

استخدام بعض العوامل المناخية في تقدير النتج _التبخر (المرجعي)

(القسم الأوسط من حوض العاصي)

م. سميرة شعار* أ.د. إيهاب عبد الله**

(الإيداع: 6 إيلول 2021، القبول: 7 آذار 2022)

الملخص:

تؤثر بعض العوامل المناخية وأهمها: الرطوبة ودرجة حرارة الهواء وسرعة الرياح وعدد ساعات السطوع الشمسي في تقدير قيمة النتج - التبخر المرجعي (ETP) وبالتالي على استهلاك النبات من الماء. تم في هذا البحث ربط العوامل المناخية التي لها تأثير على النتج - التبخر، وبالتالي على الاحتياج الفعلي للنبات، وإجراء مقارنة بين النتائج، أخذت المعطيات المناخية من محطة حمص المناخية الواقعة بالقرب من قرية تير معلة على الطريق العام حمص - حماة حوالي 12 كم شمالي مدينة حمص الشكل (3).

تبين من البحث أن لدرجة الحرارة والسطوع الشمسي تأثيرهما الكبير على النتج-التبخر حيث وصل معامل التحديد على الترتيب (85%، 94%)، كما استنتج البحث أن العلاقة بين الرطوبة والتبخر هي علاقة عكسية، حيث كلما ارتفعت قيم الرطوبة قلت قيم النتج -التبخر، بينما كان تأثير الرياح ضعيف على النتج -التبخر، حيث وصل معامل التحديد حتى (21%).

الكلمات المفتاحية: التبخر - عوامل مناخية - الري - الليزومتر.

*طالبة دكتوراه في قسم هندسة وإدارة الموارد المائية- كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث- حمص

** أستاذ في كلية الهندسة المدنية- جامعة البعث- حمص

Using some climatic factors to estimate transpiration–evaporation reference

Samira Shaar* Ihab Abdullah**

(Received: 6 September 2021, Accepted: 7 March 2022)

Abstract:

Some climatic factors, the most important of which are humidity, air temperature, wind speed and the number of hours of sunshine, affect the estimation of the transpiration value – reference evaporation (ETP) and consequently on plant water consumption. In this research, climatic factors that have an effect on evapotranspiration–evapotranspiration have been linked, thus based on the actual need for plants, and a comparison between the result, the climatic data were taken from the Homs station for climatic. It was found from the research that the temperature and solar brightness have a great impact on transpiration –evaporation where the coefficient of determination reached (85%, 94%) respectively. The research also concluded that the relationship between humidity and evaporation is an inverse relationship, as the higher the humidity values, the lower the transpiration –evaporation values while the effect of wind was weak. on transpiration –evaporation, with a limiting coefficient of up to 21%.

Key words: Evapo, climatic data, Irrigation, lizard

*PhD student in the department of Water Resources Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University, Homs.

** Professor, department of Water Resources Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University, Homs

1 – مقدمة:

تشكل الاحتياجات المائية لأغراض الري أكثر من 85% من الاستهلاك المائي العام للكائنات الحية. ومع ازدياد عدد السكان والتوسع بالمساحات الزراعية، ازداد الطلب على المياه، لذلك هناك ضرورة لاستثمار الموارد المائية بالشكل الأمثل، وتحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية دون إسراف، ورفع كفاءة استخدام المياه في الري، الذي سيؤدي إلى استدامة المصادر المائية، التي تعتبر ثروة وطنية هامة.

يعرف التبخر (Evaporation) بأنه تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، ويتم من السطوح الطبيعية مثل الماء المكشوف ومن سطح التربة، ويعرف النتج أو التعرق (Transpiration) بأنه العملية التي يتم فيها تبخر الماء مغادراً جسم النبات و بالتالي يعرف النتج –التبخر (Evapo–Transpiration) بأنه حجم الماء المستعمل من قبل النبتة (ماء التركيب وماء النمو) والماء المتبخر من سطح النبتة، ويحسب من أجل وحدة السطح (mm)، وتتأثر قيمته بعدة عوامل أهمها رطوبة التربة ونوع النبات والعوامل المناخية مثل حرارة الهواء ورطوبة الجو وسرعة الرياح وساعات الاضاءة.

وباستخدام العشب كنبات مرجعي يغطي كامل التربة نحصل على التبخر–النتج (المرجعي) Potential Evapo (Transpiration) بشرط بقاء رطوبة التربة عند حد سعة الاحتفاظ، وعدم وجود مرض في النبات. [1] [7]

إن النتج–التبخر محدد بظواهر فيزيائية جوية وظواهر بيولوجية متعلقة بالنبات، فهو يتعلق بالقدرة الاشعاعية وتغيرات الجو، وهاتان الظاهرتان تتعلقان بالشروط المناخية (درجة الحرارة، رطوبة الهواء، مدة التعرض للشمس، الرياح،.....الخ)، كما يتغير النتج – تبخر تبعاً للشروط البيولوجية للنبات، إذ أن النبتة تمر بأطوار حرجة تكون فيها بأمس الحاجة إلى الماء، تتخللها أطوار راحة يكون فيها الماء مفيداً، ولكن ليس ضرورياً.

عندما يضاف الماء إلى التربة فإنها تخزن جزءاً منه، ويتسرب الباقي إلى باطنها، وتتوقف قيمة كل جزء على نوع التربة وقدرتها على مسك جزيئات الماء، وتفقد التربة جزءاً من مائها إلى الجو عن طريق التبخر، ليتحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، وإذا تم زراعة التربة، فإن النبات يبدأ باستهلاك الماء، وإطلاقه إلى الجو بفعل عملية النتج، ويختلف كل نبات في درجة النتج، بل إن النبات نفسه تختلف درجة نتحه خلال أطوار نموه.

