مقارنة معادلات مختلفة لحساب التبخر نتح المرجعي ET_o تحت ظروف مدينة تكريت وعلاقته بمعامل محصول البطاطا

داود فياض عبيد [1] ورمزي محمد شهاب

جامعة تكريت/ كلية الزراعة / قسم علوم التربة والموارد المائية

الخلاصـة

اجريت دراسة حقلية لمقارنة طرائق عدة لحساب التبخر نتح المرجعي لمراحل النمو المختلفة لمحصول البطاطا باستخدام الري بالتنقيط والري بالرش والري السطحي (المروز) تحت ظروف مدينة تكريت ، اذ استخدمت طرائق الدمج والتي شملت معادلة بنمان مونتيث المعدلة و طرائق الاشعاع والتي شملت طريقة جينس هيس وطرائق درجة الحرارة والتي شملت معادلات هاركريفز و بليني كريدل وخروفه وطريقة حوض التبخر . اظهرت نتائج الدراسة ان معادلة حوض التبخر اعطت اعلى تبخر نتح مرجعي (ETo) مقارنة ببقية المعادلات التي تم اختبارها في الدراسة اما بقية المعادلات اعطت الترتيب الاتي خروفة وهاركريفز وبنمان مونتيث على الترتيب في حين اعطت معادلات بليني كريدل وجينسن هيس اقل قيم للتبخر النتح المرجعي. بلغت أعلى قيمة لمعامل المحصول (Kc) عند استعمال معادلة بليني كريدل اذ بلغ 0.97 و 0.93 و 0.87 لكل من الري بالتنقيط والري بالرش والري السطحي (المروز) على الترتيب، بينما بلغت أقل قيمة لـKc عند استعمال حوض التبخر 0.61 و 0.60 و 0.57 لكل من الري بالتنقيط والري بالرش وري المروز على الترتيب .تفوقت قيم معامل المحصول (Kc) عند استعمال الري بالتنقيط (0.61−0.97) مقارنة مع الري بالرش والري السطحي (المروز) وفي جميع مراحل نمو محصول يليه الري بالرش (0.60− 0.93) ومن ثم ري المروز (0.57−0.87).

الكلمات المفتاحية :
حساب التبخر ، النتح المرجعي ، ET_o ، محصول البطاطا.

للمراسلة :
داود فياض عبيد
البريد الالكتروني:
Dawdfyad05@gmail.com

Comparing of Different Equations for Calculate Reference Evapotranspiration under Condition Tikrit City and Its Relation with Potato Crop Factor

Dawood F. Obied **Ramzi M.Shihab**
Tikrit University / College of Agriculture /soil and water resource department

ABSTRACT

A field study was conducted to compare different methods for Reference evapotranspiration calculation at different growth stage of potato crop with drip irrigation , sprinkler irrigation and furrow irrigation in College of Agriculture, Tikrit University. Combination method including : modified Penman-Menteith radiation method (Jensen- Haise). temperature methods (Hargreevs equations , Blaney-Criddle, kharrofa and evaporation pan) . results indicate pan evaporation gives the highest Reference evapotranspiration (ETo) values followed by kharrofa, Hargreevs and Penman-Menteith. equation, while pan evaporation gave the lowest Reference evapotranspiration (ETo) values. Blaney-Criddle gives the highest Kc values were (0.97, 0.93 و ,0.87) for three irrigation system respectively while evaporation pan gave the lowest Kc values were (0.61 ,0.60 , 0.57) for three irrigation system respectively. drip irrigation (DI) gave the highest kc values (0.97-0.63) as compared with sprinkler irrigation (SI) and furrow irrigation (FI) for all growth stage crop followed by SI (0.93−0.60) and FI −0.57) (0.87.

Key words:
Different Equations, Calculate Reference Evapotranspiration, Potato Crop.

Correspondence:
Dawood F. Obied
E-mail:
Dawdfyad05@gmail.com

[1] البحث مستل من اطروحة دكتوراه للباحث الاول

المقدمة:

يعرف التبخر نتح المرجعي Reference evapotranspiration (ET_O) بأنه معدل التبخر نتح تحت ظروف قياسية. اذ يعبر عنه بانه التبخر نتح من محصول مرجعي افتراضي بارتفاع 0.12 م ومقاومة سطح المحصول surface resistance تساوي 70 (Sm^{-1})ومعامل انعكاس يساوي 0.23 ويشابه التبخر من سطح واسع مغطى بعشب اخضر منتظم الارتفاع ذي نمو فعال وكامل التظليل لسطح التربة مع توافر ماء كافٍ (Smith *et al.*,1996 و Allen *et al.*,1998).

هناك العديد من الطرائق لتقدير ET_O . اذ تمثل هذه الطرائق الدمج او جمع الصيغ النظرية والتجريبية معتمدة اساسا على الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والتبخر من حوض التبخر (Jensen *et al* .,1990) .

