

التباين المكاني في قيم الضياع المائي بوساطة عملية التبخر/ النتح الممكن في العراق - دراسة نقدية مقارنة لاستخدام معادلتَي ثورنثويت وخوسلا-

أ.م.د. طه رؤوف شير محمد(*)

جامعة بغداد - كلية التربية للبنات - قسم الجغرافية

الخلاصة :

يستخدم مصطلح التبخر/ النتح (Evapotranspiration) بكثرة في مجال المناخ الزراعي للتعبير عن مجمل المياه التي تتبخر من التربة ومن الرطوبة المتوفرة في البيئة، او من جراء عمليات النتح. ان للتبخر (Evaporation) حضور بارز في الدورة الهيدرولوجية (Hydrological cycle) او التوازن المائي (Water balance) على اعتبار ان عملية التبخر تعاكس التساقط وتؤدي الى ضياع المياه من السطوح المائية واليابسة على حد سواء، وتترك تأثيرات سلبية على واقع العملية الزراعية خاصة في الاقاليم الجافة وشبه الجافة (Arid and Semi-Arid Zones). أما النتح (Transpiration)، فعبارة عن انتقال الماء في النباتات الحية وخاصة عن طريق مسام او ثغور الاوراق لتتحول الى الجو بصورة مستمرة.

يركز هذا البحث على دراسة قياس التبخر/ النتح الممكن في خمسة عشر محطة مناخية تتوزع في ارجاء مختلفة من العراق من اقصى الشمال الى الجنوب ومن الشرق الى الغرب، وذلك باستخدام معادلتين هما: معادلة خوسلا (Khosla equation) ومعادلة ثورنثويت (Thornthwaite equation) يتم بعدها مقارنة بين نتائج المعادلتين وتفسير الاختلافات الشهرية والسنوية. يهتم البحث بالكشف عن درجة التطابق او التباين بين المعادلتين، كما يهتم باظهار الاختلافات بين المحطات المناخية واسباب ذلك. تم اعتماد دورة مناخية كاملة (٣٠ سنة) مع اجراء مقارنة مع دراسة سابقة حول هذا الموضوع كان قد استخدم مقياس خوسلا فقط.

المقدمة:

(*) قسم الجغرافية- كلية التربية للبنات - جامعة بغداد

ل والجريان الخارج في المساحات الكبيرة (Inflow-Outflow). تطورت هذه الدراسات بمرور الزمن وبدأت تتحوّل منحنياً جديداً، وأصبحت تعتمد جميع المقاييس العالمية والمعادلات الرقمية في إجراءها (الدخيلي، 1974، ص 19).

فدراسة (الشلش، 1976، ص 60-81) أظهرت بأن الاعتماد على كمية المطر السنوية لا تعكس الحالة الواقعية للظروف المناخية وما يجب ان تكون عليه الزراعة ديمية ام مروية، وذلك لأن عامل الترابط الواقعي والحقيقي بين تواجد نوع معين من الزراعة والأمطار هو ليس كميتها السنوية وإنما قيمتها الفعلية، أي كفاية ما يتبقى من مياه الأمطار في التربة بعد طرح ما يضيع منها بواسطة عملية التبخر والنتح. وفي دراسة أخرى له (الشلش، 1979، ص 23-64)، أكد على وجود تباين مكاني في الموازنة المائية بين أجزاء العراق المختلفة في ضوء تباين كميات الأمطار السنوية والشهرية، وتباين آخر في مقادير التبخر/النتح في (31) محطة مناخية في أرجاء مختلفة من القطر. وتوصل بالنتيجة إلى وجود مستويات مختلفة من العجز والفائض المائي حسب مواقع المحطات.

ومن الباحثين الآخرين الذين درسوا القيمة الفعلية للأمطار في القطر وأكدوا على علاقتها بالتبخر/النتح هو (القصاب، 1985)، ففي بحثه هذا حاول تحديد اقاليم الزراعة المطرية للقطر اعتماداً على القيمة الفعلية للمطر، فتوصل إلى وجود ثلاثة اقاليم لزراعة الحنطة والشعير. أما (البياتي، 1985) فقد تناول في رسالته هذه مناخ محافظات العراق الحدودية الشرقية والعوامل المؤثرة فيه، كما استخرج الموازنة المائية المناخية اعتماداً على كميات الأمطار والتبخر/النتح في ست محافظات حدودية. ولحساب التبخر/النتح الممكن وبالتالي الموازنة المائية المناخية في العراق، اعتمد (الضاحي، 1986) في رسالته على معادلتَي خوسلا وايفانوف. وعلى نفس المنوال بين كل من (جواد، 1986) و (الأموي، 1991) ان القيمة الفعلية للأمطار تتأثر مباشرةً بمقدار ما يفقد بواسطة التبخر/النتح وهذا الأمر ينعكس بالنتيجة على كميات المياه المتوفرة لاستهلاك محصولي القمح والشعير وتحديد أماكن زراعتهما.

وتوصل (حنتوش، 1993) إلى طريقة لتقسيم القطر بإجراء تحويل في معادلة بنمان (Penman) لقياس التبخر/النتح الممكن اعتماداً على توازن الطاقة وديناميكية الهواء، ومن ثم مقارنته بالقيم الشهرية للتبخر المقاس. أما في رسالة الدكتوراه لـ (الموسوي، 1996) فقد بين الباحث أثر العناصر المناخية على التبخر/النتح لغرض التوصل إلى تحديد طرائق الأرواء المناسبة في القطر الذي قسمه إلى ثلاثة اقاليم اروائية، هي: اقليم العجز المائي الدائم و اقليم العجز المائي الفصلي و اقليم الفائض المائي. بينما حدد (السامرائي، 1999) اقاليم القطر باقليمين مناخيين فقط هما اقليم الجفاف الفصلي و اقليم الجفاف الدائم، وذلك بعد استخراج الموازنة المائية المناخية للقطر أيضاً. كما اتبعه ببحث آخر (السامرائي، 2000) في محاولة لتقييم طرائق احتساب الموازنة المائية المناخية والحاجات الاروائية في البحوث الجغرافية، مع

اعتماد طريقة جديدة لحساب التبخر / النتج الحقيقي في البحوث التطبيقية عندما يعرف معامل المحاصيل الزراعية. واخيراً فأن رسالة (الجبوري، 2002) خصص لدراسة الموازنة المائية المناخية للمنطقة المتموجة في العراق، وطبق فيها نماذج لستة معادلات عالمية في محاولة لتقييم واختبار انساب معادلات التبخر / النتج الممكن لمنطقة الدراسة.

أما مشكلة البحث الحالي، والذي هو بمثابة محاولة للخوض في مثل هذه الدراسات وتطبيق بعض مقاييسها لحساب التبخر / النتج الممكن في (15) محطة مناخية في العراق (انظر الشكل رقم 1)، فلها ما يبررها رغم تعدد البحوث التي حامت حول هذا الموضوع، وهي: المقارنة بين نتائج معادلاتي ثورنثويت وخوسلا لاطهار التباين المكاني في قيم الضياع المائي بوساطة التبخر / النتج الممكن كل ذلك لغرض اختبار التوقعات والفرضيات التي تم طرحها في احد اشهر البحوث في هذا المجال، الا وهو (الشلس، 1979، ص 23-64)، حيث اشار الباحث في مجمل حديثه عن كيفية تحقيق الاهداف الثلاثة لدراسته الى ان:

"طريقة ثورنثويت في حساب الضياع المائي بواسطة التبخر / النتج تعتبر من اكثر الطرق شيوعاً" (ص 25)، الا انه عدل عن استخدامها لسببين هما:

1. " ان تطبيقها على عدد كثير من المحطات المناخية كالعديد الذي استخدم في هذا البحث لايتطلب جهداً كبيراً ووقتاً طويلاً فحسب وانما يتطلب معرفة واسعة بعلم الجبر والرياضيات العالية.