وبإدخال عامل المحصول (K_c) لنبات معين نحصل على النتج التبخري الأعظم Evapo Transpiration Maximum

(ETM) لهذا الزرع وفق العلاقة التالية: [2]

$$ETM = K_c \cdot ETP \quad (1) \quad (mm/day)$$

ETP: النتج –التبخر (المرجعي)

وباستخدام النتج _التبخر الأعظمي (ETM) يمكن حساب المقنن المائي (q) للمحصول بواسطة العلاقة التالية [2]:

$$q = ETM \cdot 10 \cdot 1000 / 24 \cdot 3600 \quad (1/s.ha) \quad (2)$$

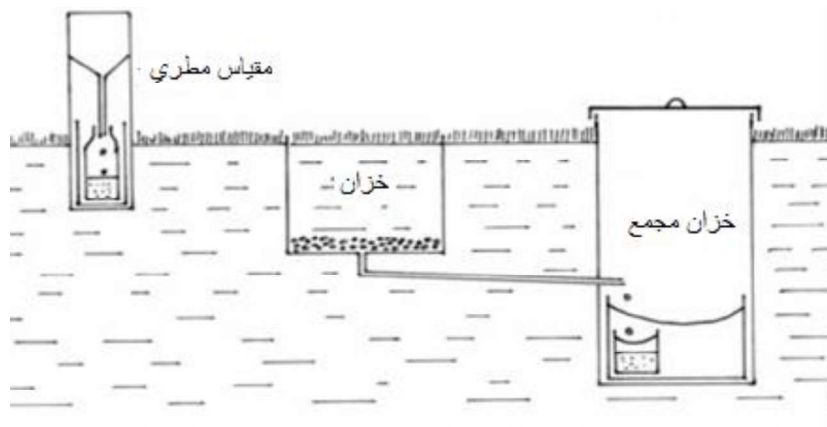
حيث أن كل 1 mm ارتفاع ماء يساوي 10 m³/ha [2]

وبواسطة المقنن المائي (q) نحسب الاحتياجات المائية الشهرية لمحصول معين باستخدام المعادلة التالية [2]:

$$G = 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot q / 1000 \quad (m^3/ha.month) \quad (3)$$

وهي الخطوة الأولى في دراسة مشاريع الري ، حيث يساعد تحديد الاحتياج المائي الشهري في تحديد مدة السقاية وتباعد السقايات ، والتدفق الواجب تأمينه ، وبالتالي أقطار أنابيب السقاية... إلخ.

وتوجد عدة طرق في تحديد النتج -التبخّر المرجعي (ETP) ، منها قياسات حقلية مباشرة بواسطة جهاز يدعى (Lysimetr) ، وهو منشأة صغيرة لقياس النتج -التبخّر المرجعي بالحقل باستخدام النبات كمحصول كما هو مبين بالشكل (1)، ويقوم على مبدأ عزل جزء من النبات المزروع من محيطه، وقياس الماء الداخل إليه والماء الخارج منه باستخدام حاويات قياس، وتوجد أنواع عديدة منها وزنيّه وحجميه [2]



الشكل رقم (1): نموذج جهاز الليزومتر لقياس النتج -التبخّر المرجعي

هناك العديد من المعادلات التجريبية التي تربط بين القياسات المناخية والاحتياج المائي للنبات ، وعادة تنطبق هذه المعادلات على ظروف منطقة بعينها.

يتم حساب قيم (E T P) ووحدته (mm/day) وفق عدة معادلات معروفة عالمياً، نذكر أهمها: [3]

A- معادلة (PENMAN) وهي على الشكل الآتي :

$$E T P = C [w.R_n + (1-w).f(u) (e^* - e)] \quad (4)$$

حيث :

C : عامل تصحيح ، ويعطى بجداول خاصة.

w : عامل الوزن ، ويتعلق بمقدار الارتفاع عن سطح البحر ودرجة الحرارة.

R_n : السطوع الشمسي الصافي.

F(u) : عامل الرياح ، ويعطى بالعلاقة التجريبية: F(u)=0.27 (u/100+1).

U : سرعة الرياح على ارتفاع 2 m.

e*-e : الفرق بين ضغط بخار الماء المشبع في الهواء وضغط بخار الماء الحقيقي.

B-معادلة (EVANOV) وتكتب على الشكل: [3]

$$E T P = 0.0018(25+t)^2 (100-a)k \quad (5)$$

حيث :

E T P :النتج -التبخر (المرجعي) (mm/day)

t : المعدل اليومي لدرجة الحرارة (درجة مئوية).

a : متوسط الرطوبة النسبية .

K : عامل المناخ.

C-معادلة (BROCHET-GERBIER) و تأخذ الشكل التالي:

$$ETP =(4.9 t - 63)R_G \cdot 10^{-4} + n E_p \quad (6)$$

• t : درجة حرارة الهواء الوسطية اليومية (C°).

• E_p : بخر جهاز PICHE (mm).

• n : عامل تابع لخط العرض ويمكن حسابه من الجدول (1).

• R_G : الإشعاع الكلي (cal/cm²)

الجدول رقم (1): عامل خط العرض [1]

N	خط العرض شمالاً
0.30	43 ⁰
0.33	47 ⁰
0.43	52 ⁰

صممت هذه المعادلة لحساب التبخر-النتج المرجعي في جنوب فرنسا، وتحتاج إلى تعديل الثابت n عند تطبيقها في مناطق أخرى مغايرة لموقع البحث.

D- معادلة (Turc) : انطلاقاً من الموازنة المائية للعديد من الأحواض الساكنة في مختلف أنحاء العالم وضع الباحث Turc معادلة لحساب البخر- نتج على مستوى منطقة مناخية واسعة.

تعتمد هذه المعادلة على درجة الحرارة والإشعاع الوسطي [3]، وتأخذ أحد الصيغتين التاليتين:

: $R_h \geq 50 \%$

$$ETP= c \times \frac{t}{t+15} \times (R_G+ 50) \quad (7)$$

: $R_h < 50 \%$

$$ETP = C \quad (8) \quad \left(1 + \frac{50 - Rh}{70}\right) (R_G + 50) \times \frac{t}{t + 15} \times$$

RG : الإشعاع الكلي (cal/cm2).

t : درجة حرارة الهواء (C°) الوسطية اليومية

Rh: معدل الرطوبة النسبية للهواء

تعطي المعادلة قيمة أعلى للنتج- تبخر يصل حتى 20% عند استخدام هذه المعادلة في المناخات الاستوائية ، حيث تكون رطوبة الهواء عالية ، وقيماً أدنى بشكل ملحوظ لقيم التبخر- نتج الفعلية على مستوى محلي ، عندما تكون الرياح قوية. E- معادلة (Blaney-Criddl) : تأخذ المعادلة الشكل التالي وذلك في الواحدات المترية ومن أجل عشب يغطي كامل التربة: [3]

$$ETp = 0.01(15 + 0.84t)h \quad (9)$$

t: درجة الحرارة الوسطية (C°) للهواء

h: عدد ساعات السطوع الشمسي (hour)

- تمت دراسة في منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية[4] حول تقديرات التبخر- نتج المحسوبة بواسطة 12 معادلة معروفة على المستوى العالمي وهي:

1:Penman, 2:Blaney-Criddle,3:Thornthwaite, 4:Olivier-Papadakis, 5:Holdridge, 6:Ivanov, 7:Hargreaves, 8:Turc, 9:Garnier, 10:Torence, 11:Dalton, 12:Jensen-Haise.