يقدر التبخر– نتح للنباتات بطريقتين طرائق مباشره باستعمال اللايسيمترات والتوازن المائي، وطرائق غير مباشره باستعمال البيانات المناخية (Allen *et al.*,1998). ولحساب التبخر نتح المرجعي ET_o يمكن تطبيق معادلات تجريبية واخرى شبه تجريبية باعتماد المعلومات المناخية. اجريت بعض التحويرات لبعض المعادلات لتكون صالحة للعمل تحت ظروف مناخية وزراعية معينة ولا يمكن تطبيقها في ظروف مختلفة عن الظروف التي طورت بها (Llvesniemi *et al.*,2010). ان تقدير ET_O في المناطق المروية يكون ضروري لتحسين كفاءة استعمال الماء والتخطيط الجيد لإدارة الموارد المائية .

بين Jensen *et al* (1990) ان جميع الطرائق التي تستعمل درجة حرارة الهواء باستثناء طريقة بليني – كريدل تحتاج الى معايرة موقعية للحصول على تقديرات جيدة . وان معادلة هاركريفز وبليني – كريدل تعطي توقعات اعلى لمعدل التبخر نتح بمقدار 15–25 % في المناطق الرطبة . كما ان معادلة هاركريفز تعطي تقديرات اقل لمعدل التبخر النتح بمقدار حوالي 10% في المناخات الجافة. من خلال دراسة اداء طرائق حساب ET_O اذ وجدوا Jensen *et al* (1990) عموماً بأن جميع طرائق الدمج او الجمع لحساب ET_O باستثناء معادلة بنمان – مونتيث تعطي قيماً اعلى من المتوقع لجميع الاشهر في المناطق الرطبة . وقد بينوا ان سبب ذلك يعود جزئياً الى ان اطوال الحشائش والمساحة الورقية لها كان منخفض عند مواقع عدة رطبة نسبة الى اطوالها التي عيرت على اساسها معظم دوال رياح بنمان كما اعطى اسباب اخرى للقيم الاعلى او الاقل من المتوقع مثل استعمال معدلات يومية او شهرية لنقص او عجز ضغط البخار وسرع الرياح والاشعاع ودرجة حرارة الهواء في المعادلات . كما بينوا ان الطرائق التي تعتمد اساساً على الاشعاع الشمسي تنتج تقديرات جيدة بشكل معقول باستثناء طريقة جنسن– هيس التي تعطي تقديرات اقل وطريقة الاشعاع التي تعطي معدلات تبخر نتح اعلى. ان تقييم معادلات بسيطة لحساب ET_O اخذت اهتماماً كبيراً في البلدان النامية وذلك لأن بيانات المناخ غير كاملة غالباً . لذا يهدف البحث الى :

تقييم طرائق حساب التبخر النتح المرجعي لمحصول البطاطا باستخدام معادلات مختلفة.

تحديد المعادلة او المعادلات التي تمتاز بدقة مقبولة وقلة المدخلات لحساب ET_O.

المواد وطرائق العمل:

نفذت تجربة حقلية بزراعة محصول البطاطا صنف دزري هولندي المنشأ خلال الموسم الربيعي لعام 2014 في مدينة تكريت، والواقعة على خط عرض 49 40 34° شمالاً وخط طول 40 38 43° شرقاً وعلى ارتفاع 129م عن مستوى سطح البحر.

قياس التبخر– نتح المرجعي $ET_\circ$:

حسبت قيم $ET_\circ$ من البيانات المناخية والمبينة في جدول 1 باستخدام معادلات عدة اذ اختيرت معادلات حساب $ET_\circ$ لتمثل طرائق الدمج او الجمع وطرائق الاشعاع وطرائق درجة الحرارة وطريقة حوض التبخر والتي يمكن توضيحها كالاتي:

