من 20كم عن موقع الحقل. أن من مواصفات المحطة الجوية المستخدمة انها مبرمجة اوتماتيكياً من قبل شركة (Sutron Corporation) الامريكية لاحتساب الاستهلاك المائي الكامن (ET_o) باستخدام معادلة (Penman- Monteith) بالاعتماد على استشعار وقياس قيم المتغيرات الجوية المطلوبة من درجة حرارة، سرعة الرياح، كمية الاشعاع الشمسي ورطوبة الهواء.

تم اجراء مقارنات إحصائية وخطية عديدة لبيان الفروق بين قراءة جهاز التبخير الاتموميتر والحسابات المستحصلة من معادلة (Penman- Monteith) بالاضافة الى استنباط معادلة الانحدار الخطية (linear regression equation) وبالصيغة التالية:

$$y = a + bx$$

إذ ان:

y = القيم اليومية المستحصلة من قراءة جهاز التبخير (ملم\ يوم).

X = القيم المحسوبة من معادلة (Penman- Monteith) (ملم\ يوم)،

a = ثابت ويساوي قيمة التقاطع على المحور y ، و b = ثابت ويساوي انحدار الخط المستقيم.

استخدمت المقارنات والتحليلات الاحصائية التالية (8)

1- الجذر التربيعي لمتوسط مربع الفروق، الذي يفضل ان يكون اكبراً او يساوي صفراً

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(yi - xi)^2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

2- النسبة المئوية للفروق

$$RE = \frac{RMSD}{X_{av}} * 100 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

3- مطلق متوسط الفروق الذي يفضل ان يكون اكبراً او مساوي للصفر

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|(yi - xi|}{n} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

إذ ان :

RMSD = الجذر التربيعي لمعدل مربع الفروق للاستهلاك المائي الكامن (ملم/يوم).

RE = النسبة المؤية للخطأ النسبي (%).

MAE = مطلق متوسط الفروق للاستهلاك المائي الكامن (ملم/يوم).

yi= الفرق في قراءة جهاز االاتموميتر ليومين متتاليين (ملم/يوم).

xi= قيمة احتساب الاستهلاك المائي الكامن من معادلة **(Penman-Monteith)** (ملم/يوم).

N= عدد القراءات اليومية للجهاز.

X_{av} = متوسط قيم الاستهلاك المائي الكامن من معادلة (**Penman-Monteith**) (ملم/يوم).

النتائج والمناقشة

مقارنة القراءات اليومية لجهاز الاتموميتر ومعادلة منظمة الزراعة والاغذية (FAO-56)

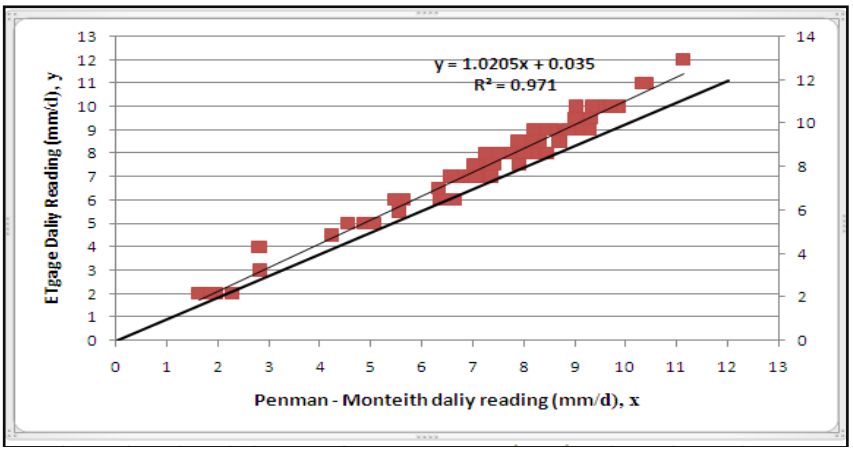
يوضح جدول (**1**) نتائج التحليلات الاحصائية والمقارنة بين قيم الاستهلاك المائي الكامن المستحصلة من قراءات جهاز التبخير الاتموميتر والقيم المحسوبة من معادلة **Penman- Monteith** ولكل شهر من أشهر الدراسة.