2. وجود طريقة ابسط منها، وهي طريقة خوسلا (Khosla) التي تعطي نتائج متطابقة تمام الانطباق مع تلك التي توصل اليها ثورنثويت باستخدامه لمعادلته الصعبة المعقدة وحساباته الدقيقة." (ص 26)

كما انه يعود ثانية وفي نفس الصفحة لكي يؤكد هذا الاعتقاد عند الكلام عن تطبيق معادلة خوسلا:

"ولسهولة تطبيق هذه المعادلة ولتطابق نتائجها مع نتائج معادلات ثورنثويت، اشهر عالم مناخي في هذا الحقل من الدراسات المناخية، فقد استخدمنا طريقة خوسلا واتخذنا من نتائج معادلته اعلاه اساساً لحساب الضياع المائي الشهري والسنوي ومقدار الزيادة والنقصان في التوازن المائي في العراق." (ص ٢٦)

المعدل السنوي لكمية التبخر "مليميتر" للفترة (١٩٧١-١٩٨٠)

Mean annual amount of evaporation (mm) period (1971-1980)



شكل رقم (1): خارطة العراق تظهر عليها مواقع المحطات المناخية قيد الدراسة اضافة الى بعض المحطات الاخرى، كما يظهر في الشكل المعدل السنوي لكميات التبخر (ملم) المقاسة من قبل هذه المحطات بواسطة احواض التبخر نوع (Pan-A).

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية والرصد الزلزالي، اطلس مناخ العراق، 1989، ص 91

لهذا يهدف البحث الحالي الى:

- (1) تطبيق معادلة ثورنثويت بعد ان تطورت وتوفرت الوسائل واجهزة الكمبيوتر اكثر من ذي قبل مما يسهل معه تحليل بيانات (15) محطة مناخية وردت جميعها في البحث اعلاه.
 - (2) اختبار مدى تطابق نتائج طريقة خوسلا مع نتائج طريقة ثورنثويت "تمام الانطباق" في حساب التبخر/ النتح الممكن كما توقع (الشلس، 1979، ص 26).
- هذا، ومن الضروري الاشارة الى ثلاثة امور مهمة:

(1) بما ان الباحث المقصود لم يشر في دراسته الى السنوات التي اعتمدها عند عرض بياناته، والتي تكون في الغالب ثلاثين عاماً (دورة مناخية كاملة) كما انه لم يعرض جدولاً خاصاً بمعدلات درجات الحرارة للمحطات المناخية قيد الدراسة بل اكتفى بعرض النتائج مباشرة، لذا لا بد من اعتماد بيانات مختلفة وحديثة عند تطبيق معادلتى ثورنثويت وخوسلا، آخذين بنظر الاعتبار التوقع المسبق بعدم احتمال تطابق نتائج معادلة خوسلا في هذه الحالة مع تلك المحسوبة من قبل الباحث المقصود على اعتبار انها تمثل فترة زمنية مختلفة غير تلك المستخدمة من قبله، الا انها في جميع الاحوال سوف تأتي متقاربة معها بسبب ان التغيرات المناخية (Climatic change) لنفس المحطات لاياتي بشكل مفاجيء وسريع.

(2) من البديهي لغرض تحقيق الهدف الثاني من البحث الحالي ان يتم المقارنة بين نتائج معادلتى ثورنثويت وخوسلا المحسوبة في هذا البحث، أي ان لا تكون المقارنة بين نتائج معادلة ثورنثويت الحالي مع نتائج معادلة خوسلا المحسوبة من قبل (الشلس، 1979) على اعتبار ان البيانات المعتمدة مختلفة بين الباحثين، كما ذكر في التسلسل (1) اعلاه.

(3) بما ان البحث الحالي يتحدد بموضوع التبخر/ النتح الممكن لذا تنتفي الحاجة الى ادخال كميات الامطار في الحسابات، بينما يكون ادخالها ضرورياً عندما يتعلق الامر بقياس الموازنة المائية المناخية، كما هو الحال في البحث المقصود.

2. حساب الضياع المائي بوساطة التبخر/ النتح الممكن:

1.2 طريقة خوسلا (Khosla Method):

في عام 1949 استطاع خوسلا صياغة معادلة بسيطة لحساب الضياع المائي الشهري والسنوي عن طريق التبخر/ النتح الممكن، وهي كما ذكرها (Walton, 1969, p13):

$$\text{حيث ان: } Lm = \frac{Tm - 32}{9.5}$$

Lm = مقدار الضياع المائي الشهري الممكن (بالبوصة)

Tm = متوسط درجة الحرارة الشهرية (بالفهرنهايتية)

ولتطبيق المعادلة يستلزم تحويل المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة من المقياس المئوي الى الفهرنهايتي، ثم تحويل النتائج المستحصلة من المعادلة، والتي تمثل كمية الضياع المائي (التبخر/ النتح الممكن) من البوصة الى ما يعادلها بالمليمترات وذلك بضربها في (25.4)^(*)

2.2 طريقة ثورنثوايت (Thornthwaite Method)

اعتمد ثورنثوايت، وهو جغرافي متميز ومختص بالمناخ (Climatologist)، في الفترة ما بين (1944-1954) على عدد من القوانين التجريبية المشتقة من القياسات الفعلية لكمية التبخر/ النتح الممكن من الاراضي المزروعة بالمحاصيل الزراعية في ارجاء مختلفة من الولايات المتحدة والمكسيك باستخدام جهاز يسمى مقياس التسرب (Lysimeter). ولكون الطرق التجريبية كانت تستغرق وقتاً وجهداً كبيرين، لجأ أخيراً الى صياغة معادلة حسابية لاحتياج الى اكثر من معرفة درجات الحرارة المسجلة في المحطة المناخية ودائرة العرض التي تقع عليها المحطة.