جدول (1) البيانات المناخية لمدينة تكريت لسنة 2014

الشهر	درجة حرارة الهواء العمى(م°)	درجة حرارة الهواء الصغرى(م°)	معدل درجة حرارة الهواء(م°)	التجمع الحراري(م°)	درجة حرارة الهواء العمى اليومية (م°)	درجة حرارة الهواء الصغرى اليومية (م°)	مجمع الاشعاع الشمسي الشهري	الرطوبة النسبية %	سرعة الرياح كم يوم$^{-1}$	فترة السطوع ساعة يوم$^{-1}$	المطر (مم)
كانون الثاني	15.64	5.54	10.59	328.30	19.09	1.57	8.20	79.0	175.0	3.8	51.1
شباط	18.68	5.38	11.96	334.88	24.56	-0.02	11.40	72.0	177.0	5.1	10.0
اذار	23.87	10.44	17.18	532.67	30.66	1.96	15.10	69.0	186.0	6.0	0.7
نيسان	30.37	14.76	22.57	676.99	38.70	2.52	19.50	63.0	189.0	7.5	0.0
ايار	37.07	21.33	29.20	905.32	42.83	16.40	18.40	37.0	239.0	5.8	30.4
حزيران	41.41	25.06	33.66	1009.69	46.90	20.07	21.60	27.0	272.0	7.7	0.0
تموز	44.25	28.09	36.42	1128.99	47.67	24.88	23.90	26.0	295.0	9.5	0.0
اب	45.05	28.08	37.00	1146.91	48.56	24.12	24.40	23.0	256.0	10.7	0.0
ايلول	39.38	23.62	31.73	951.99	46.42	17.66	20.70	33.0	208.0	9.8	0.0
تشرين الاول	30.99	17.03	23.89	740.44	39.17	10.36	14.70	64.0	177.0	7.4	0.2
تشرين الثاني	21.58	8.89	14.85	445.63	26.42	3.51	8.40	71.0	184.0	3.6	34.4
كانون الاول	18.11	7.49	12.31	381.66	23.51	2.59	5.70	80.0	162.0	1.6	45.4

اولاً: طرائق الجمع والتي شملت المعادلات الاتية:

معادلة بنمان– مونتيث المعدلة (Modified Penman- Monteith equation) لمنظمة الأغذية الزراعية FAO (Allen *et al.*,1998) لحساب التبخر– نتح المرجعي طوال موسم نمو المحصول، اذ تم استخدام البرنامج الحاسوبي Cropwat (Smith,1992) لحساب المتغيرات في المعادلة أعلاه ومن ثم حساب قيمة ET_0 وتم التعبير عن التبخر– نتح المرجعي بوحدات ملم يوم$^{-1}$ وحسب المعادلة التالية :

$$ET_\circ = \frac{\left(0.408\times\Delta(Rn-G)+\gamma\left(\frac{900}{T+273}U_2(ea-ed)\right)\right)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)} \quad \text{.....(1)}$$

اذ ان:

ET_o = التبخر نتح المرجعي للمحصول (مم. يوم$^{-1}$).

Rn = صافي الاشعاع عند سطح المحصول (ميكا جول. م$^{-2}$. يوم$^{-1}$).

G = تدفق حرارة التربة (ميكا جول .م$^{-2}$. يوم$^{-1}$).

T= متوسط درجة حرارة الهواء اليومي عند ارتفاع 2 م (م°).

$U2$ = سرعة الريح مقاسة عند ارتفاع 2 م (م. ثا$^{-1}$).

ea = ضغط البخار المشبع (كيلوباسكال).

ed = ضغط البخار الحقيقي (كيلوباسكال).

ea-ed = النقص في ضغط البخار (كيلوباسكال).

Δ = انحدار منحنى ضغط البخار (كيلوباسكال . م°).

γ = الثابت السايكروميتري (كيلوباسكال . م°).

900 = عامل تحويل.

ثانياً: طرائق درجة الحرارة والتي تشمل المعادلات الاتية :

1.معادلة هاركريفز

حسب ET_o طوال موسم نمو المحصول اذ تم التعبير عن التبخر– نتح المرجعي بوحدات مم يوم$^{-1}$ (Hargreaves and Samani,1985)، اذ تم حساب المتغيرات في المعادلة (جدول1) ومن ثم حساب قيمة ET_0

$$ET_{0.Har} = 0.0023Ra(T_{max} - T_{min})^{0.5}\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} + 17.8\right) \ldots.(2)$$

إذ أن:

$ET_{0.Har}$ = التبخر – نتح المرجعي (مم يوم$^{-1}$).

Ra =الإشعاع الشمسي الواصل إلى الغلاف الجوي (ميكا جول م$^{-2}$ يوم$^{-1}$).

T_{max} =درجة حرارة الهواء العظمى.

T_{min} =درجة حرارة الهواء الصغرى.

2. معادلة بليني– كريدل

تستعمل لاحتساب الاستهلاك المائي الشهري للنبات بالوحدات المترية وذلك باعتماد البيانات المناخية (جدول1) ويمكن توضيح معادلة بليني– كريدل بالمعادلة الآتية (Pochop *et al.*,1983).

$$ET_O = [Pn \times (0.46Tc + 8.13)] \times Cp \ \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

اذان:

ET_o = التبخر- نتح المرجعي (مم. يوم$^{-1}$).

Tc = متوسط درجة الحرارة الشهري (درجة مئوية).

Pn = النسبة المئوية لعدد ساعات النهار في الشهر الى عددها في السنة.