جدول **1**: المقارنة الاحصائية للنتائج الشهرية لقيم الاستهلاك المائي الكامن المستحصلة من جهاز التبخير الاتموميتر والقيم المحسوبة من معادلة **Penman- Monteith**

Month	Number (n) of reading	a	b	R2	RMSD	RE (%)	MBE
May	31	0.451	0.936	0.953	0.41	6.9	0.33
June	30	-0.67	1.107	0.95	0.35	4.24	0.28
July	27	-0.387	1.083	0.837	0.51	5.7	0.46

يلاحظ من الجدول (**1**) بأن معامل التعددية (R^2) بين القيم اليومية للاستهلاك المائي الكامن من جهاز الاتموميتر ومعادلة بنمان – مونتيث وللاشهر أيار، حزيران وتموز: **0.953** و **0.95** و **0.837** على التوالي، وهي تعد ذات قيم مقبولة. اما التحليلات الاحصائية الاخرى لقيم الاستهلاك المائي الكامن، هي كما يأتي: قيم الجذر التربيعي لمعدل مربع الفروق وللأشهر أيار، حزيران وتموز: **0.41**، **0.35** و**0.51** على التوالي، وتعد قيم جيدة. والنسبة المئوية للخطأ النسبي وللأشهر أيار،حزيران وتموز: **6.9%**، **4.24%** و**5.7%** على التوالي. بينما كان معدل الخطأ المطلق وللأشهر نفسها **0.35** ، **0.28** و **0.46** على التوالي وهي ايضا تعد جيدة ، وافضل القيم احصائياً كان في شهر حزيران ومن ثم أيار وتموز بعد ذلك.

أما قيمة التعددية (R^2) لأيام الأشهر جميعها سوية **0.971**، وهي تعد ذات قيمة معنوية ايضا ونتيجة جيدة. والشكل (**3**) يوضح المعادلة الخطية المستنبطة بين قيمة جهاز الاتموميتر وقيمة معادلة بنمان – مونتيث، ومقدار و قيمة معامل الارتباط وللقراءات اليومية كافة لأشهر الدراسة.



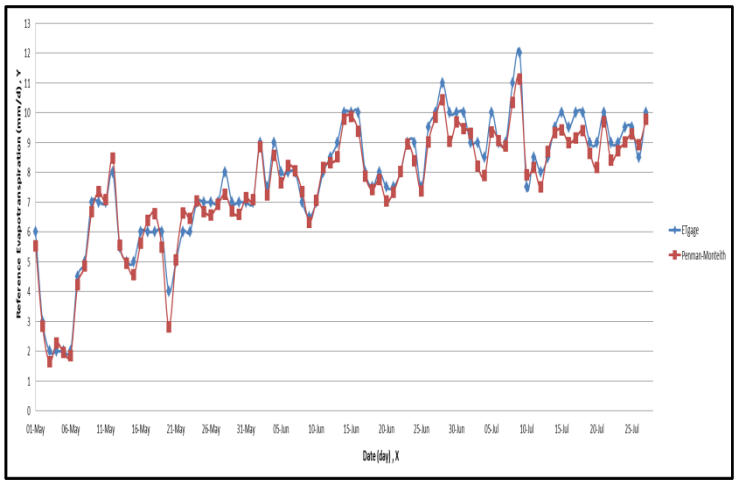
شكل 3: مقارنة القراءات اليومية ولثلاثة أشهر (أيار، حزيران وتموز) لقيم الاستهلاك المائي الكامن المستحصلة من جهاز الاتموميتر والقيم المحسوبة من معادلة **Penman- Monteith**.