(*) فمثلاً لمعرفة التبخر/ النتح الممكن (بالملم) عند درجة حرارة يبلغ معدلها الشهري 25°م بتطبيق قانون خوسلا بالتفصيل

$$\text{يجب: (1) التحويل الى الدرجات الفهرنهايتية: } (25 \times \frac{9}{5}) + 32 = 77$$

$$\text{(2) تطبيق المعادلة: بوصة } Lm = \frac{77 - 32}{9.5} = 4.737$$

$$\text{(3) التحويل الى المليمترات: ملم } 4.737 \times 25.4 = 120.3$$

الا انه من الملاحظ امكانية اختصار هذه المعادلة ذات المراحل الثلاث اعلاه بالشكل التالي:

$$Lm (\text{ملم}) = C^0 \times x \frac{\frac{9}{5} + 32 - 32}{9.5} \times 25.4 = C^0 \times x \frac{1.8}{9.5} \times 25.4$$

$$Lm (\text{ملم}) = C^0 \times 0.1895 \times 25.4 = C^0 \times 4.81263$$

أي يمكن الحصول على نتيجة التبخر/ النتح الممكن (بالمليمتر) مباشرة بضرب متوسط درجة الحرارة الشهرية (بالدرجات المئوية) $\times 4.81263$ دون الحاجة الى المعادلة والتحويلات من المئوي الى الفهرنهايتي ومن البوصة الى المليمتر. ففي المثال اعلاه يمكن التوصل الى نفس النتيجة بخطوة واحدة فقط: ملم $25 \times 4.81263 = 120.3$

وتعد معادلة ثورنثويت (المذكورة ادناه) من اكثر المعادلات دقة في التعبير عن رطوبة التربة، خصوصاً بعد ان وضع جدولاً دقيقاً يوضح فيه تفاعل الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في حساب عناصر معادلته مما سهل معه تقسيم مناخ العالم الى اقاليم جغرافية (الراوي، 1990، ص 105):

$$\text{حيث ان: } ETO = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a (*)$$

$$ETO = \text{كمية التبخر/ النتج الممكن (ملم/شهر)}$$

$$T = \text{معدل درجات الحرارة (م°)}$$

$$I = \text{قرينة درجة الحرارة، وتتكون من مجموع اثني عشر قرينة شهرية (i)، أي ان } I = \sum i$$

$$a = \text{دالة القرينة الحرارية، وتحسب وفق المعادلة التالية:}$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.792 \times 10^{-2} I + 0.49239$$

كما يمكن استخراج قيمة (a) من جداول خاصة، يتم بعدها حساب المعادلة واستخراج اقيام النتائج ثم تعديلها في ضوء جداول مرتبة استناداً الى دوائر العرض واعتماداً على نسبة الاشعاع الشمسي (N)، حيث تضرب قيمة التبخر (E) في نسبة الاشعاع الشمسي (N)، لكل شهر للحصول على قيمة (E)* المعدلة (Chorley, 1969, p.176).

3. المعدلات الشهرية والسنوية للتبخر/ النتج الممكن في العراق: 1.3 المعدلات الناتجة بتطبيق معادلة خوسلا:

يشير الجدول رقم (1) الى نتائج تطبيق معادلة خوسلا على (15) محطة مناخية تنتشر في ارجاء القطر من شمالها الى جنوبها ومن شرقها الى غربها، ويتبين منه وجود علاقة طردية قوية بين معدلات درجات الحرارة الشهرية والسنوية للمحطات واقيام التبخر/ النتج الممكن المحسوبة في ضوء

(*) لم ترد المعادلة بهذه الصيغة في دراسة (الشلش، 1979، ص 25) بل وردت بالصورة التالية:

$$\frac{P}{E} = \sum^{12} 115 \left(\frac{P}{T - 10} \right)^{10} \% \text{ وكانت وحدات المطر بالبوصة ودرجات الحرارة بالفهرنهايتية:}$$

ويلاحظ هنا بانه تم الاعتماد في كتابة المعادلة اعلاه على مصدر قديم: (Bernhard, 1944, p. 131) أي قبل ان يشتق ثورنثويت معادلته في عام 1948 ثم يعدلها في عام 1955، مما يظهر معه بأنها لم تكن اصلاً المعادلة المصممة لقياس التبخر/ النتج الممكن، بل يظهر ان المصدر كان يشير سهواً الى معادلة ثورنثويت المعروفة (عام 1931) للتصنيف المناخي في ضوء عمليات التساقط ومعدلات درجات الحرارة وتأثيرها على الغطاء النباتي، والذي يتم بعدها اعتماد جدول خاص للتصنيف الى: مناطق رطبة جداً (قيمة P/E = 128 ونوع الغطاء النباتي الطبيعي هو غابات رطبة)، (64-127 غابات مطرية)، شبه رطبة (32-63 حشائش)، شبه جافة (16-31 حشائش الاستبس أي السهوب)، جافة (اقل من 16 النباتات الصحراوية). للمزيد انظر (الصراف، 1980، ص 243).

المعادلة المذكورة. ولو لجأنا الى استخراج معامل الارتباط بين هذين المتغيرين لوجدنا حتماً وجود ارتباط تام بينهما مقداره (1)، وذلك لان معادلة خوسلا تعتمد في حساب التبخر/ النتح الممكن على عنصر مناخي واحد فقط هو معدل درجة الحرارة، لذا فان قيمة التبخر/ النتح ترتفع بارتفاع درجات الحرارة وتتنخفض بانخفاضها.

ويمكن ملاحظة هذه الحقيقة في الجدول رقم (1)، حيث تتراوح قيم التبخر/ النتح الممكن بين حدها الادنى (22.1) ملم في شهر كانون الثاني في محطة السليمانية حيث يبلغ معدل درجات الحرارة (4.6)م°، وحدها الاعلى (176.6) ملم في شهر تموز في محطة الناصرية حيث يصل معدل درجات الحرارة الى (36.7)م°. اما المجاميع السنوية لقيم التبخر/ النتح الممكن فتتراوح بين حديها الادنى والاعلى وهي (1062-1459) ملم لمحطتي السليمانية والبصرة على التوالي، وبفارق يقارب (400)ملم. علماً بأن المعدلات السنوية لدرجات الحرارة تتراوح هي ايضاً بين ادنى معدل في محطة السليمانية (18.4)م° واعلى معدل في محطة البصرة (25.3)م°.

أما المحطات التي اظهرت نتائج متقاربة بسبب تقارب المعدلات الحرارية بينها، فهي: محطة زاخو مع محطة الرطبة (1123.5, 1129 ملم على التوالي)، محطتي كركوك وخانقين (1285, 1277.3 ملم على التوالي)، المحطات الثلاث الكوت والنجف والديوانية (1386.9, 1391.9, 1394.2 ملم على التوالي).

وعند اجراء مقارنة بين نتائج البحث الحالي ونتائج دراسة (الشلش، 1979، ص 58-62)

جدول رقم (1): المعدلات الشهرية والسنوية لقيم التبخر/ النتج الممكن (ملم) وفق معادلة خوسلا في المحطات المناخية قيد الدراسة للفترة (1971-2000)

