جامعة الملك سعود

كلية علوم الأغذية والزراعة

قسم الهندسة الزراعية

مشروع تخرج ١

هزر (٤٩١)

تحويل نظام إضافة الماء من نظام محوري إلى نظام تحت سطحي لمحصول البطاطس

الفصل الدراسي الأول ١٤٤٠/٢٠١٨

إشراف :

أ.د. عبدالرحمن العذبة ، د. عمرو , م. ناصر الرضيان

إعداد :

خالد مشبب القحطاني ٤٣٦١٠٥٦٦٣

عمر محمد السوادي ٤٣٢١٠٠٢٦٩

الفهرس:

1- المخلص	**2- المقدمة**
3- المشكلة الحالية(المزرعة)	4- فكرة المشروع
5- أهداف المشروع	6- موقع الدراسة
7- خطوات العمل	8- منهجية العمل
9- النتائج	10-الخطوة القادمة
11-الملاحق	12- المراجع

الملخص

تطوير نظام إضافة مياه الري من نظام محوري إلى نظام ري تحت سطحي, حيث انه تم أخذها على خطوات للمحافظة على الثروة المائية وبالتالي توفير المال والطاقة والجهد , في البداية تم جمع البيانات المناخية من كرسي الشيخ محمد العمودي لأبحاث المياه لسنة ٢٠١٧ وتم من خلالها حساب البخر-نتح المرجعي على ثلاث معادلات مركبة وهي : بنمان-مونتيث فاو٥٦ و بنمان مونتيث- ASCE و بنمان مونتيث –العامة لمقارنة النتائج والتأكد من دقة العمل ولكن تم الاعتماد على بنمان-مونتيث فاو٥٦ لأن مرجع معامل الحصول لها هو المتوفر والأكثر دقة من قبل منظمة الفاو و أيضا تم حساب البخر-نتح المحصولي ومن خلاله تم حساب الاحتياج المائي للري حيث تم فرض الكفاءة والاحتياجات الغسيلية وتم حسابه كعمق ماء و كحجم وتم عمل متوسطات على مدى اربعة اشهر ومنحنيات للتأكد من دقة الحسابات وللمقارنة وعلى أساس هذا العمل سيتم في المرحلة القادمة جدولة الري ومعرفة ومقارنة الماء المتوفر بالماء المطلوب إضافته ومن ثم سيتم تخطيط وتصميم النظام الجديد (نظام الري تحت السطحي) ومقارنة النظامين .

و أيضا لقد تم عمل زيارة للحقول المراد العمل عليها و معاينتها و رؤية النظام المحوري و طريقة عملة و رؤية النظام التحت سطحي و طريقة عملة.

المقدمة

يعد مناخ المملكة العربية السعودية بشكل عام حار نهاراً بسبب ارتفاع درجات الحرارة وفي الليل تنخفض درجات الحرارة نسبياً، تتبع اغلب مناطق البلاد المناخ الصحراوي باستثناء جنوب غرب البلاد.

وقد ساهمت المملكة في نمو الانتاج الزراعي وتحسنت بشكل كبير على مدى العقود الماضية.

على الرغم من أن السعودية تشكل الصحاري جزء كبير من مساحتها، إلا أن هناك العديد من المناطق التي تمثل مناخاً وأرضاً خصبه للزراعة.

و من الواقع الملموس ان العالم يواجه ازمة توافر المياه العذبة, وخصوصا في وطننا العربي.

خصوصا ان رقعتنا الجغرافية تعاني من نقص حاد في مصادر المياه العذبة, والاستهلاك الجائر للمياه والممارسات الخاطئة.

فإن التحول الى نظم ري ذات كفائه عالية يساهم في المحافظة على الموارد المائية ورفع الإنتاجية.

و يجب علينا نحن كمهندسين زراعيين ابتكار طرق وإيجاد حلول تساعد في ترشيد استهلاك المياه المستخدمة للري و اتباع كافة الوسائل و التقنيات الحديثة لتحقيق هذه الغاية .

و نسعى لتحقيق الإدارة المثلى لاستخدام المياه في غرض الري فيما يتوافق مع رؤية ٢٠٣٠.