ولملاحظة وجود فروقات فيما بينها وفروقات عن قيم التبخر- النتج المقاسة حقلياً ، وأوصت الدراسة إجراء تعديلات عليها قبل استخدامها في المنطقة المدروسة.

- في دراسة بمنطقة الدلتا المصرية[5] وجد أن قيم النتج -التبخر المرجعي الناتجة عن ثلاث معادلات عالمية هي: (1:Corrected Penman, 2:Doorenboss and Pruitt, 3: Penman-Monteith)

تختلف القيم الناتجة عنها عن قيم النتج - التبخر المقاسة حقلياً، وأن معادلة Penman-Monteith هي أقرب للقيم الفعلية المقاسة ، كما بينت هذه الدراسة أيضاً أن الاحتياجات المائية لمحاصيل القمح والذرة والقطن سوف تزيد بـ 10% مع تأثير التغير في المناخ الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة.

- تم تقييم 8 معادلات اختيرت لتقدير التبخر-النتج المرجعي في شرق دلتا النيل بمصر ، عن طريق المقارنة بين الـ ETP اليومي المحسوب باستخدام البيانات المناخية السائدة في شرق الدلتا ، والتبخر- نتج اليومي المقاس بواسطة جهاز الـ Lysimetre لمدة عامين[6] . وهذه المعادلات هي:

1: Penman, 2: Corrected Penman, 3: Penman-Monteith 4: Radiation Method

5: Priestley-Taylor (1972), 6: Blaney-Criddle, 7: Hargreaves 8: Pan Evaporation .

وأوصت الدراسة باستخدام معادلة: (Hargreaves) لحساب (ETP) في شرق الدلتا بمصر ، كما بينت أنه يمكن استخدام معادلات أخرى بعد إيجاد معامل تصحيح م

Corrected Penman, Penman-Monteith, Blaney-Criddle, Radiation Method.

مما يحسن من دقتها في تقدير البخر - نتج المرجعي، تحت الظروف المناخية السائدة في شرق دلتا النيل بجمهورية مصر العربية.

- إن المتغير المناخي السائد في المنطقة هو الذي يؤثر بشكل واضح في تحديد قيمة الـ ETP، وهذا يؤدي إلى اختصار المتغيرات المناخية اللازمة في معادلات حساب البخر - نتج [8]، ففي المناخات الاستوائية يكون الإشعاع الشمسي أساسياً في المعادلة مقارنة مع درجة الحرارة والرطوبة، بينما تلعب درجة الحرارة دوراً رئيسياً في حساب النتج - التبخر في المناطق المدارية، كما أن سرعة الرياح مؤثرة على قيم الـ ETP في المناطق ذات سرعة الرياح العالية وعلى فترة طويلة من السنة [6][9].

2- هدف البحث:

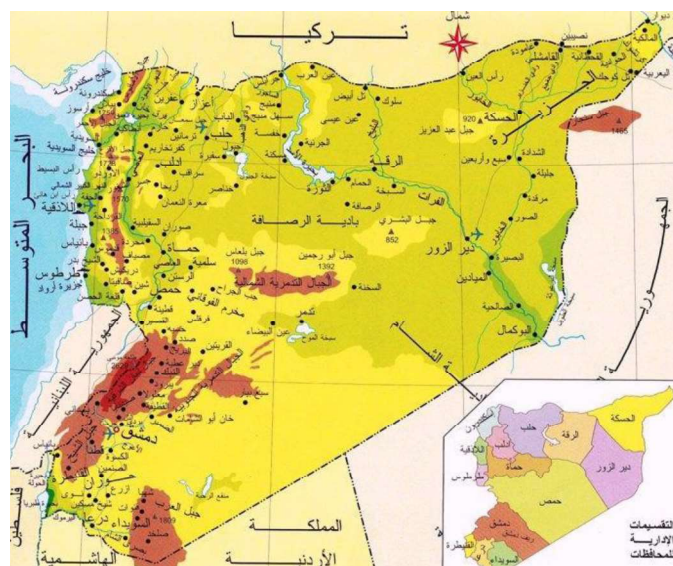
يهدف هذا البحث الى الربط بين (النتج- التبخر) للنبات وبعض العوامل المناخية، لبيان مدى تأثيرها عليه، وبالتالي تأثيرها على تقدير الاحتياجات المائية .

3- مواد وطرق البحث:

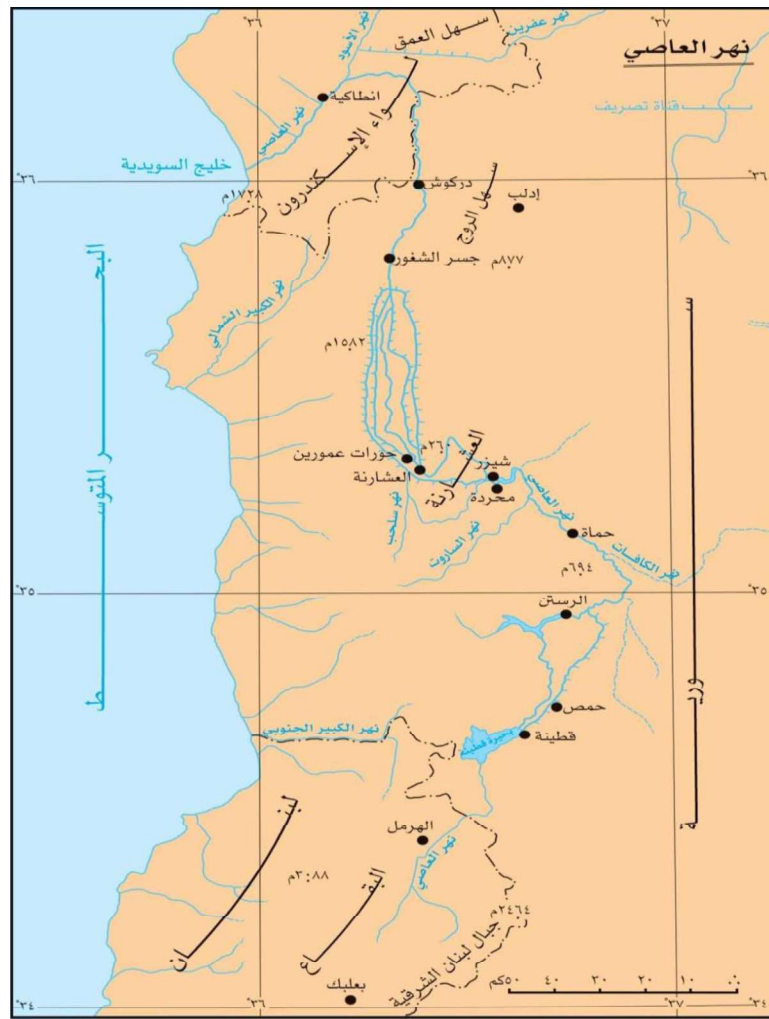
تقع منطقة البحث في الجزء الاوسط من حوض العاصي، الشكل رقم (2)، (3) في القسم الغربي من أراضي الجمهورية العربية السورية (بين حوض الساحل وحوض البادية)، وتتقاسمه ثلاث محافظات سورية هي: حمص - حماة - إدلب، يبلغ معدل الهطول المطري السنوي فيه حوالي (420 mm/y).