المحطة	الحرارة/التبخر	ك٢	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	ايلول	ت١
زاخو	الحرارة (م) التبخر/النتج (ملم)	6.8 32.7	7.7 37.1	11.9 57.3	17.8 85.7	23.1 111.2	29.6 142.5	33.7 162.2	32.7 157.4	28.8 138.6	19.4 93.4
السليمانية	الحرارة (م) التبخر/النتج (ملم)	4.6 22.1	6.1 29.4	10.3 49.6	16.1 77.5	22.1 106.4	28.6 137.6	32.8 157.9	31.9 153.5	28.0 134.8	20.9 100.9
أربيل	الحرارة (م) التبخر/النتج (ملم)	7.5 36.1	7.9 38.1	12.0 57.8	16.9 81.3	25.9 124.6	30.2 145.3	33.9 163.1	32.1 154.5	29.3 141.0	22.1 106.4
الموصل	الحرارة (م) التبخر/النتج (ملم)	6.4 30.8	8.6 41.4	12.3 59.2	17.9 86.1	25.1 120.8	30.8 148.2	34.1 164.1	33.3 160.3	28.3 136.2	21.2 102.0
كركوك	الحرارة (م) التبخر/النتج (ملم)	8.8 42.4	10.4 50.1	14.2 68.3	20.1 96.7	27.1 130.4	32.6 156.9	34.9 168.0	34.6 166.5	31.2 150.2	24.6 118.4
خانقين	الحرارة (م) التبخر/النتج (ملم)	9.1 43.8	10.9 52.5	15.1 72.7	20.8 100.1	27.6 132.8	32.4 155.9	35.4 170.4	34.1 164.1	30.2 145.3	24.6 118.4
الربطبة	الحرارة (م) التبخر/النتج (ملم)	7.1 34.2	9.2 44.3	12.9 62.1	19.0 91.4	24.5 117.9	28.6 137.6	31.1 149.7	30.7 147.7	27.6 132.8	21.5 103.5
الرمادي	الحرارة (م) التبخر/النتج (ملم)	8.9 42.8	11.1 53.4	15.2 73.2	20.3 97.7	27.2 130.9	31.3 150.6	33.6 161.7	32.4 155.9	29.1 140.0	23.3 112.1
بغداد	الحرارة (م) التبخر/النتج (ملم)	9.2 44.3	11.6 55.8	15.5 74.6	22.5 108.3	28.4 136.7	32.3 155.4	34.7 167.0	33.8 162.7	30.1 144.9	23.8 114.5

تابع للجدول رقم (1): المعدلات الشهرية والسنوية لقيم التبخر/ النتج الممكن (ملم) وفق معادلة خوسلا في المحطات المناخية قيد الدراسة للفترة (1971-2000)

المحطة	الحرارة/التبخّر	ك٢	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	ايلول
الكوت	الحرارة (م) (*) التبخّر/النتج (لم) (**)	10.8 52.0	12.8 61.6	17.0 81.8	23.9 115.0	30.6 147.3	34.7 167.0	36.5 175.7	35.1 168.9	1.6 52.1
الحلة	الحرارة (م) (*) التبخّر/النتج (لم)	10.0 48.1	12.3 59.2	16.5 79.4	23.1 111.2	28.9 139.1	32.7 157.4	34.8 167.5	34.1 164.1	0.7 47.7
النجف	الحرارة (م) (*) التبخّر/النتج (لم)	10.4 50.1	13.0 62.6	17.4 83.7	24.0 115.5	30.1 144.9	34.3 165.1	36.6 176.1	35.8 172.3	2.0 54.0
الديوانية	الحرارة (م) (*) التبخّر/النتج (لم)	10.8 52.0	13.2 63.5	17.6 84.7	24.4 117.4	30.0 144.4	33.8 162.7	35.5 170.8	34.9 168.0	1.8 53.0
الناصرية	الحرارة (م) (*) التبخّر/النتج (لم)	11.6 55.8	14.1 67.8	18.7 90.0	24.9 119.8	30.6 147.3	34.4 165.6	36.7 176.6	36.2 174.2	2.2 55.0
البصرة	الحرارة (م) (*) التبخّر/النتج (لم)	12.2 58.7	14.5 69.8	19.0 91.4	25.5 122.7	31.5 151.6	34.9 168.0	36.5 175.7	35.9 172.8	2.9 58.3

ملاحظة: تم معالجة التسجيلات المفقودة لدى الهيئة العامة للأنواء الجوية لبعض السنوات احصائياً من

قبل الباحث

(*) الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة.

(**) من عمل الباحث

بخصوص الجامعات السنوية لقيم التبخر/ النتح الممكن (جدول رقم ٢)، يتضح وجود بعض النتائج المتقاربة جداً، مثل محطات الكوت والنجف وكركوك والموصل (بفروقات تتراوح بين ٣.٩- ١٨.٥ ملم فقط)، ونتائج أخرى متقاربة وهي في محطات الرطبة والحلة وبغداد واربيل (بين ٢٤.٣- ٣٩.٩ ملم)، ونتائج أخرى متقاربة نسبياً وهي في السليمانية وخانقين والرمادي والناصرية والديوانية والبصرة (بين ٤٥-٧٢.٨ ملم). هذا، وظهرت محطة زاخو فقط في البحث الحالي اعلى بشكل ملحوظ (١١٢٣.٥ مقابل ٩٥٩.١ ملم)، أي بزيادة مقدارها (١٦٦.٣) ملم، ومع ذلك فهي لا تعتبر فرقاً كبيراً ضمن المقاييس المعروفة للتبخر.

جدول رقم (٢): مقارنة بين نتائج تطبيق معادلة خوسلا في المحطات قيد الدراسة

المحطة	بحث الشلش 1979 ^(*) (ملم)	البحث الحالي ^(**) (ملم)	الفرق (الحالي- السابق) ^(**)
زاخو	٩٥٧.٢	١١٢٣.٥	١٦٦.٣ +
السليمانية	١١٠٧.١	١٠٦٢.١	٤٥.٠ -
اربيل	١١٢٥.٧	١١٦٥.٦	٣٩.٩ +
الموصل	١١٣٣.١	١١٥١.٦	١٨.٥ +
كركوك	١٢٦٤.٩	١٢٧٧.٣	١٢.٤ +
خانقين	١٣٣٥.٥	١٢٨٥.٠	٥٠.٥ -
الرطبة	١١٠٤.٧	١١٢٩.٠	٢٤.٣ +
الرمادي	١٣٠٤.٦	١٢٤٩.١	٥٥.٥ -
بغداد	١٣٢٠.٦	١٢٩٢.٧	٢٧.٩ -
الكوت	١٣٩٠.٣	١٣٩٤.٢	٣.٩ +
الحلة	١٣٠٤.٧	١٣٣٢.٢	٢٧.٥ +
النجف	١٣٨٤.٨	١٣٩١.٩	٧.١ +
الديوانية	١٣٢٢.٨	١٣٨٦.٩	٦٤.١ +
الناصرية	١٣٨٣.٠	١٤٣٦.١	٥٣.١ +
البصرة	١٣٨٦.٣	١٤٥٩.١	٧٢.٨ +

(*) الشلش، ١٩٧٩، ص ٥٨-٦٢.

(**) من عمل الباحث

المعدلات الناتجة بتطبيق معادلة ثورنثويت:

في الجدول رقم (٣) تم حساب معدلات التبخر/ النتح الممكن للمحطات الخمسة عشر بتطبيق معادلة ثورنثويت أولاً، ثم أجرى تعديل على النتائج بضربها في نسبة الاشعاع الشمسي لكل شهر (N)، وذلك للحصول على القيمة المعدلة (E^*). وسوف يتم التركيز على النتائج الاخيرة (المعدلة) فقط في تحليل الارقام الناتجة، وذلك بعد الاشارة الى الملاحظة التالية:

يلاحظ بأن جميع قيم التبخر/ النتح الممكن للشهر كانون الثاني وشباط وتشرين الاول وتشرين الثاني وكانون الاول في كل المحطات المناخية في القطر تنخفض عند تعديلها الى (E^*) على اعتبار ان الارقام الخاصة بنسب الاشعاع الشمسي لهذه الاشهر (N) تكون اقل من الـ (١) الصحيح، بينما يحصل العكس في باقي اشهر السنة لكون النسب اكثر من (١) الصحيح. ويبلغ اكبر تأثير لدور (N) في خفض قيم (E) في شهر كانون الاول عندما تكون اشعة الشمس عمودية على مدار الجدي حيث يتحقق في النصف الشمالي اطول ليل واقصر نهار، بينما يبلغ اكبر تأثير له في رفع قيمة (E) في شهر حزيران عندما تكون الاشعة عمودية على مدار السرطان فيتحقق اطول نهار في نصف الكرة الشمالي.