يظهر من الشكل (4) القيم اليومية ولثلاثة أشهر ابتداء من الاول من أيار لغاية السابع والعشرين من تموز لقراءات جهاز التبخير الاتموميتر والقيم الحسوبة من معادلة بنمان – مونتيث، اذ يلاحظ مدى التقارب الجيد بين القراءتين و تماثلهما في معظم ايام الاشهر الثلاث. كذلك يظهر من الشكل (5) قيم الخطأ المطلق **(Absolute Error)** بين القراءات اليومية لجهاز الاتموميتر والقيم المحسوبة من معادلة بنمان – مونتيث ولكافة ايام الدراسة البحثية لمحصول الذرة العلفية وللموسم الزراعي **2013**، إذ يلاحظ مدى تماثل القيم من كلتا الطريقتين.

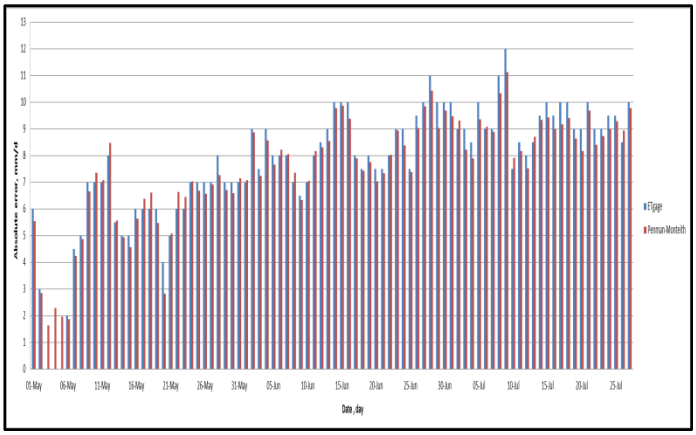
قد تكون درجات الحرارة العالية في بعض ايام الاشهر او تصاعد الغبار وتراكمه على الغشاء الأخضر لجهاز الاتموميتر احد الاسباب في بعض القراءات العالية المسجلة للجهاز. بالاضافة الى انه قد تتأثر بعض القيم المستحصلة من معادلة بنمان – مونتيث صعودا او نزولا بمدى دقة اجهزة الرصد الجوي، مواقعها وبعدها عن مواقع الحقول والمراكز البحثية،بالاضافة الى التأثير البيئي المحتمل في المنطقة.

كذلك تم استخدام طريقة مربع كاي للتوزيع لتحديد مدى قبولية التطابق بين قراءات جهاز التبخير وقيم معادلة بنمان – مونتيث، اذ اثبت التحليل ان نسبة التطابق ضمن منحنى التوزيع كان **99.5%**.

خلصت الدراسة إمكان الاعتماد على القراءات اليومية او الاسبوعية لجهاز الاتموميتر من قبل المزارعين او المختصين والباحثين، لتخمين الاستهلاك المائي الكامن بديلاً عن المعادلات الرياضية المعقدة والمحطات الجوية المكلفة، واستخدام هذه التقنية الجديدة البسيطة في الاستعمال ويعطي نتائج دقيقة في المحطات والحقول البحثية داخل العراق والاستفادة منه في تحديد عملية جدولة مياه الري. لا تتأثر دقة هذا الجهاز بوجود الطيور او الحيوانات فوقه او بالقرب منه، ولكن من مساوؤه أنه لايمكن استخدامه خلال أثناء الانجماد، وكذلك الى تجنب وضع واجهة الجهاز التي تحتوي على الانبوب المرن الشفاف امام اشعة الشمس المباشرة وخاصة في فصل الصيف وفي اوقات الظهيرة وقد تم تغليفه لتجنب الضرر. كما يظهر في الشكل (2). توصي الدراسة بالاستمرار في استعمال وتقويم جهاز الاتموميتر وتغطية المحاصيل الاستراتيجية والمحاصيل الاخرى وفي مناطق بيئية واجواء مناخية مختلفتين.