يتميز حوض العاصي بموقعه الجغرافي ضمن القطر العربي السوري، ويمتاز بخصوبة تربته، تبلغ مساحته حوالي 22 ألف كم² أي ما يعادل (11,7%) من مساحة القطر العربي السوري، وتشكل موارده المائية السنوية (2,5) مليار م³، ويعتبر حوض العاصي سلة غذائية لسكان الجمهورية العربية السورية، حيث ينتج الحوض حوالي (24%) من منتجات القطر الزراعية و(16%) من المنتجات الصناعية.

يعتبر نهر العاصي الشريان الرئيسي لهذا الحوض إذ يبلغ طوله (485 كم) ويرفده عدة أنهار موسمية من أهمها: الساروت - سلحب - وادي الأبيض - عفرين، تمتاز المنطقة بزراعة القطن والشوندر والبقوليات والحبوب.



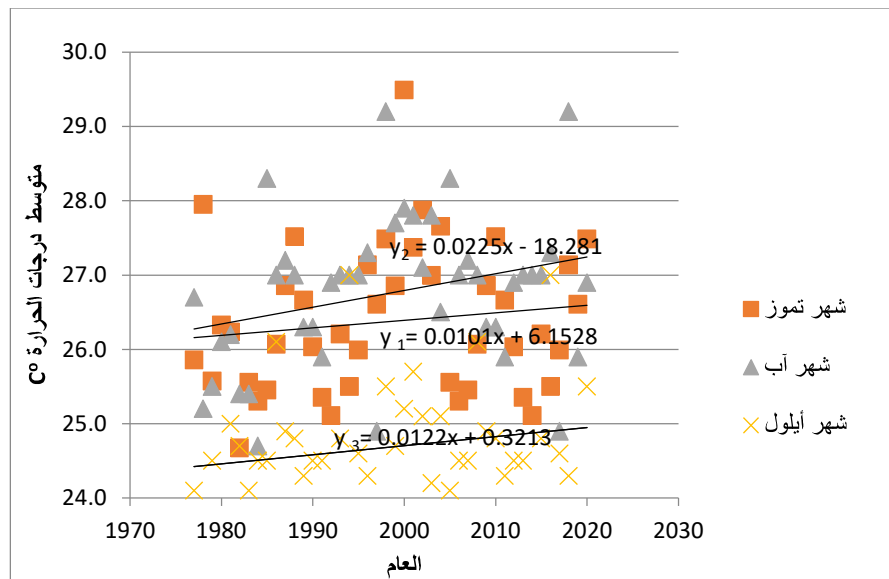
الشكل رقم (2): خارطة الجمهورية العربية السورية تبين موقع الدراسة



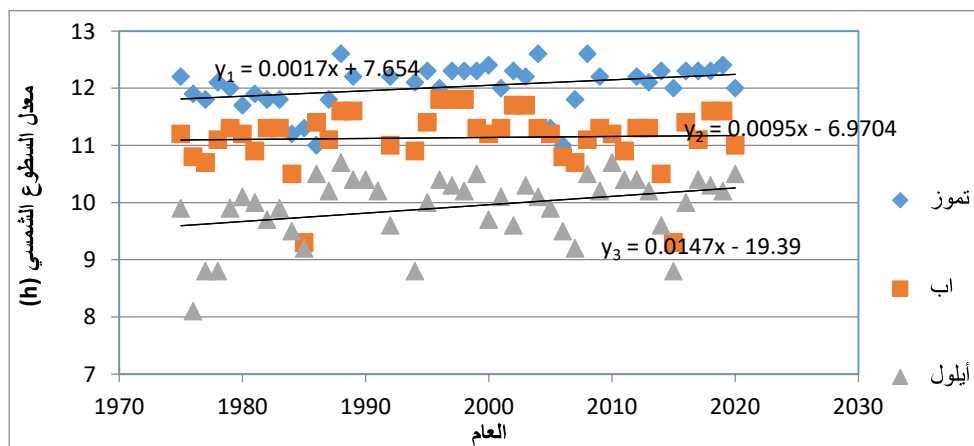
الشكل رقم (3): مخطط (كروكي) يبين موقع الدراسة

4-النتائج ومناقشتها:

يستعرض شكل (4): العلاقة ما بين متوسط درجات الحرارة الشهرية والأعوام من 1975 حتى عام 2020 من شهر تموز حتى شهر أيلول والربط بينها بمعادلات لكل شهر حيث y_1 تمثل معادلة الحرارة لشهر تموز و y_2 لشهر اب و y_3 لشهر أيلول وكذلك الأمر R_1^2 معامل التحديد لشهر تموز و R_2^2 لشهر اب و R_3^2 لشهر أيلول، ويتضح من هذا الشكل أن كلا من شهري تموز وآب تكون الحرارة فيهما أكبر ما يمكن، وأن الحرارة تتجه للارتفاع مع مرور السنوات لكل الأشهر المختلفة، وكان معدل زيادة درجات الحرارة، يصل إلى 3.4% درجة مئوية، ومما يتوافق مع النتيجة السابقة، فقد أكد معهد ماكس بلانك للأبحاث الجوية [3] إنَّ هذا الارتفاع في متوسط درجة حرارة الكوكب أخذ في الازدياد، فيتوقع أن تزداد درجة حرارة الكوكب بمقدار يتراوح بين 2,5 إلى 4 درجات مئوية خلال مائة عام من الآن، ويُرجع سبب هذا الارتفاع إلى ظاهرة الاحتباس الحراري الناجمة عن حرق الوقود الاحفوري.