ومن خلال معطيات الجدول يمكن ملاحظة ادنى قيمة للتبخر/ النتح الممكن (٣ ملم فقط) قد سجل في شهر كانون الثاني في محطة السليمانية، اما اعلى قيمة له ففي شهر تموز (٥٠٠.٩ ملم) في محطة البصرة. وبالفعل فإن محطة السليمانية سجلت اقل مجموع سنوي لهذا المقياس من بين المحطات الـ (١٥) قيد الدراسة ومقداره (١١٢٧.٧) ملم، بينما سجلت محطة البصرة الرقم الاعلى ومقداره (٢٣٦٠.٢) ملم.

وعلى العموم فإن حقيقة كون قيمة التبخر/ النتح الممكن اقل ما يمكن في شهر كانون الثاني واعلى ما يمكن في شهر تموز تظهر جلياً في جميع المحطات قيد الدراسة دون استثناء. وان الامر الاخير، أي واقع ما يحصل في شهر تموز، مضافاً اليه على الاقل التبخر/ النتح الممكن في شهرين آخرين هما شهر حزيران وشهر آب يشكل بمجموعها الوزن الاكبر من مجموع التبخر/ النتح الممكن السنوي. ويمكن توضيح ذلك حسابياً فيما يأتي:

جدول رقم (٣): المعدلات الشهرية والسنوية لقيم التبخر/ النتج الممكن (مم) وفق معادلة

ثورثويت في منطقة الدراسة (1971-2000)

المحطة	المتغير	ك٢	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	ايلول
٦٠٥	E (مم)	٦.٣	٨.٣	٢٢.٣	٥٥.٣	٩٩.٦	١٧٤.٣	٢٣٣.٧	٢١٨.٣	١٦٣.٩
زاخو	N	٠.٨٦	٠.٨٤	١.٠٣	١.١٠	١.٢٢	١.٢٣	١.٢٥	١.١٧	١.٠٣
37 ⁰ 13 ⁻	E* (مم)	٥.٤	٧.٠	٢٣.٠	٦٠.٨	١٢١.٥	٢١٤.٤	٢٩٢.١	٢٥٥.٤	١٦٨.٨
٦٢٣	E (مم)	٣.٤	٦.١	١٨.٥	٤٧.١	٩١.٦	١٥٧.٤	٢١٠.٠	١٩٨.٠	١٥٠.٦
السليمانية	N	٠.٨٨	٠.٨٥	١.٠٣	١.٠٩	١.٢٠	١.٢٠	١.٢٢	١.١٦	١.٠٣
35 ⁰ .55 ⁻	E* (مم)	٣.٠	٥.٢	١٩.١	٥١.٣	١٠٩.٩	١٨٨.٩	٢٥٦.٢	٢٢٩.٧	١٥٥.١
٦١٦ اربيل	E (مم)	٦.٧	٧.٦	٢٠.٦	٤٦.٥	١٢٨.٥	١٨٥.١	٢٤٣.٧	٢١٤.١	١٧٢.٣
	N	٠.٨٧	٠.٨٥	١.٠٣	١.١٠	١.٢١	١.٢٢	١.٢٤	١.١٦	١.٠٣
36 ⁰ .11 ⁻	E* (مم)	٥.٨	٦.٥	٢١.٢	٥١.٢	١٥٥.٥	٢٢٥.٨	٣٠٢.٢	٢٤٨.٤	١٧٧.٥
٦٠٨	E (مم)	٤.٨	٩.٦	٢٢.٣	٥٤.٠	١١٩.٦	١٩٣.٦	٢٤٦.٠	٢٣٢.٦	١٥٨.٦
الموصل	N	٠.٨٧	٠.٨٥	١.٠٣	١.١٠	١.٢١	١.٢٢	١.٢٤	١.١٦	١.٠٣
36 ⁰ .32 ⁻	E* (مم)	٤.٢	٨.٢	٢٣.٠	٥٩.٤	١٤٤.٧	٢٣٦.٢	٣٠٥.٠	٢٦٩.٨	١٦٣.٤
٦٢١	E (مم)	٦.٤	١٠.٢	٢٤.١	٦٣.١	١٤٤.٤	٢٤١.٠	٢٩١.١	٢٨٤.٢	٢١٣.٤
كركوك	N	٠.٨٧	٠.٨٥	١.٠٣	١.٠٩	١.٢١	١.٢١	١.٢٣	١.١٦	١.٠٣
35 ⁰ .47 ⁻	E* (مم)	٥.٦	٨.٧	٢٤.٨	٦٨.٨	١٧٤.٧	٢٩١.٦	٣٥٨.١	٣٢٩.٧	٢١٩.٨
٦٣٧	E (مم)	٦.٩	١١.٤	٢٨.٣	٦٩.١	١٥٢.١	٢٣٧.٧	٣٠٤.٢	٢٧٤.١	١٩٥.٤
خانتقين	N	٠.٨٨	٠.٨٥	١.٠٣	١.٠٩	١.٢٠	١.٢٠	١.٢٢	١.١٦	١.٠٣
34 ⁰ .30 ⁻	E* (مم)	٦.١	٩.٧	٢٩.١	٧٥.٣	١٨٢.٥	٢٨٥.٢	٣٧١.١	٣١٨.٠	٢٠١.٣
٦٤٢	E (مم)	٧.١	١٢.٧	٢٧.١	٦٤.٤	١١٣.٦	١٦٠.٥	١٩٣.٥	١٨٨.٠	١٤٨.٢
الربطبة	N	٠.٨٨	٠.٨٦	١.٠٣	١.٠٩	١.١٩	١.٢٠	١.٢٢	١.١٥	١.٠٣
33 ⁰ .03 ⁻	E* (مم)	٦.٢	١٠.٩	٢٧.٩	٧٠.٢	١٣٥.٢	١٩٢.٦	٢١٦.٢	٢١٦.١	١٥٢.٦
٦٤٥	E (مم)	٧.٨	١٣.٩	٣١.٦	٦٧.٥	١٤٥.٢	٢٠٩.٨	٢٥٢.٧	٢٢٩.٧	١٧٣.٤
الرمادي	N	٠.٨٨	٠.٨٦	١.٠٣	١.٠٩	١.١٩	١.٢٠	١.٢٢	١.١٥	١.٠٣
33 ⁰ .15 ⁻	E* (مم)	٦.٩	١٢.٠	٣٢.٥	٧٣.٦	١٧٢.٨	٢٥١.٨	٣٠٨.٣	٢٦٤.٢	١٧٨.٦
٦٥٠	E (مم)	٧.٠	١٣.٤	٣٠.١	٨٥.٨	١٦٥.١	٢٣٦.٩	٢٨٩.٧	٢٦٩.١	١٩٤.٣
بغداد	N	٠.٨٨	٠.٨٦	١.٠٣	١.٠٩	١.١٩	١.٢٠	١.٢٢	١.١٥	١.٠٣
33 ⁰ .23 ⁻	E* (مم)	٦.٢	١١.٥	٣١.٠	٩٣.٥	١٩٦.٥	٢٨٤.٣	٣٥٣.٤	٣٠٩.٥	٢٠٠.٢
٦٦٤	E (مم)	٧.٣	١٢.٦	٣١.٩	٩٦.٦	٢١٦.١	٣٢٥.٥	٣٨٣.٧	٣٣٧.٨	٢٣٩.٩
الكويت	N	٠.٨٩	٠.٨٦	١.٠٣	١.٠٨	١.١٩	١.١٩	١.٢١	١.١٥	١.٠٣
32 ⁰ .30 ⁻	E* (مم)	٦.٥	١٠.٨	٣٢.٩	١٠٤.٣	٢٥٧.٢	٣٨٧.٣	٤٦٤.٣	٣٨٨.٥	٢٤٧.١