Cp = معامل تصحيح ويساوي. $Cp = (0.0311TC + 0.24)$

3. معادلة خروفة (Kharrufa,1985)

تستعمل لحساب التبخر –النتح كما في المعادلة الاتية :

$$ETP = CP\ Tc^{1.3} \ldots\ldots\ldots(4)$$

ETP= التبخر–النتح الكامن (مم)

P= النسبة المئوية لعدد ساعات النهار في الشهر نسبة الى عددها في السنة

Tc= معدل درجة الحرارة الشهري (مئوية)

C= معامل محلي يحسب لكل موقع من معدلات البيانات المناخية المتوفرة للاشهر حزيران وتموز واب

$$C = 0.22(1+n/N).(0.90+W/100).(1-0.5Rh).\ 0.97+E/10000)\ldots\ldots.(5)$$

اذ ان:

n/N = نسبة سطوع الشمس

W= سرعة الريح(كم/ساعة)

Rh= الرطوبية النسبية

E= ارتفاع الموقع فوق مستوى سطح البحر(متر)

ثالثاً: طريقة حوض التبخر :

تم قياس التبخر– نتح المرجعي بوساطة حوض التبخر صنف – A والتي تم توضيحها ادناه ، اذ تم أخذ قراءات يومية لحساب التبخر– نتح المرجعي آخذين بالاعتبار كمية الإمطار الساقطة (الجدول1) (Jensen et al.,1990).

$$ET_0 = K_P E_{Pan} \text{ .....(6)}$$

إذ أن:

ET_o = تبخر– نتح مرجعي (مم يوم$^{-1}$).

K_P = معامل الحوض بدون وحدات.

E_{Pan} = التبخر من الحوض (مم يوم$^{-1}$).

K_P= معامل الحوض وقدره 0.75

رابعاً: طرائق الاشعاع

استخدمت معادلة جينس – هيس لحساب التبخر–النتح المرجعي وكما في المعادلة التالية:

$$ETp = R_S(0.025T+0.08) \text{.....(7)}$$

حيث ان :

ETP= التبخر–النتح الكامن (ملم) بوحدات الاشعاع R_S

T= معدل درجة الحرارة السائده للهواء (مئوية)

R_S = الاشعاع الشمسي الساقط (سعرة حرارية /سم^2/ يوم)

معامل المحصول (K_c).

حسب معامل المحصول (K_c) لمحصول البطاطا من المعادلة الاتية:(Allen et al.1998)

$$ET_C = ET_0 * K_c \text{ ... ... (8)}$$

إذ إنَّ:

ET_C = التبخر– نتح الفعلي مم يوم$^{-1}$.

ET_0 = التبخر– نتح المرجعي مم يوم$^{-1}$.

K_c = معامل المحصول (بدون وحدات).

تم حساب التبخر– نتح الفعلي للمحصول (ET_c) وفق معادلة الموازنة المائية كطريقة مباشرة حيث تم استخدام الري بالتنقيط والرش والري السطحي(ري مروز) وعلى النحو الاتي (Allen *et al*. 1998).

$$(I + P + C) – (ET_a + D + R) = \pm \Delta S \text{.....} \quad (9)$$

إذ إنَّ:

I = ماء الري المضاف (مم) ، **P** = المطر (مم).، **C** = أرتفاع الماء بالخاصية الشعرية (مم).

ET_a = التبخر– نتح الفعلي (مم) أو مساهمة الماء الجوفي في الري ، **D** = البزل العميق (مم).

R = الجريان السطحي (مم) ، $\pm \Delta S$ = التغير في خزين التربة الرطوبي عند بداية ونهاية الموسم.

النتائج والمناقشة :

مقارنة قيم التبخر–النتح المرجعي(ET_o) وفق طرائق القياس المختلفة

يبين جدول 2 قيم التبخر نتح المرجعي ET_o المحسوبة من تطبيق معادلة خروفه ومعادلة بنمان –مونتيث المعدلة ومعادلة هيس–جينسن ومعادلة حوض التبخر ومعادلة هاركريفز ومعادلة بليني – كريدل خلال مراحل النمو المختلفة للبطاطا ، اظهرت نتائج الدراسة ارتفاع قيم ET_o عند مرحلة ملء الدرنات ومن ثم مرحلة تكون الدرنات تليها مرحلة النمو الخضري في حين كانت مرحلة الانبات أقل ما يمكن بقيمة ET_o وفي جميع المعادلات المستعملة في الدراسة لحساب ET_o.

جدول 2. التبخر–النتح المرجعي (ET_O) خلال نمو البطاطا محسوب وفق معادلات مختلفة

قيم ETO لمراحل نمو محصول البطاطا (مم)					
المعادلة	الانبات	النمو الخضري	تكون الدرنات	ملء الدرنات	ETO الكلي
خروفه	81.37	223.38	97.38	273.3	675.03
هيس–جيسن	63.52	193.19	79.80	213.91	526.97
هاركريفز	73.27	203.96	90.55	217.97	606.58
بنمان مونتيث	76.74	178.76	77.63	224.09	553.75
حوض التبخر	77.80	229.90	98.40	280.10	686.20
بليني كريدل	59.36	156.72	65.78	161.70	443.56
المعدل	72.01	197.7	84.10	228.50	