مشكلة المشروع :

استهلاك كميات المياه العالية في نظام المحوري و قلة الانتاجية مقارنة بالكمية المضافة من الماء .

فكرة المشروع :

معالجة النظام الحالي وتحويل نظام الري من ري محوري الى نظام ري تحت سطحي .

أهداف المشروع :

1- معالجة الوضع القائم .
2- زيادة كفاءة الري .
3- تقليل الفواقد المائية (البخر - نتح) .
4- جدولة الري .

تفاصيل وأبعاد المزرعة :

مساحة الحقل	٥٦ هكتار
المسافة بين ليات المنقطات	**٠,٩ متر**
نصف قطر الحقل	**٤٢٢ متر**

خطوات العمل :

خطوات تم العمل عليها :

1- جمع البيانات والمعلومات الحقلية .

2- جمع البيانات المناخية.

3- تقدير الإحتياجات المائية.

خطوات العمل المستقبلية :

1. جدولة مياه الري على الوضع الحالي.
2. تخطيط وتصميم النظام البديل (المقترح).
3. جدولة مياه الري على النظام المقترح
4. تقدير قائمة بالكميات وحساب التكاليف.
5. عمل مقارنة للنظامين من ناحية التكاليف والطاقة والإنتاجية.

منهجية العمل

حساب الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس

أولاً : النواحي الحسابية

تتطلب هذه المرحلة مجموعة من المواد التي منها النماذج الرياضية لحساب (البخر-نتح المرجعي , والبخر-نتح المحصولي والإحتياجات المائية للري)

هذا بالإضافة إلى مجموعة من المدخلات تتمثل في البيانات المناخية للمنطقة لإتمام العمليات الحسابية .

ثانياً : منهجية العمل

يتم تقدير الإحتياجات المائية للري من خلال ثلاث خطوات تتمثل في :

أ- تقدير البخر-نتح المرجعي
ب- تقدير البخر-نتح المحصولي
ت- تقدير الإحتياجات المائية للري

أ- تقدير البخر – نتح المرجعي

تم استخدام معادلة وهي : معادلة لبنمان – مونتيث بصيغته على أساس عشب بسبب أنها أكثر شيوعاً و انتشاراً ودقةً وأيضا بسبب توفر معامل المحصول (Kc) لها في منظمة الفاو (FAO) , وصيغتها كالتالي :

$$ETo = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma\left(\frac{900}{Ta + 273}\right)U2(es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U2)}$$

حيث إن :

Rn	صافي الإشعاع الشمسي عند سطح المحصول (ميقا جول /م٢.يوم)
Δ	ميل منحنى العلاقة بين ضغط البخار المشبع ودرجة الحرارة
γ	الثابت الرطوبي (كيلو باسكال/درجة مئوية)
G	شدة حرارة تدفق التربة (ميقا جول /م٢.يوم)
U_2	سرعة الرياح عند ارتفاع ٢ م (م/ث)
T_a	درجة الحرارة المتوسطة (درجة مئوية)
e_s	ضغط البخار المشبع (كيلو باسكال)
e_a	ضغط البخار الفعلي (كيلو باسكال)

ب- تقدير البخر – نتح المحصولي

البخر–نتح هو الإحتياج الفعلي اللازم للمحاصيل من المياه خلال فترة نموها , وهو كمية المياه التي تفقد خلال عملية البخر من سطح التربة وأوراق النبات , وعملية النتح من ثغور الأوراق . ونظراً لصعوبة تقدير البخر–نتح للمحصول (ETc) بصورة مباشرة فقد استعيض عن ذلك بالبخر-نتح المرجعي (ETref) ومعامل المحصول (Kc) وبتطبيق هذا المفهوم العلمي (alrdyan,2012), فإن البخر-نتح للمحصول يساوي كالتالي :

$$ETc = Kc \times ETo$$

معامل المحصول :

معامل المحصول يمثل النسبة بين البخر – نتح للمحصول تحت ظروف مثالية أو قياسية وبما أن أي محصول له مراحل نمو فسوف يتم أخذ القيم الموجودة من منظمة الفاو وسيتم حساب معامل المحصول لليوم تحديداً عن طريق المعادلة (Allen et al., 1998) :

$$K_{ci} = K_{c\ prev} + \left(\frac{i - \sum(L_{prev})}{L_{stage}}\right)(K_{c\ next} - K_{c\ prev})$$