٢٠٩.٧	٢٨٦.١	٣٠٣.٨	٢٥٢.٧	١٧٥.٤	٩٠.٤	٣٣.٤	١٤.٠	٧.٦	E (ملم)	٦٥٧
١.٠٣	١.١٥	١.٢١	١.١٩	١.١٩	١.٠٨	١.٠٣	٠.٨٦	٠.٨٩	N	الحلة
٢١٦.٠	٣٢٩.٠	٣٦٧.٦	٣٠٠.٧	٢٠٨.٧	٩٧.٦	٣٤.٤	١٢.٠	٦.٨	E* (ملم)	32 ^{0.29} -
٢٤٩.٩	٣٦٠.١	٣٨٦.٩	٣١٣.٣	٢٠٤.٨	٩٨.٠	٣٤.٤	١٣.٣	٦.٤	E (ملم)	٦٧٠
١.٠٣	١.١٥	١.٢١	١.١٩	١.١٩	١.٠٨	١.٠٣	٠.٨٦	٠.٨٩	N	النحف
٢٥٧.٤	٤١٤.١	٤٦٨.١	٣٧٢.٨	٢٤٣.٧	١٠٥.٨	٣٥.٤	١١.٤	٥.٧	E* (ملم)	31 ^{0.98} -
٢٤٢.٩	٣٢٧.٤	٣٤٥.٨	٢٩٥.٤	٢٠١.٥	١٠٣.٨	٣٦.٤	١٤.٥	٧.٦	E (ملم)	٦٧٢
١.٠٣	١.١٥	١.٢١	١.١٩	١.١٩	١.٠٨	١.٠٣	٠.٨٦	٠.٨٩	N	الديوانية
٢٥٠.٢	٣٧٦.٥	٤١٨.٤	٣٥١.٥	٢٣٩.٨	١١٢.١	٣٧.٥	١٢.٥	٦.٨	E* (ملم)	31 ^{0.98} -

المحطة	المتغير	ك	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	ايلول
٦٧٦	E (ملم)	٧.٧	١٥.٢	٤٠.٣	١٠٨.٥	٢٢١.١	٣٣١.٣	٤١٤.٣	٣٩٥.١	٢٦٣.٦
الناصرية	N	٠.٩٠	٠.٨٧	١.٠٣	١.٠٨	١.١٨	١.١٨	١.٢٠	١.١٤	١.٠٣
31 ^{0.08}	E* (ملم)	٦.٩	١٣.٢	٤١.٥	١١٧.٢	٢٦٠.٩	٣٩٠.٩	٤٩٧.٢	٤٥٠.٤	٢٧١.٥
٦٨٩	E (ملم)	٨.٤	١٥.٦	٤١.٤	١١٦.٣	٢٤٧.٠	٣٧٧.٨	٤١٧.٤	٣٩٣.٤	٢٨٨.٣
البصرة	N	٠.٩٠	٠.٨٧	١.٠٣	١.٠٨	١.١٨	١.١٧	١.٢٠	١.١٤	١.٠٣
30 ^{0.57} -	E* (ملم)	٧.٦	١٣.٦	٤٢.٦	١٢٥.٦	٢٩١.٥	٤٤٢.٠	٥٠٠.٩	٤٤٨.٥	٢٩٦.٩

* المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على معدلات درجات الحرارة في الجدول رقم (١)

مجموع قيم التبخر/ النتح الممكن في الاشهر الثلاث لمحطة زاخو ٧٦١.٩ ملم، السليمانية ٦٧٤.٨ ملم، اربيل ٨٠٦.٤ ملم، الموصل ٨١١ ملم، كركوك ٩٧٩.٤ ملم، خانقين ٩٧٤.٣ ملم، الرطبة ٦٤٤.٢ ملم، الرمادي ٨٢٤.٣ ملم، بغداد ٩٤٧.٢ ملم، الكوت ١٢٤٠.١ ملم، الحلة ٩٩٧.٣ ملم، النجف ١٢٥٥ ملم، الديوانية ١١٤٦.٤ ملم، الناصرية ١٣٣٨.٥ ملم، البصرة ١٣٩١.٤ ملم. اما ما تشكله هذه القيم من مجموع التبخر/ النتح الممكن السنوي كنسبة مئوية، فهي: ٦١.١%، ٥٩.٨%، ٦١.١%، ٦١.٤%، ٥٩.٨%، ٥٥.٣%، ٥٧.٥%، ٥٧.٣%، ٥٨.٤%، ٦٠%، ٥٧.٨%، ٦٠.٤%، ٥٨.١%، ٦٢.٧%، ٥٩.٠% على التوالي. وبهذا فإن اشهر الصيف الثلاث الحارة التي تشهد ارتفاع في درجات الحرارة وزيادة في زاوية سقوط الاشعاع الشمسي، تشكل بمجملها نسبة عالية من مجموع التبخر/ النتح الممكن السنوي تتراوح بين ٥٥.٣-٦٢.٧% في جميع المحطات المناخية قيد الدراسة.

وعند مقارنة نتائج معادلة ثورنثويت (جدول رقم ٣) مع نتائج معادلة خوسلا (جدول رقم ١)، نجد ان هنالك فروقات واضحة ولجميع المحطات قيد الدراسة (انظر جدول رقم ٤). اقل هذه الفروقات يمكن ملاحظتها في محطة الرطبة (٣٨ ملم)، بينما اعلاها في محطة البصرة (٩٠١ ملم). ولايمكن التقليل من اهمية الفروقات الاخرى وخاصة في محطات الناصرية (٧٠٠ ملم)، والنجف (٦٨٥ ملم)، والكوت (٦٧٣ ملم)، الديوانية (٥٨٦ ملم). بينما ظهرت معظم المحطات الاخرى بفروقات تجاوزت (٣٠٠ ملم)، مثل محطة كركوك (٣٦١ ملم)، وخانقين (٣٣٩ ملم)، وبغداد (٣٢٩ ملم)، والحلة (٣٩٣ ملم). وتؤكد هذه النتائج ان حساب معدل التبخر/ النتح الممكن بتطبيق معادلة ثورنثويت للمجاميع السنوية يفوق نظيراتها السنوية بتطبيق معادلة خوسلا ولجميع المحطات المناخية دون استثناء.