أنَّ هذا السلوك لقيم ET_o قد يعزى الى تأثير الظروف المناخية السائدة خلال اشهر النمو هذه إذ كانَّت درجات الحرارة منخفضة ورطوبة نسبية مرتفعة في الجو خلال اشهر مرحلتي الانبات و النمو الخضري ومن ثم ارتفاع درجات الحرارة بشكل تدريجي في أشهر مرحلتي تكون الدرنات وملء الدرنات(جدول1) مما انعكس في معدلات التبخر من سطح التربة والنتح من النبات. إذ يلاحظ من جدول2 تفوق قيم ET_O خلال مرحلة النمو الخضري وبقيمة بلغت 197.7 على مرحلة تكون الدرنات والتي بلغت 84.10 وذلك بسبب أنَّ عدد ايام مرحلة النمو الخضري اكثر مقارنة بمرحلة تكون الدرنات مما ادى ارتفاع قيم ET_O خلال هذه المرحلة في جدول 2، أما مرحلة ملء الدرنات فقد بلغت كمية ET_O الكلية 228.50 (جدول2) .

كذلك اظهرت معادلة حوض التبخر أعلى قيم ET_o وبقيمة بلغت وفي جميع مراحل النمو لمحصول البطاطا وبقيمة بلغت 686.20 مم تلتها معادلة خروفة وبقيمة بلغت 675.03 مم ثم معادلة هاركريفز وبقيمة بلغت 606.58 مم أما معادلة بنمانَ مونتيث وهيس جينسن وبليني كريدل فقد أعطت أقل قيم للتبخر النتح المرجعي وبقيم بلغت 553.75 و526.97 و443.56 مم على التتابع . حيث يبين جدول 2 قيم ET_o والتي أخذت بشكل عام الترتيب الاتي : حوض التبخر > خروفة > بنمان > هاركريفز > مونتيث > جنسن هيس = بليني كريدل ، وعموماً يبدو أنَّ معادلات الحرارة اعطت قيم ET_o الأعلى باستثناء معادلة بليني كريدل في حين أنَّ معادلة الاشعاع (جينسن هيس) اعطت ET_o أقل وأنَّ معادلة الدمج قد أعطت قيم متوسطة بين الحالتين أعلاه ويعود سبب ارتفاع قيم التبخر– نتح المقدرة من حوض التبخر صنف– A إلى أنَّ عملية التبخر من الحوض يمكن أنَّ تحدث خلال ساعات النهار والليل من دون انقطاع بتأثير فعل العوامل الجوية مثل أشعة الشمس والتي تجهز جزيئات الماء بالطاقة اللازمة لتحويلها من الحالة السائلة إلى بخار وكذلك الرياح التي تؤدي إزاحة طبقة الهواء المشبعة فوق سطح التبخر وتحل محلها طبقة هواء جافة. اضافة الى ذلك التذبذب في درجات الحرارة والرطوبة النسبية (جدول1) وانتقال الحرارة من جوانب الحوض الذي يؤثر بدوره في توازن الطاقة (Wilson,1974 ; الهادي والمراد، 2000). فضلاً عن أنَّ سبب انخفاض قيمة ET_o لمعادلة هاركريفز يعود إلى عدم احتواء المعادلة على سرعة الرياح واعتمادها فقط على درجات الحرارة مما يؤثر في قيم ET_o، ولكن هذه المعادلة مفيدة في حالة نقص المعلومات المناخية أو صعوبة الحصول عليها (Henggeler *et al.*,2012). أما عن التباين لقيم التبخر –النتح (ET_o) بين جميع المعادلات فذلك يعود لاختلاف طريقة الحساب وما تحتوي من مؤشرات في كل معادلة والتي تختلف بعضها عن البعض الاخر وكذلك الى التباين الشهري لتلك القيم نتيجةٌ لتباين معدلات العناصر المناخية المستعملة في تلك المعادلات وعلى مدى اشهر السنة لاسيما في ما يتعلق بمعدل درجة الحرارة والرطوبة النسبية إذ يلاحظ أنَّ الأشهر التي تسجل أعلى معادلات التبخر نتح هي الاشهر التي سجلت فيها أعلى معدلات درجات الحرارة وأقل معدلات للرطوبة النسبية، ويعد هذا الاختلاف في قيم التبخر –النتح المرجعي بين المعادلات المستعملة في الدراسة مقبولاً بسبب اختلاف عوامل كل معادلة والية

تطبيقها، إذ اثبتت الدراسات السابقة أنَّه لا توجد معادلة اعتمدت البيانات المناخية لتقدير التبخر نتح قادرة على التنبؤ وبشكل مثالي عن معدلات التبخر نتح تحت ظروف مناخية مختلفة وذلك بسبب التبسيط في صياغة المعادلة والخطأ في طريقة قياس البيانات المناخية. ومن المحتمل أنَّ الاجهزة الدقيقة التي يتم القياس بها تحت الظروف البيئية والإدارة البيولوجية قد تنحرف عن معادلة بينمان– مونتيث المعدلة في أوقات عن القياسات الحقيقية للتبخر نتح المرجعي للمحصول إذ ترجع الى التباين في ارتفاع المحصول الذي تم قياسهُ والتغاير في دليل المساحة الورقية LAI . ونتيجةً لاختلاف طرائق التعبير عن المتغيرات المناخية في المعادلات تتغير قيم التبخر نتح لكل محصول باختلاف البيانات المناخية وعوامل النبات المزروع (Allen *et al.*,1998 ; Tzimopoulos *et al.*,2008).