حيث إن :

I	رقم اليوم ضمن موسم النمو
Kci	معامل المحصول لليوم
L stage	طول المرحلة المعينة (يوم)
$\sum(L_{prev})$	مجموع أطوال كافة المراحل السابقة (يوم)
Kc prev	معامل المحصول للمرحلة السابقة
Kc next	معامل المحصول للمرحلة التالية

ت- تقدير إحتياجات مياه الري

أخر العلميات الحسابية المطلوبة لتقدير الاحتياج المائي للري (IWR) تتمثل في الأخذ بالاعتبار الاحتياجات الغسيلية (LR) و فواقد المياه خلال النقل وأثناء الإضافة (alrdyan,2012) , التي يعبر عنها من خلال التالي:

$$IWR = \frac{ET_c}{E_i(1-LR)}$$

وبالنسبة للإحتياجات الغسيلية وبما أن نظام الري سطحي فنستخدم المعادلة التالية (Allen et al., 1998) :

$$LR = \frac{EC_w}{(5EC_s - EC_w)} \times \frac{1}{LE}$$

حيث إن :

IWR الإحتياجات المائية للري

LR الإحتياجات الغسيلية .

EC_w التوصيل الكهربائي لمياه الري (ديسمز/م)

EC_s التوصيل الكهربائي لمحلول التربة المشبع (ديسمز/م)

LE كفاءة غسيل التربة , وتؤخذ عادة على أنها تساوي ٠,٩

E_i طريقة الري (كفاءة الري)

النتائج

متوسط البيانات الاسبوعية على مدى ١٧ اسبوع من ١ نوفمبر الى ٢٨ فبراير للمحوري (النظام السابق)

الاسبوع	متوسط درجات الحرارة	متوسط الرطوبة النسبية	متوسط احتياجات المحصول المرجعي	متوسط احتياجات محصول البطاطس	متوسط كمية الماء المضافة م٣/هكتار	متوسط كمية الماء المضافة لتر/يوم
week	T avg (oC)	RH avg (%)	Eto mm/day	ETc mm/day	محوري IWR	محوري IWR
1	24.52	29.65	7.51	3.75	161.11	5753.85
2	23.37	32.51	6.93	3.47	148.72	5311.42
3	21.89	36.50	6.56	3.28	140.65	5023.18
4	21.15	39.12	6.20	3.21	137.75	4919.58
5	20.33	41.67	6.28	4.10	175.90	6282.23
6	19.57	44.06	5.95	4.77	204.87	7316.91
7	18.46	45.65	5.50	5.24	224.88	8031.44
8	17.72	45.22	5.27	5.81	249.36	8905.67
9	16.93	44.09	5.23	6.02	258.31	9225.19
10	17.05	43.47	5.77	6.63	284.63	10165.23
11	16.55	46.77	5.29	6.09	261.15	9326.63
12	17.48	45.61	5.37	6.18	265.18	9470.58
13	18.04	43.33	5.47	6.28	269.63	9629.79
14	19.10	37.96	6.44	6.96	298.86	10673.71
15	19.41	37.37	6.59	6.52	279.99	9999.65
16	20.75	33.95	6.83	6.12	262.71	9382.63
17	22.18	33.50	6.92	5.51	236.50	8446.43

متوسط البيانات الشهرية على مدى ٤ اشهر من ١نوفمبر الى ٢٨ فبراير للمحوري (النظام السابق)

الشهر	متوسط درجات الحرارة	متوسط الرطوبة النسبية	متوسط احتياجات المحصول المرجعي	متوسط احتياجات محصول البطاطس	متوسط كمية الماء المضافة م٣/هكتار	متوسط كمية الماء المضافة لتر/يوم
Month	T (oC)	RH (%)	Eto mm/day	ETc mm/day	IWRمحوري	IWR محوري
11	22.57	35.00	6.73	3.43	147.16	5255.81
12	18.58	44.26	5.63	5.21	223.62	7986.59
1	17.33	44.59	5.49	6.31	270.64	9665.82
2	20.47	35.44	6.75	6.26	268.60	9592.72