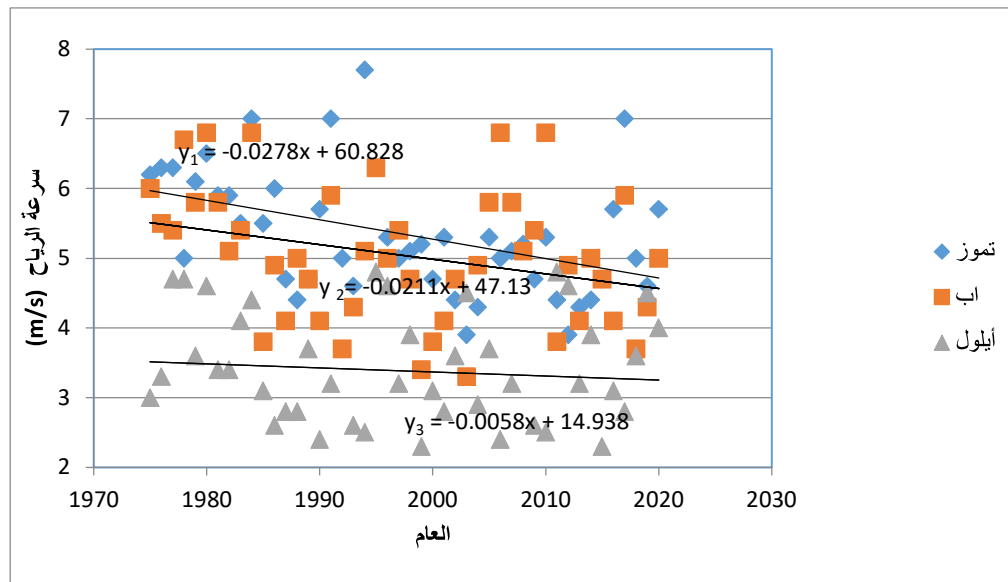


الشكل رقم (4): العلاقة بين متوسط درجة الحرارة والأعوام



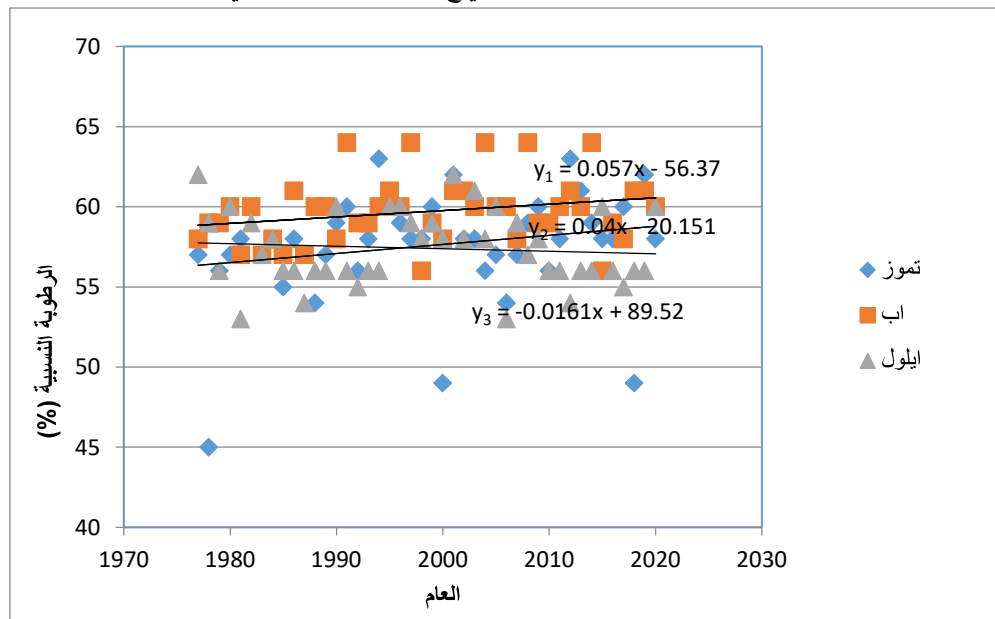
الشكل رقم (5): العلاقة بين معدل السطوع الشمسي والأعوام

يظهر شكل (5): العلاقة ما بين معدل السطوع الشمسي والأعوام من 1975 حتى عام 2020 من شهر تموز حتى شهر أيلول والربط بينها بمعادلات لكل شهر حيث y_1 تمثل معادلة السطوع الشمسي لشهر تموز و y_2 لشهر آب و y_3 لشهر أيلول وكذلك الأمر R_1^2 معامل التحديد لشهر تموز و R_2^2 لشهر آب و R_3^2 لشهر أيلول ، ويتضح من هذا الشكل أن السطوع الشمسي يكون أكبر في شهر تموز، يليه شهر آب ومن ثم شهر أيلول ، وأن معدل السطوع يتجه للارتفاع مع مرور السنوات لكل الأشهر المختلفة، وكان معدل زيادة السطوع الشمسي يصل إلى 3% سنوياً.