اشارة الى التغيرات الحاصلة في قيم ET_o المحسوبة باستعمال معادلات مختلفة فقد حسبت قيم t-test لغرض المقارنة وكما موضح في جدول 3 ، تبين النتائج عدم وجود فروقات معنوية بين معادلة الدمج ومعادلات درجة الحرارة باستثناء بليني كريدل . فضلاً عن أنَّ معادلة خروفة تختلف معنوياً مع بليني كريدل و هاركريفز وجينسن هيس ، في حين أنَّ بليني كريدل تختلف معنوياً مع هاركريفز وحوض التبخر وأنَّ كُلاً من هاركريفز وجينسن هيس تختلف معنوياً مع حوض التبخر.

نستنتج مما سبق أنَّ اختيار معادلة لحساب ET_o لكي نستعمل مقارنة مع معادلة بنمان مونتيث باستعمال أقل بيانات مناخية يكون صعب نسبيا تحت ظروف هذه التجربة ، إذ أنَّ اختيار اي معادلة يجب أنَّ تستند أولاً على معادلة حساب ET_o بأقل بيانات مناخية وثانياً استعمال معادلة تنتج معامل محصول (Kc) مقارب الى قيمته القياسية الممثلة بجدأول واردة في Allen *et al.*(1998) اخذين بالاعتبار ظروف منطقة الدراسة.

جدول 3. قيم اختبار t للمقارنة بين قيم ET_o المحسوبة من المعادلات المختلفة

المدة الزمنية (كل عشرة ايام)		بنمأنَّ مونتيث	خروفة	بليني كريدل	هاركريفز	جينسن هيس	حوض التبخر
الدمج	بنمأنَّ مونتيث	–					
درجة الحرارة	خروفة	1.32	–				
	بليني كريدل	3.95**	4.22**	–			
	هاركريفز	1.51	3.50*	2.6*	–		
الاشعاع	جينسن هيس	2.50*	4.36**	1.1	1.42	–	
حوض التبخر	حوض التبخر	1.36	1.54	4.61**	2.45*	3.99**	–

وبناءً على ذلك فأنَّ معادلتي هاركريفز وخروفة يمكن استعمالهما في حساب ET_o تحت ظروف هذه الدراسة باستعمال أقل بيانات مناخية . كذلك فأنَّ معادلة بنمان مونتيث يمكن أنَّ تستعمل بأقل بيانات مناخية ، واستناداً الى Salah (2003) و Allen *et al.*(2011) فانَّه من الممكن الحصول على تقديرات مقبولة لتقدير ET_o لمدة عشرة أيام أو ET_o شهرياً بمعادلة بنمانَ مونتيث وذلك باستعمال درجة حرارة الهواء العظمى والصغرى فقط .

معامل محصول البطاطا(Kc) :

تم حساب معامل المحصول (K_c) تحت أنظمة الري الثلاثة ولمراحل نمو النبات المختلفة وذلك بقسمة ETc على ETo ، اعتمدت قيم ETc كما في جدول 4 لجميع أنظمة الري المستعملة ومراحل نمو النبات ، وذلك لظروف عدم حصول(ETc) وحصول إجهاد مائي (ETc_{adj}) كما في طريقتي الري بالرش والسطحي (ETc_{adj})، أما فيما يخص ETo فقد استعملت جميع المعادلات قيد الدراسة .

جدول 4. قيم ETc و ETcadj تحت أنظمة الري الثلاث ولمراحل نمو المحصول المختلفة

نظام الري	ET_c* (مم) لمراحل النمو المختلفة				
	الانبات	النمو الخضري	تكون الدرنات	ملء الدرنات	المجموع الكلي
التنقيط	35	119.5	85.4	202	442.0
الرش	35	113.5	81.1	120.0	349.6
السطحي	35	101.6	77.9	118.9	333.0