متوسط البيانات الاسبوعية على مدى ١٧ اسبوع من ١ يناير الى ٣٠ابريل للمحوري (النظام السابق)

الاسبوع	متوسط درجة الحرارة	متوسط الرطوبة النسبية	متوسط احتياجات المحصول المرجعي	متوسط احتياجات محصول البطاطس	متوسط كمية الماء المضافة م٣/هكتار	متوسط كمية الماء المضافة لتر/يوم
week	**T (oC)**	**RH (%)**	**Eto mm/day**	**ETc mm/day**	**IWRمحوري**	**IWRمحوري**
1.00	17.04	43.58	5.77	2.88	123.76	4419.94
2.00	16.84	45.98	5.42	2.71	116.35	4155.21
3.00	16.94	45.70	5.30	2.65	113.63	4058.13
4.00	17.98	44.48	5.39	2.80	120.02	4286.45
5.00	18.82	39.22	6.16	4.03	172.77	6170.38
6.00	19.38	37.96	6.67	5.36	229.99	8214.01
7.00	20.12	34.31	6.76	6.46	277.39	9906.72
8.00	21.86	34.27	6.88	7.60	325.93	11640.28
9.00	22.00	32.23	7.18	8.26	354.54	12662.18
10.00	23.34	30.25	7.92	9.11	390.97	13963.28
11.00	24.88	32.39	7.61	8.75	375.62	13414.96
12.00	25.92	31.65	7.78	8.95	383.99	13713.80
13.00	26.51	30.81	8.09	9.29	398.63	14236.75
14.00	28.35	27.32	9.34	10.12	434.14	15504.90
15.00	29.22	26.66	9.02	8.93	383.24	13687.13
16.00	30.05	24.91	8.58	7.70	330.24	11794.41
17.00	31.00	25.51	8.13	6.48	277.97	9927.65

متوسط البيانات االشهرية على مدى ٤ اشهر من ١ يناير الى ٣٠ابريل للمحوري (النظام السابق)

الشهر	متوسط درجات الحرارة	متوسط الرطوبة النسبية	متوسط احتياجات المحصول المرجعي	متوسط احتياجات محصول البطاطس	متوسط كمية الماء المضافة م٣/هكتار	متوسط كمية الماء المضافة لتر/يوم
Month	**T (oC)**	**RH (%)**	**Eto mm/day**	**ETc mm/day**	**IWRمحوري**	**IWR محوري**
1.00	17.33	44.59	5.49	2.83	121.34	4333.42
2.00	20.47	35.44	6.75	6.34	272.01	9714.82
3.00	24.64	31.46	7.76	8.92	382.85	13673.28
4.00	29.62	26.21	8.75	8.31	356.53	12733.27

متوسط البينات الاسبوعية على مدى ١٧ اسبوع من ١ نوفمبر الى ٢٨ فبراير للنظام تحت سطحي (النظام الجديد)

الاسبوع	متوسط درجات الحرارة	متوسط الرطوبة النسبية	متوسط احتياجات المحصول المرجعي	متوسط احتياجات محصول البطاطس	متوسط كمية الماء المضافة م٣/هكتار	متوسط كمية الماء المضافة لتر/يوم
Week	**T avg (oC)**	**RH avg (%)**	**Eto mm/day**	**ETc mm/day**	**IWR تحت سطحي**	**IWR تحت سطحي**
1	24.52	29.65	7.51	3.75	128.39	4585.23
2	23.37	32.51	6.93	3.47	118.51	4232.66
3	21.89	36.50	6.56	3.28	112.08	4002.96
4	21.15	39.12	6.20	3.21	109.77	3920.40
5	20.33	41.67	6.28	4.10	140.18	5006.29
6	19.57	44.06	5.95	4.77	163.26	5830.83
7	18.46	45.65	5.50	5.24	179.21	6400.24
8	17.72	45.22	5.27	5.81	198.71	7096.91
9	16.93	44.09	5.23	6.02	205.84	7351.54
10	17.05	43.47	5.77	6.63	226.82	8100.65
11	16.55	46.77	5.29	6.09	208.11	7432.37
12	17.48	45.61	5.37	6.18	211.32	7547.09
13	18.04	43.33	5.47	6.28	214.87	7673.96
14	19.10	37.96	6.44	6.96	238.16	8505.86
15	19.41	37.37	6.59	6.52	223.12	7968.70
16	20.75	33.95	6.83	6.12	209.36	7476.99
17	22.18	33.50	6.92	5.51	188.47	6730.95