الشكل رقم (6): العلاقة بين سرعة الرياح والأعوام

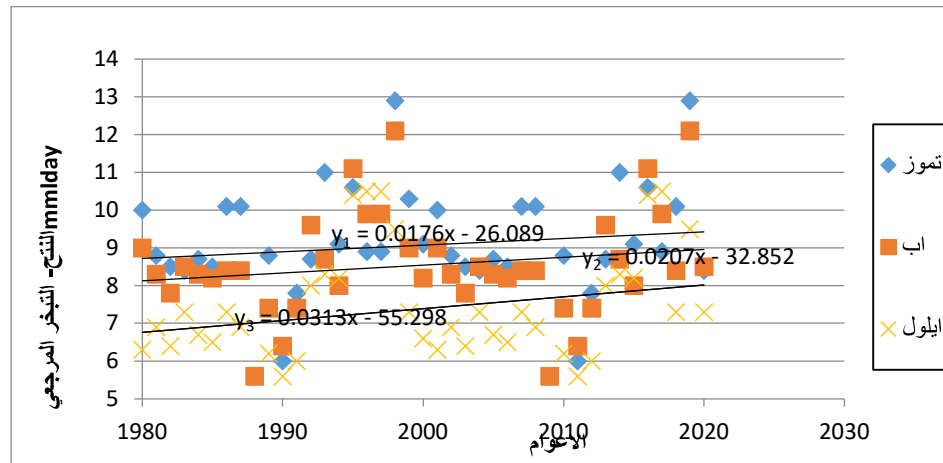
يبين شكل (6) العلاقة ما بين سرعة الرياح والأعوام من 1975 حتى عام 2020 من شهر تموز حتى شهر أيلول والربط بينها بمعادلات لكل شهر حيث y_1 تمثل معادلة سرعة الرياح لشهر تموز و y_2 لشهر آب و y_3 لشهر أيلول وكذلك الأمر R_1^2 معامل التحديد لشهر تموز و R_2^2 لشهر آب و R_3^2 لشهر أيلول، ويتضح من هذا أنّ سرعة الرياح تكون أكبر في شهر تموز، يليه شهر آب ومن ثم شهر أيلول وأنّ معدل سرعة الرياح يميل إلى الانخفاض مع مرور السنوات لكل الأشهر المختلفة، وكان معدل انخفاض سرعة الرياح يصل الى 15% سنوياً.



الشكل رقم (7): العلاقة بين الرطوبة النسبية والأعوام

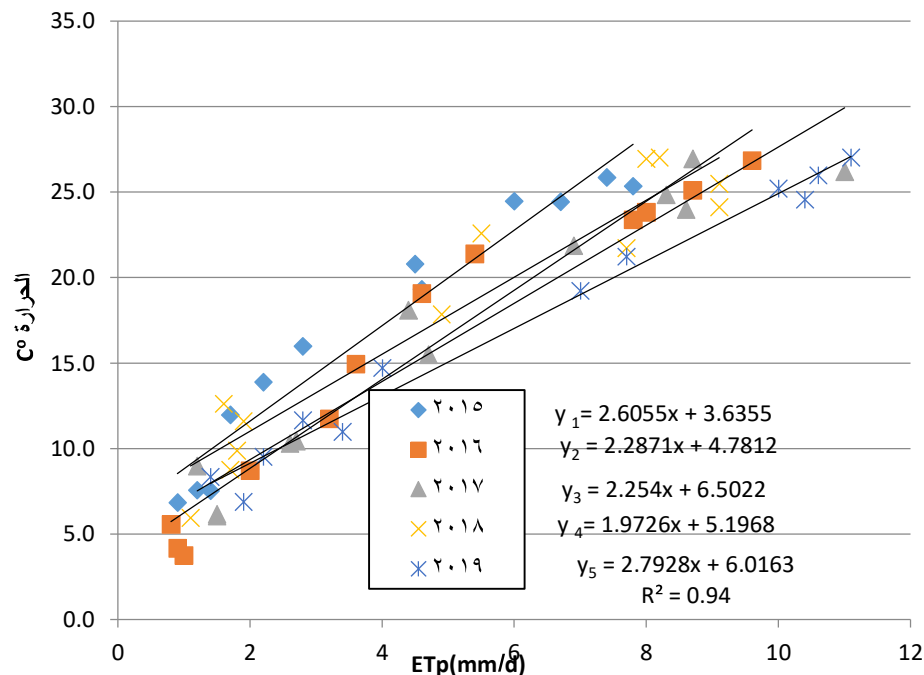
يستعرض شكل (7) العلاقة ما بين الرطوبة النسبية والأعوام من 1975 حتى عام 2020 من شهر تموز حتى شهر أيلول والربط بينها بمعادلات لكل شهر حيث y_1 تمثل معادلة الرطوبة النسبية لشهر تموز و y_2 لشهر آب و y_3 لشهر أيلول

أيلول وكذلك الأمر R_1^2 معامل التحديد لشهر تموز و R_2^2 لشهر آب و R_3^2 لشهر أيلول، ويتضح من هذا الشكل أن الرطوبة النسبية تكون أكبر في شهر آب يليه شهر تموز بزيادة مقدارها 3% ومن ثم شهر أيلول وفيه تتناقص بنسبة 2%.



الشكل رقم (8): العلاقة بين (النتج-التبخّر) والأعوام

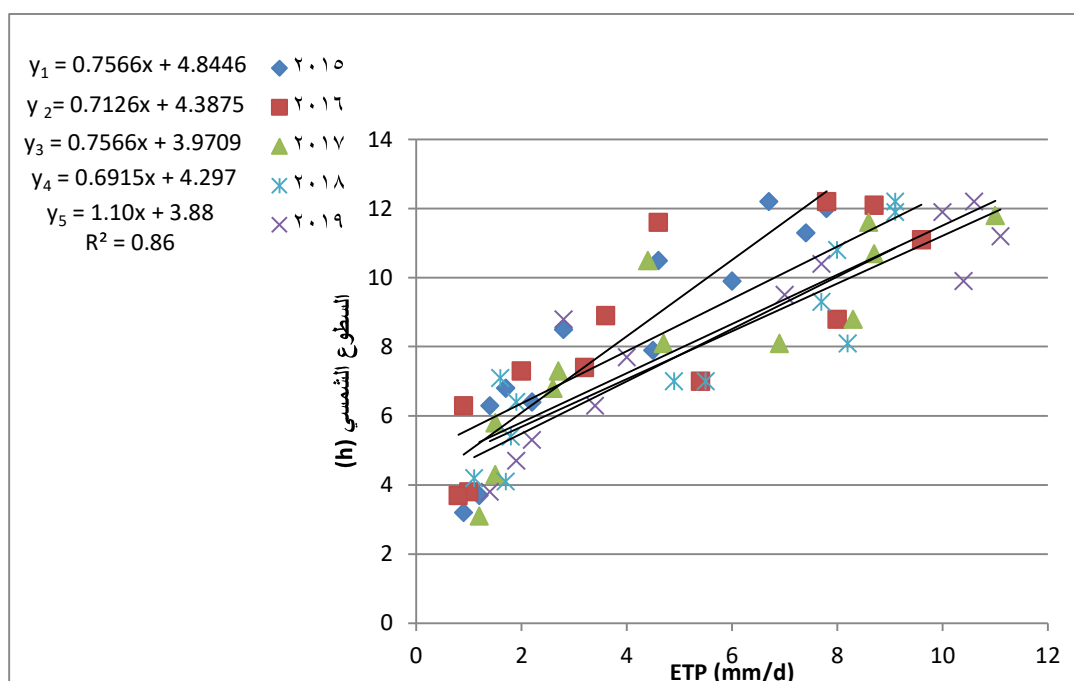
يعرض الشكل (8) العلاقة بين النتج-التبخّر المرجعي للأعوام من 1980 وحتى 2020 من تموز وحتى أيلول. من هذا الشكل يتضح أن أعلى قيمة للنتج-التبخّر كانت لشهر تموز وهذا يتوافق مع درجات الحرارة مسبقا الشكل رقم (4)، ولوحظ أيضا أن قيم التبخّر- النتج المرجعي تزداد بنسبة تصل 12% خلال السلسلة الزمنية بوتيرة متصاعدة و بما يتناسب مع ارتفاع درجة الحرارة.