*ET_c للري بالتنقيط و ETc_{adj} للري بالرش والري السطحي

يبين جدول 5 قيم K_c المحسوبة لموسم نمو البطاطا، ونتيجة للتغايرات في خصائص المحصول خلال موسم نموه فقد اختلفت قيم Kc باختلاف مراحل النمو وهذا الاختلاف يعكس الاختلافات المناخية والفسجلية بين المحصول المزروع والمحصول المرجع. إذ اظهرت نتائج الدراسة تفوق مرحلة تكون الدرنات على باقي مراحل نمو البطاطا ولجميع طرائق الري المستعملة إذ تكون قيم Kc صغيره في مرحلة الإنبات (0.42–0.59) ثم تزداد في مرحلة النمو الخضري (0.42–0.76) لتصل الى أعلى قيمة لها في مرحلة تكون الدرنات (0.78–1.29) ما تلبث أنَّ تبدأ بالانخفاض في مرحلة ملء الدرنات (0.64–1.24) ونهاية موسم النمو. ويعود السبب في تفوق مرحلة تكون الدرنات إلى أنَّ النبات اكتمل نموه وزاد غطاؤه النباتي (الظلة) وازداد الاستهلاك المائي وزاد تغلغل الجذور في التربة وزاد النتح وقل التبخر من سطح التربة، اضافة الى التغير في الإشعاع الصافي والذي يكون نسبياً ثابتاً لأي مرحلة من مراحل النمو مالم يحصل تغير في انحدار الأرض، لذلك فأنَّ اغلب التغير في قيم K_C ينتج من التغيرات في المساحة الورقية والسيطرة على الثغور من قبل النبات والمقاومة الحركية للهواء والتي تعتمد على ارتفاع ظلة النبات وخشونتها وسرعة الرياح (Allen *et al.*,2011) .وعند المرحلة الاخيرة من النمو فأنَّ Kc يقل نتيجة لتوقف نمو النبات والتغيرات الفسجلية الاخرى التي تحصل له .

أما عند مقارنة قيم معامل المحصول للبطاطا تحت طرائق الري (التنقيط ، الرش ، المروز) المستعملة في الدراسة خلال مراحل نمو المحصول بينت نتائج الدراسة تفوق قيم معامل المحصول عند استعمال الري بالتنقيط (0.61–0.97) مقارنة مع الري بالرش والري السطحي وفي جميع مراحل نمو محصول البطاطا (النمو الخضري ، تكون الدرنات ، وملء الدرنات) يليه الري بالرش (0.60–0.93) ومن ثم الري السطحي (0.57–0.87) (جدول5) . ترجع الزيادة في قيمة معامل المحصول (K_C) عند معاملة الري بالتنقيط إلى زيادة كميات الماء الجاهز للنبات كون الرطوبة قريبة من السعة الحقلية والذي أدى إلى رفع قيمة الماء المستهلك خلال مدة النمو في نظام الري بالتنقيط ثم تنخفض كمية الماء الجاهز بشكل أقل عند استعمال الري بالرش يليه الري السطحي كمية الماء الجاهز.

تبين نتائج جدول 5 ايضاً أنَّ قيم Kc اختلفت تحت طريقة الري نفسها ، ويعود سبب ذلك الى الاختلافات في قيم ETo التي حسبت باستعمال معادلات مختلفة . إذ أنَّ الاختلاف في ظلة النبات والمقاومه الهوائية نسبة الى المحصول المرجع المفترض قد دخلت في مفهوم معامل المحصول. أنَّ قيم Kc لـ Allen et al.(1998) المثبتة في جدول 5 قد استعملت لغرض المقارنة ،

ويلاحظ من نتائج جدول5 أنَّها أعلى من قيم Kc المقدرة وذلك في مرحلتي النمو الخضري وتكون الدرنات . في حين أنَّها أما متقاربة وذلك لمرحلة الإنبات أو أقل لمرحلة ملء الدرنات ، وهذا يعكس ظروف التجربة .

تبين النتائج كذلك أنَّ أعلى قيمة Kc قد حصلت عند استعمال ETo المحسوب من معادلة بليني كريدل حيث بلغت 1.29 و 1.23 و 1.18 لنظم الري الثلاث على التتابع وذلك لمرحلة تكون الدرنات ، بينما بلغت أقل قيمة لـKc عند استعمال حوض التبخر إذ بلغت 0.87 و 0.82 و 0.78 لنظم الري الثلاث على التتابع ولمرحلة تكون الدرنات نفسها .