شكل **4:** الانحدار الحاصل في القراءات اليومية لقيم الاستهلاك المائي الكامن المستحصلة من جهاز التبخير الاتموميتر والقيم المحسوبة من معادلة **Penman- Monteith**.



شكل **5**: قيم الخطأ المطلق بين القراءات اليومية لجهاز الاتموميتر والقيم المحسوبة من معادلة بنمان – مونتيث.

المصادر

1- **Alam. M.. and J. Elliott (2003). Validating the use of an atmometer as an irrigation management tool. Paper No: 032142, American Society of Agricultural Engineers, Las Vegas.**
2- **Alam, M. and T.P. Trooien (2001). Estimating reference evapotranspiration with an atmometer. Appl. Eng. Agric., 17(2):153–158.**
3- **Allen, R. G.; I.A. Walter; R. Elliott; T. Howell; D. Itenfisu and M. Jensen (2005). The ASCE standardized reference evapotranspiration Equation. ASCE, Environmental and Water Resources Institute of ASCE.**
4- **Allen, R.G.; L.S. Pereira; D. Raesand M. Smith (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome.**
5- **Allen, R.G. (1996). Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 122 (2): 97–106**

6- Altenhofen, J. (1992). ETgage: A field device for simulating ET. Proceeding of Irrigation Association Conference, Irrigation Association, Fairfax, Va.
7- Blanco, F. F. and M. V. Folegatti (2004). Evaluation of evaporation measuring equipment for estimating evapotranspiration within a greenhouse. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental, 8:184-188
8- Gavilan, P. and F. Castillo (2009). Estimating reference evapotranspiration with Atmometers in a semiarid environment. Agricultural Water Management, 96: 465-472.
9- Irmak, S.; M. D. Dukes, and J. M. Jacobs (2005). Using modified Bellani plate evapotranspiration gauges to estimate short canopy reference evapotranspiration.Journal Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 131(2):164–175.
10- Magliulo, V.; R. d'Andria and G. Rana (2003). Use of the modified atmometer to estimate reference evapotranspiration in Mediterranean environments. Agriculture Water Management, 63:1–14.
11- Pielke, R.A.; T. Stohlgren; W. Parton; N. I. J. Doesken and L. Schell (2000). Spatial representativeness of temperature measurements from a single site. Bulletin American Meteorological Society, AMS, 81(4):826–830.
12- Strangeways, I. (2001).Back to basics: the meteorological enclosure. Part 7, Evaporation. Weather, 56:419–427.

COMPARING THE PERFORMANCE OF THE ATMOMETER WITH PENMAN – MONTEITH EQUATION TO ESTIMATE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION

E. F. Hakmit **S. A. Dawood**

ABSTRACT

In this paper value of reference evapotranspiration calculated from the atmometer was compared with the FAO-56, Penman – Monteith equation. Fodder Maize (*Zea maize*) was used in the summer agricultural seasons of 2013. Error analysis and statistical methods were used for the comparison of the daily reference evapotranspiration. It was found that for the months May, June and July 2013 the relative errors were: 6.9%, 4.24% and 5.7%, respectively which are significant. While the root means square difference for May, June and July were: 0.41, 0.35 and 0.31 (mm/day), respectively. On the other hand the mean absolute errors were: 0.46, 0.33 and 0.38 (mm/day), respectively, which are good values and acceptable results. Moreover, the correlation of determination (R^2) for all the months of the study was 0.971. The result of Chi square (goodness of fit) shows that the distribution was 99.5% which is significant. The percentages and values from the analysis show that it can be used the daily or weekly readings from the atmometer for estimating reference evapotranspiration. Moreover, the atmometer is easy in installation, and inexpensive.

Part of M.Sc. thesis for the first author.
College Engineering - Baghdad Univ. - Baghdad, Iraq.