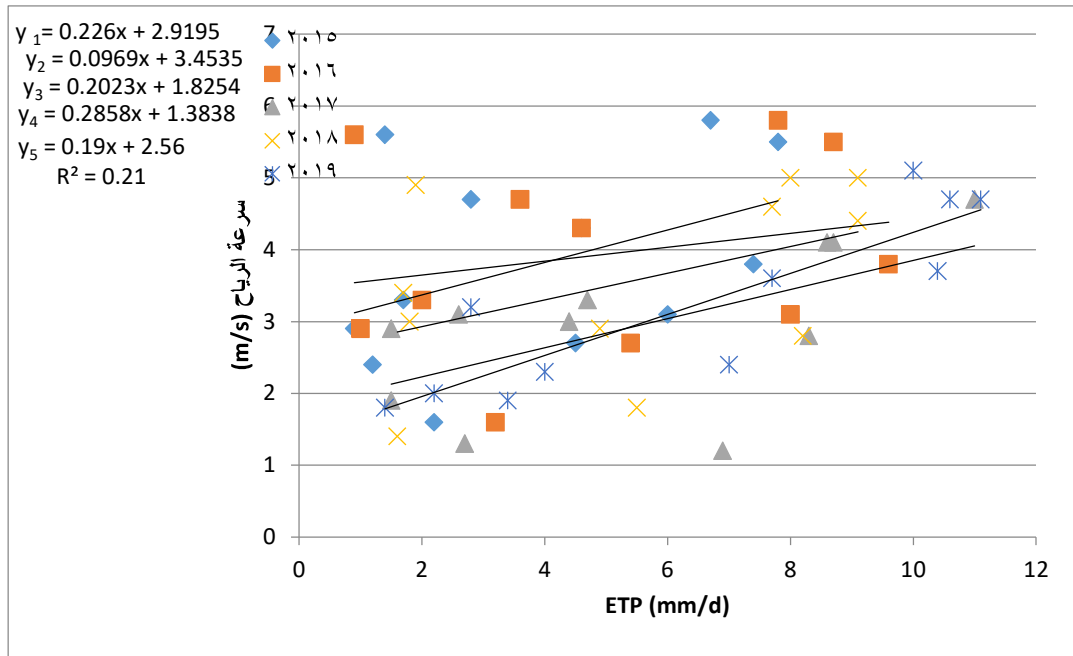
الشكل رقم (9): العلاقة بين (النتج-التبخّر) والحرارة

يبين الشكل رقم (9) العلاقة بين النتج- التبخر والحرارة خلال أشهر السنة من عام 2015 حتى عام 2019، y_1 تمثل العلاقة لعام 2015 و y_2 لعام 2016 و y_3 لعام 2017 و y_4 لعام 2018 و y_5 لعام 2019 حيث أعطت المعادلة التي تعود لعام 2015 معامل تحديد مرتفع ($R^2=0.94$)، وهذا يؤكد التأثير الكبير لدرجة الحرارة على قيم التبخر حيث نلاحظ أنَّ العلاقة طردية بينهما وكلما ارتفعت قيم درجات الحرارة ارتفعت معها قيم النتج- التبخر.

يبين الشكل رقم (10) العلاقة بين النتج- التبخر والسطوع الشمسي خلال أشهر السنة من عام 2015 حتى عام 2019، y_1 تمثل العلاقة لعام 2015 و y_2 لعام 2016 و y_3 لعام 2017 و y_4 لعام 2018 و y_5 لعام 2019 حيث نلاحظ أنَّ العلاقة طردية بينهما وكلما ارتفعت قيم السطوع الشمسي ارتفعت معها قيم النتج- التبخر، وهذا يؤكد التأثير الكبير للسطوع الشمسي على قيم النتج- التبخر.