جدول رقم (٤): مقارنة بين نتائج تطبيق معادلتى خوسلا وثورنثويت

المحطة	معادلة خوسلا (ملم)	معادلة ثورنثويت (ملم)	الفرق (ملم)
زاخو	١١٢٣.٥	١٢٤٧.٢	١٢٣.٧
السليمانية	١٠٦٢.١	١١٢٧.٧	٦٥.٦
اربيل	١١٦٥.٦	١٣١٩.٢	١٥٣.٦
الموصل	١١٥١.٦	١٣٢١.٥	١٦٩.٩
كركوك	١٢٧٧.٣	١٦٣٨.٥	٣٦١.٢
خانقين	١٢٨٥.٠	١٦٢٤.٣	٣٣٩.٣
الربطبة	١١٢٩.٠	١١٦٧.١	٣٨.١
الرمادي	١٢٤٩.١	١٤٣٨.٠	١٨٨.٩
بغداد	١٢٩٢.٧	١٦٢١.٧	٣٢٩.٠
الكوت	١٣٩٤.٢	٢٠٦٧.٠	٦٧٢.٨
الحلة	١٣٣٢.٢	١٧٢٥.١	٣٩٢.٩
النجف	١٣٩١.٩	٢٠٧٦.٧	٦٨٤.٨
الديوانية	١٣٨٦.٩	١٩٧٣.٠	٥٨٦.١
الناصرية	١٤٣٦.١	٢١٣٥.٢	٦٩٩.١
البصرة	١٤٥٩.١	٢٣٦٠.٢	٩٠١.١

المصدر: من عمل الباحث استناداً الى الجدولين (١) و (٣)

الخلاصة والاستنتاجات

يمكن التوصل الى جملة من الاستنتاجات من خلال تحليل البيانات المعروضة في هذا البحث، من اهمها مايلي:

١. تراوحت قيم الفروقات السنوية بين حسابات التبخر/ النتح الممكن بتطبيق معادلة خوسلا في البحث الحالي وتلك التي اجراها (الشلش، ١٩٧٩، ص ٥٨-٦٢) بين طفيفة جداً (٣.٩-١٨.٥ ملم) وهي محطات الكوت والنجف وكركوك والموصل، وطفيفة (٢٤.٣-٣٩.٩ ملم) وهي محطات الرطبة والحلة وبغداد واربييل، ومقاربة نسبياً (٤٥-٧٢.٨ ملم) وهي محطات السليمانية وخانقين والرمادي والناصرية والديوانية والبصرة. أما المحطة الوحيدة التي شذت عن باقي المحطات وظهر فيها فرق يبلغ (١٦٦) ملم فهي محطة زاخو. ويعتبر مثل هذا التقارب في النتائج امر طبيعي بسبب استحالة حصول تغيرات مناخية ملحوظة في الامد القريب، كما تم توقع ذلك مسبقاً في فرضيات البحث.

٢. ان المعدلات السنوية لقيم التبخر/النتح الممكن التي نتجت عند تطبيق معادلة خوسلا تظهر وجود نوع من التقارب بين معظم المحطات المعنية بالدراسة، وهذا يعني بأن هذا المقياس، والذي يعتمد كلياً على درجات الحرارة، يتماشى مع واقع المعدلات السنوية لدرجات الحرارة في القطر، فهي معدلات متقاربة الى حد ما خاصة خلال اشهر الصيف الحارة حزينان وتموز وآب، علماً بأن لهذه الاشهر الثقل الاكبر في تشكيل مقادير التبخر/ النتح الممكن السنوية. وبهذا يلاحظ ان المدى بين اعلى وادنى مقدار للتبخر/ النتح السنوي لا تتجاوز الـ (٤٠٠) ملم (١٤٥٩ ملم في البصرة - ١٠٦٢ في محطة السليمانية).

٣. ظهرت الفروقات بين قيم التبخر/ النتح الممكن في المحطات المناخية قيد الدراسة بشكل اكبر عندما تم تطبيق معادلة ثورنثويت، فمثلاً كان الحد الادنى للمجموع السنوي قد تحقق في محطة السليمانية ومقداره (١١٢٨) ملم، بينما تحقق الحد الاعلى في محطة البصرة ومقداره (٢٣٦٠) ملم، حيث يبلغ الرقم الاخير اكثر من ضعف مقدار الرقم الاول.

٤. في الوقت الذي اظهرت نتائج تطبيق معادلة خوسلا وجود علاقة طردية تامة بين معدلات درجات الحرارة ومقادير التبخر/ النتح المحسوبة (الى الحد الذي لو تم استخراج معامل الارتباط بينهما لكانت قوة الارتباط ١)، فأن معادلة ثورنثويت تشذ بعض الشيء عن هذا المنحى على اعتبار انها لاتعتمد على درجة الحرارة كعنصر مناخي منفرد، كما يظهر ذلك عند التمعن في المعادلة للوهلة الاولى، اما في الحقيقة فانه يتم اخذ تأثير الاشعاع الشمسي بنظر الاعتبار ايضاً (من خلال دائرة العرض) مما يساهم في تغير القيم الناتجة، وحسب السياق التالي: يتسبب انخفاض النسبة الخاصة بالاشعاع الشمسي (عندما تبلغ قيمتها اقل من الواحد الصحيح) في خفض قيم التبخر/ النتح الممكن

في شهر كانون الثاني وشباط وتشرين الاول وتشرين الثاني وكانون الاول، وهي تتزامن مع الفترة التي تكون الشمس في حركتها الظاهرية تمر على نصف الكرة الجنوبي. وبالعكس تتسبب ارتفاع النسبة عن الواحد الصحيح في باقي الأشهر في زيادة كمية التبخر/النتح، وهذه الحالة تتزامن مع مرور الشمس في حركتها الظاهرية في نصف الكرة الشمالي مما يؤدي الى ارتفاع زاوية سقوط الاشعاع.

٥. على عكس ما توقع (الشلش، ١٩٧٩، ص ٢٦) حول حصول تطابق بين طريقة ثورنثويت وطريقة خوسلا "تمام الانطباق" فيما لو استخدمت الطريقة الاولى في دراسة ما، فإن الدراسة الحالية قد كشفت عن وجود فروقات مهمة بينهما تصل لغاية (٩٠٠) ملم، كما هي الحال في محطة البصرة. وعلى العموم، كانت نتائج طريقة ثورنثويت هي الاعلى في جميع المحطات المناخية مقارنة بطريقة خوسلا.