جدول 5. قيم معامل المحصول(Kc) تحت أنَّظمة الري الثلاث ولمراحل نمو المحصول المختلفة

أنَّظمة الري	معادلة حساب ETo	Kc عند مراحل النموالمختلفة				
		الأنَّبات	النمو الخضري	تكون الدرنات	ملء الدرنات	المتوسط Kc
التنقيط	حوض التبخر	0.44	0.51	0.87	0.72	0.61
	معادلة خروفة	0.42	0.53	0.87	0.73	0.63
	هاركريفز	0.45	0.58	0.94	0.92	0.72
	بنمأنَّ مونتيث	0.47	0.66	1.10	0.90	0.78
	جينسن هيس	0.54	0.61	1.07	0.94	0.79
	بليني كريدل	0.59	0.76	1.29	1.24	0.97
الرش	حوض التبخر	0.44	0.49	0.82	0.68	0.60
	معادلة خروفة	0.42	0.50	0.83	0.70	0.61
	هاركريفز	0.45	0.55	0.89	0.88	0.69
	بنمأنَّ مونتيث	0.47	0.63	1.045	0.85	0.49
	جينسن هيس	0.54	0.58	1.01	0.89	0.75
	بليني كريدل	0.59	0.72	1.23	1.18	0.93
السطحي (ري مروز)	حوض التبخر	0.44	0.42	0.78	0.64	0.57
	معادلة خروفة	0.42	0.45	0.78	0.66	0.57
	هاركريفز	0.45	0.49	0.84	0.83	0.65
	بنمأنَّ مونتيث	0.47	0.56	0.99	0.81	0.70
	جينسن هيس	0.54	0.52	0.96	0.84	0.71
	بليني كريدل	0.59	0.64	1.16	1.12	0.87
K_C Allen *et al* (1998)		0.45	0.82	1.18	0.79	0.81

الاستنتاجات :

حققت معادلة حوض التبخر اعلى ETo مقارنة ببقية المعادلات التي تم اختبارها في الدراسة اذ اعطت بقية المعادلات الترتيب الاتي خروفة وهاركريفز وبنمان مونتيث في حين اعطت معادلات بليني كريدل وجينسن هيس اقل قيم للـETo .

حققت أعلى قيمة Kc عند استعمال معادلة بليني كريدل بينما بلغت أقل قيمة لـKc عند استعمال حوض التبخر ولنظم الري الثلاث على التتابع .

اظهرت نتائج الدراسة تفوق قيم Kc في مرحلة تكون الدرنات على باقي مراحل نمو البطاطا في حين كانت قيم Kc اقل عند مرحلة الانبات .

تفوقت قيم Kc عند استعمال الري بالتنقيط مقارنة مع الري بالرش والري السطحي وفي جميع مراحل نمو محصول البطاطا (النمو الخضري ، تكون الدرنات ، وملء الدرنات) يليه الري بالرش ومن ثم الري السطحي (ري مروز).

المصادر :

الهادي، صباح شافي والمراد، حسين شهاب(2000) تأثير رص التربة والمخلفات العضوية على الكثافة الظاهرية ونمو النبات. مجلة البصرة للعلوم الزراعية. مجلد 13، ص: 191 – 20.

Allen, R. G., Howell, T. A., and R. L. Snyder. (2011). Irrigation water requirements. In: Steton and Mecham (eds). Irrigation, 6th. ed. Irrigation Association, Falls Church, VA, USA.

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. FAO Irrig. Drain. paper No. 56. FAO, Rome, 300pp.

Hargreaves, G. H., and. Z. A. Sammani. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Eng. Agric. 1(2): 96 – 99.

Henggler, J. C., M. D. Duckes, and B. Q. Mecham. (2012). Irrigation scheduling. In: Steton Mecham (eds.) Irrig. 6th. Ed. Irrig. Assoc. Falls Church, VA, USA Chap. 13, P: 491-564.

Jensen, M. E., Burman, R. D., and R.G. Allen. (1990). Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE. Manuals and Reports on Engineering Practices No.70, Am. Soc. Civil Engrs., New York, NY, 360pp.

Kharrufa, N. S. (1985). Simplified equation for evapotranspiration in arid regions. BeitrageZur Hydrologie. 5: 39 – 47.

Llvesniemi, H. J. Pumpanen, R. Duursma, P. Hari, P. Keronen, M. Kulmala, T. Pohja and E. Siivola. 2010. Water balance of a boreal Scots pine forest. Boreal environment research 15: Pp. 375-396.

Pochop, L.O., J. Borrelli, and R. Burman. (1983) Elevation-A bias error in SCS blaney criddle ET estimates. Publication by the Soil and Water Div. ASAE .Paper No, 82-2596.

rops, ISHS. P.18.

Salah, A. A. H. (2003). Studies of water requirement for some crops under different irrigation system. M. Sc. Thesis, College of Agric. Cairo Univ. Egypt.

Smith, M. (1992). CROPWAT. A computer program for planning and management. Irrig. Drain. Pap. 46, FAO, Rome.

Smith, M., R.G. Allen, L.S Pereira, and W.O. Pruitt. (1996). Proposed revision to the FAO procedure for estimating crop water requirements. 2nd International Symp. Irrigation Horticulture C .

Tzimopoulos, C., L. Mpallas, and G. Papaevangelou. (2008). Estimation of evapotranspiration using fuzzy systems and comparison with the blaney-criddle method. J. Environ. Sci. Technol. 1(4): 181-186.

Wilson, E. M. (1974). Engineering Hydrology. 2nd edition MacMillan Co. London. P: 22.