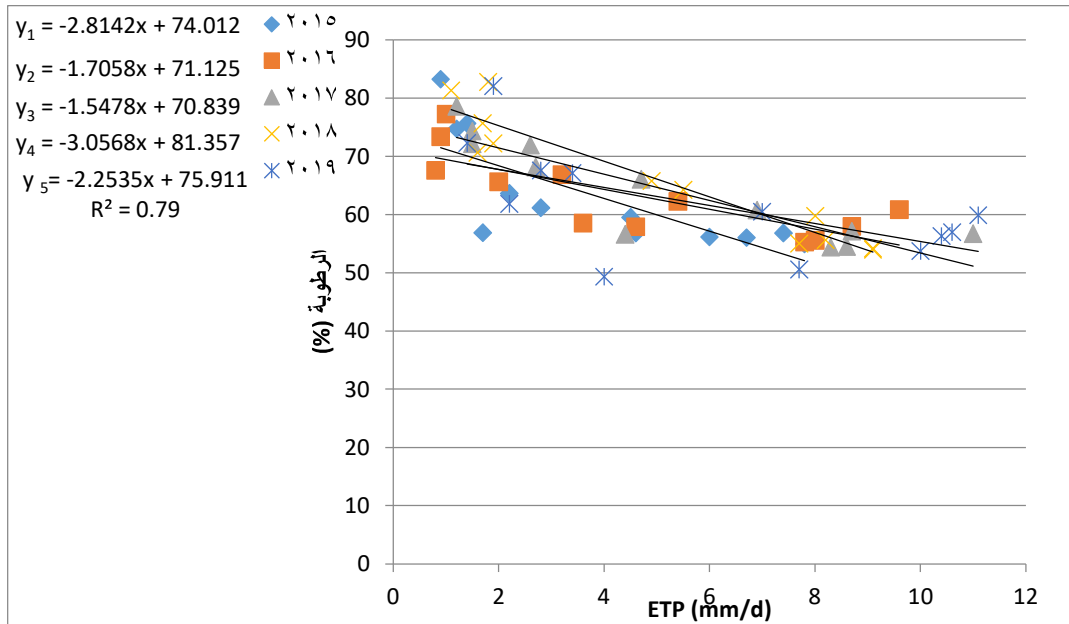


الشكل رقم (10): العلاقة بين (النتج- التبخر) والسطوع



الشكل رقم (11): العلاقة بين (النتج-التبخر) وسرعة الرياح

يوضح الشكل رقم (11) العلاقة بين النتج-تبخر وسرعة الرياح خلال أشهر السنة من عام 2015 حتى عام 2019، y_1 تمثل العلاقة لعام 2015 و y_2 لعام 2016 و y_3 لعام 2017 و y_4 لعام 2018 و y_5 لعام 2019 حيث نلاحظ أنَّ العلاقة طردية بينهما وكلما ارتفعت قيم سرعة الرياح ارتفعت معها قيم النتج التبخري، ولكن معامل التحديد ضعيف وصل حتى ($R^2=21\%$)



الشكل رقم (12): العلاقة بين (النتج-التبخر) والرطوبة

يبين الشكل رقم (12) العلاقة بين النتج-التبخر والرطوبة النسبية خلال أشهر السنة من عام 2015 حتى عام 2019، y_1 تمثل العلاقة لعام 2015 و y_2 لعام 2016 و y_3 لعام 2017 و y_4 لعام 2018 و y_5 لعام 2019 حيث أعطت المعادلة معامل تحديد ($R^2=0.79$)، وهذا يؤكد تأثير للرطوبة على قيم النتج-تبخر، حيث نلاحظ أن العلاقة عكسية بينهما، وكلما ارتفعت قيم الرطوبة، انخفضت معها قيم النتج التبخري.

5-الاستنتاجات والتوصيات:

- إنَّ الحرارة تتجه للارتفاع مع مرور السنوات لكل من أشهر الدراسة (تموز، اب، أيلول)، وكان معدل زيادة درجات الحرارة يصل إلى 3.4% درجة.
- إنَّ معدل السطوع يتجه للارتفاع مع مرور السنوات لكل من أشهر الدراسة (تموز، اب، أيلول)، وكان معدل زيادة السطوع الشمسي يصل إلى 3% سنوياً.
- إنَّ معدل سرعة الرياح يميل إلى الانخفاض مع مرور السنوات لكل من أشهر الدراسة (تموز، اب، أيلول)، وكان معدل انخفاض سرعة الرياح يصل إلى 15% سنوياً.
- إنَّ الرطوبة النسبية تكون أكبر في شهر آب، يليه شهر تموز بزيادة مقدارها 3% ومن ثم شهر أيلول وفيه تتناقص لنسبة 2%.
- إنَّ قيم التبخر - النتج المرجعي تزداد بنسبة تصل 12% خلال السلسلة الزمنية بوتيرة متصاعدة وبما يتناسب مع ارتفاع درجة الحرارة، وكلما ارتفعت قيم درجات الحرارة ارتفعت معها قيم النتج التبخري، وكلما ارتفعت قيم السطوع الشمسي ارتفعت معها قيم النتج التبخري، وهذا يؤكد التأثير الكبير للسطوع الشمسي عليه.
- كلما ارتفعت قيم سرعة الرياح ارتفعت معها قيم النتج التبخري بنسبة قليلة وبمعامل تحديد ضعيف.
- كلما ارتفعت قيم الرطوبة، انخفضت معها قيم النتج التبخري.
- توصي هذه الدراسة باعتماد معادلات حساب النتج-تبخر (المرجعي) والناجمة عن البيانات المناخية المتوفرة في منطقة البحث.
- كما توصي هذه الدراسة بتبسيط معادلات حساب النتج-تبخر (المرجعي)، بحيث يمكن تحديد ومعرفة الاحتياجات المائية للنبات باستخدام عاملين مناخيين على الأكثر مثل (درجة حرارة الهواء والرطوبة) .

6- قائمة المراجع:

1. محمد نجيب عبد العظيم، 1997 ، الري - الأساسيات والتطبيق في استصلاح الأراضي، قسم الأراضي والمياه، كلية الزراعة، جامعة الإسكندرية، جمهورية مصر العربية، الصفحات 179-222 .
2. محمد ابراهيم و أحمد محمود الزهيري، 2015 _ادارة مياه الري وزارة التعليم، جامعة القصيم، كلية الزراعة والطب البيطري، المملكة العربية السعودية، 272 صفحة.
3. بشرى خزام، 2003،دراسة وتحليل ظاهرة الانفضاج التبخري الكموني في المنطقة الوسطى من سورية، رسالة ماجستير في الهندسة المائية، كلية الهندسة المدنية ، جامعة البعث، حمص، سورية، 129 صفحة .
4. محمد فضيل بوروبة، 2007 ، معايرة قيم نماذج حساب (التبخر - نتج) بواسطة حوض التبخر صنفاً بمنطقة عسير في المملكة العربية السعودية، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، العدد 124 ، المجلد 33 ، مجلس النشر العلمي، جامعة الكويت، الكويت.
5. أميمة سليمان عبد الله سليمان، 2003 ، تأثير التغير في المناخ على الاحتياجات المائية، رسالة ماجستير في الهندسة المدنية، قسم هندسة المياه والمنشآت المائية، كلية الهندسة ، جامعة الزقازيق، جمهورية مصر العربية، 154 صفحة .

6. علاء الدين محمد عبد الغفار محمد، 2001، تقييم لبعض طرق تقدير البخر-نتح المرجعي في شرق الدلتا- مصر، رسالة ماجستير في الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 103 صفحات.
7. مازن دوغوظ ومحمد حقون، 2018_ تصميم برنامج حاسوبي لحساب الاحتياجات المائية للنبات، إدارة بحوث الموارد الطبيعية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية 287
8. Mowafy, M.H., et al. (2004): Impact of climate change on water demand in delta, Egypt. Second regional for integrated development, Cairo, Egypt.
9. Todorovic, M. (2005). Crop water requirements. In: Water Encyclopedia: Surface and Agricultural Water (Jay H. Lehr, Jack Keeley, Eds. W-59 p. 557-558. John Wiley & Sons Publisher, USA