٦. كانت الفروقات المشار اليها في النقطة اعلاه اقل وضوحاً في المحطات المناخية ذات المتوسطات الحرارية السنوية الاقل (كمحطتي السلیمانية وزاخو) مقارنة بتلك ذات المتوسطات الحرارية الاعلى (كمحطتي البصرة والناصرية)، مما يتبين معه انه مع انخفاض المعدلات الحرارية السنوية تنخفض النتائج المستحصلة من تطبيق معادلة ثورنثويت بحيث تقترب نسبياً من نتائج معادلة خوسلا. ويلاحظ في الجدول الاخير (رقم ٤) بأن اقل فرق سجل بين تطبيق المعادلتين كان يخص احدى محطات الجهة الغربية من القطر وهي محطة الرطبة وكان مقداره (٣٨) ملم فقط. وتعليل هذا الامر يعود الى مايلي:

ان دور النسبة الخاصة بالاشعاع الشمسي (N) في رفع قيم التبخر/النتح لاشهر الصيف يكون اكبر من دورها في خفض هذه القيم لاشهر الشتاء، لذا فإن المحصلة تكون بالنتيجة لصالح ارتفاع قيم التبخر/النتح الممكن المعدل (E^*) لجميع المحطات المناخية. ويعود السبب في هذا الى ان معدلات درجات الحرارة في اشهر الصيف تكون اعلى بكثير من المعدلات الشتوية، وهذا يفيد في ابراز دورها وتأثيرها على المجموع السنوي للتبخر خاصة بعد ضربها في النسبة الخاصة بالاشعاع الشمسي ذات القيمة التي تتجاوز الواحد الصحيح. فالاشهر الثلاث حيزران وتموز وآب ساهمت لوحدها بحوالي (٦٠%) من مجموع التبخر/النتح السنوي لمعظم المحطات.

٧. ولتوضيح ما تم التوصل اليه في محطة الرطبة بشكل ادق واكثر، فإن العاملين المدرجين ادناه يقدمان التفسير المطلوب:

أ. كون المعدلات الحرارية لاشهر الثلاث حيزران وتموز وبب (٢٨.٦، ٣١.١، ٣٠.٧)م على التوالي) ادنى من جميع المحطات قيد الدراسة ساهم في خفض المجموع السنوي للتبخر/

النتح عند تطبيق معادلة خوسلا بحيث جعلها ضمن السقف السنوي لمحطات المنطقة الشمالية ذات الدرجات الحرارية الاكثر انخفاضاً خلال اشهر الشتاء.

ب. اثرت طبيعة الاشهر الثلاث ايضاً في خفض الرقم الناتج عند تطبيق معادلة ثورنثويت، بل كان التأثير هنا اعظم مما كان عليه عند تطبيق معادلة خوسلا على اعتبار انها تعمل باتجاه خفض عنصرين مناخين معاً هما درجة الحرارة والاشعاع الشمسي. لذا فان نتيجة هذه المعادلة اقتربت كثيراً من نتيجة معادلة خوسلا.

المصادر:

١. الأموي، فليح حسن، تحديد خط الزراعة الديمية بواسطة القيمة الفعلية للمطر في العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد، ١٩٩١.
٢. البياتي، عدنان هزاع، مناخ محافظات العراق الحدودية الشرقية، رسالة ماجستير (غير منشورة)،

كلية الآداب، جامعة بغداد، ١٩٨٥.

٣. الجبوري، رجاء خليل احمد، الموازنة المائية المناخية للمنطقة المتموجة في العراق -دراسة في المناخ تطبيقي، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، ٢٠٠٢.
٤. جواد، باسمه علي، القيمة الفعلية للامطار واثرها في التباين المكاني لزراعة محصولي القمح والشعير في العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة البصرة، ١٩٨٧.
٥. حنتوش، طاهر حسن، المقارنة بين توزيع المعدلات الشهرية للتبخر المقاس وقيم التبخر-النتح الكامن بواسطة معادلة بنمان المحورة للمناطق المختلفة من القطر، بحث مقدم الى الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية، ١٩٩٣.
٦. الدخيلي، عبد الكريم، دراسة في استغلال الزراعة المطرية والاورائية والحدية في العراق، كراسة مطبوعة بالسنتينسل، مطبعة جامعة الموصل، ١٩٧٤.
٧. الراوي، عادل سعيد، قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، مطابع دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل، ١٩٩٠.
٨. السامرائي، محمد جعفر، بحث التباين المكاني لعناصر المناخ في العراق وتحديد الاقاليم المائية، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد ٤٢، ١٩٩٩.
٩. السامرائي، محمد جعفر، تقييم طرائق احتساب الموازنة المائية المناخية والاحتياجات الاروائية في البحوث الجغرافية، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد ٤٤، ٢٠٠٠.
١٠. السامرائي، ميسرة عدنان عبد الرحمن، التباين المناخي واثره على انتاجية محصولي القرنابيط والبطيخ في العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، ٢٠٠١.
١١. الشلش، علي حسين، القيمة الفعلية للامطار واثرها في تحديد الاقاليم النباتية في العراق، مجلة كلية الآداب، جامعة البصرة، العدد ١، ١٩٧٦.
١٢. الشلش، علي حسين، التباين المكاني للتوازن المائي وعلاقته بالانتاج الزراعي في العراق، مجلة الخليج العربي، مركز دراسات الخليج العربي بجامعة البصرة، المجلد ١١، العدد ١، ١٩٧٩.
١٣. الصراف، صادق جعفر، علم البيئة والمناخ، مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، ١٩٨٠.

- ١٤ . الضاحي، حارث عبد الجبار، الامطار في العراق دراسة في المناخ التطبيقي، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الاسكندرية، ١٩٨٦.
- ١٥ . القصاب، نافع ناصر، اقاليم الزراعة المطرية لمحصولي الحنطة والشعير في العراق في ظل المعايير المناخية، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، المجلد السادس عشر، ١٩٨٥.
- ١٦ . الموسوي، علي صاحب، العلاقات المكانية للعناصر المناخية واثرها في اختيار اسلوب وطريقة الري، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد، ١٩٩٦.
- ١٧ . هلل، دانيال، المدخل الى فيزياء التربة، ترجمة جمال شريف دوغرامه جي، مطابع دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل، ١٩٩٠.
- ١٨ . الهيئة العامة للانواء الجوية والرصد الزلزالي، اطلس مناخ العراق، ١٩٨٩.

19. Bernhard Horwitz & James M. Austin, Climatology, New York, 1944.
20. Chorley, J. Richard, Water, Earth and Man, Methuen and Coled, London, 1969.
21. Walton, K., The Arid Zones, Hutchinson and Son Ltd., London, 1969.

Locational Discrepancy in the Values of the Water Losses by the Potential Evapotranspiration Process in Iraq

- A critical Comparative Study of the Khosla and Thornthwaite Equations-

Abstract :

The term evapotranspiration is widely used in the field of agroclimatology to refer to the amount of the water that evaporates from the soil and from the moisture in the environment, or as a result of the processes of transpiration. Evaporation has a prominent presence in the hydrological cycle or in the water balance, sine the evaporation is regarded as the counter process of fall and it results in the loss of water from water and land surfaces alike. Hence it has negative effects on agriculture, particularly in arid and semi-arid zones. As for transpiration, it is the transmission of water within living plants by means of the perforations on the leaves so that the water is transported to the atmosphere continuously.

The present paper examines potential evapotranspiration values in fifteen climate stations that extend from the northern region of Iraq to the southern part of the country, and from the eastern part to the west. The two equations used to conduct this study are the Khosla Equation and the Thornthwaite Equation. Afterwards, the results of the two equations are compared and the mean of monthly and annual variations are classified. The research aims at detecting the resulting identical or variant degrees in the two equations. It also aims at revealing the differences among the climate zones and the causes of these differences. A full climate cycle of thirty years was adopted for the purposes of the study. Furthermore, a comparative assessment was made with a previous research on this topic, which was confined to the Khosla equation.