متوسط البينات الشهرية على مدى ٤ اشهر من ١ نوفمبر الى ٢٨ فبراير للنظام تحت سطحي (النظام الجديد)

الشهر	متوسط درجات الحرارة	متوسط الرطوبة النسبية	متوسط احتياجات المحصول المرجعي	متوسط احتياجات محصول البطاطس	متوسط كمية الماء المضافة م٣/هكتار	متوسط كمية الماء المضافة لتر/يوم
Month	**T (oC)**	**RH (%)**	**Eto mm/day**	**ETc mm/day**	**IWR تحت سطحي**	**IWR تحت سطحي**
11	22.57	35.00	6.73	3.43	147.16	5255.81
12	18.58	44.26	5.63	5.21	223.62	7986.59
1	17.33	44.59	5.49	6.31	270.64	9665.82
2	20.47	35.44	6.75	6.26	268.60	9592.72

متوسط البيانات الاسبوعية على مدى ١٧ اسبوع من ١ يناير الى ٣٠ابريل تحت سطحي (النظام الجديد)

الاسبوع	متوسط درجة الحرارة	متوسط الرطوبة النسبية	متوسط احتياجات المحصول المرجعي	متوسط احتياجات محصول البطاطس	متوسط كمية الماء المضافة م٣/هكتار	متوسط كمية الماء المضافة لتر/يوم
week	**T (oC)**	**RH (%)**	**Eto mm/day**	**ETc mm/day**	**IWR تحت سطحي**	**IWR تحت سطحي**
1.00	17.04	43.58	5.77	2.88	99.18	3542.14
2.00	16.84	45.98	5.42	2.71	93.24	3329.98
3.00	16.94	45.70	5.30	2.65	91.06	3252.19
4.00	17.98	44.48	5.39	2.80	96.18	3435.16
5.00	18.82	39.22	6.16	4.03	138.46	4944.94
6.00	19.38	37.96	6.67	5.36	184.32	6582.71
7.00	20.12	34.31	6.76	6.46	222.30	7939.25
8.00	21.86	34.27	6.88	7.60	261.20	9328.52
9.00	22.00	32.23	7.18	8.26	284.13	10147.47
10.00	23.34	30.25	7.92	9.11	313.32	11190.17
11.00	24.88	32.39	7.61	8.75	301.02	10750.75
12.00	25.92	31.65	7.78	8.95	307.73	10990.25
13.00	26.51	30.81	8.09	9.29	319.46	11409.33
14.00	28.35	27.32	9.34	10.12	347.92	12425.63
15.00	29.22	26.66	9.02	8.93	307.13	10968.87
16.00	30.05	24.91	8.58	7.70	264.66	9452.04
17.00	31.00	25.51	8.13	6.48	222.77	7956.02

متوسط البيانات الشهرية على مدى ٤ اشهر من ١ يناير الى ٣٠ابريل للنظام تحت سطحي (النظام الجديد)

الشهر	متوسط درجات الحرارة	متوسط الرطوبة النسبية	متوسط احتياجات المحصول المرجعي	متوسط احتياجات محصول البطاطس	متوسط كمية الماء المضافة م٣/هكتار	متوسط كمية الماء المضافة لتر/يوم
Month	**T (oC)**	**RH (%)**	**Eto mm/day**	**ETc mm/day**	**IWR تحت سطحي**	**IWR تحت سطحي**
1.00	17.33	44.59	5.49	2.83	97.24	3472.81
2.00	20.47	35.44	6.75	6.34	217.99	7785.46
3.00	24.64	31.46	7.76	8.92	306.82	10957.77
4.00	29.62	26.21	8.75	8.31	285.72	10204.45

الملاحق

تسلسل حل طريقة بنمان مونتيث- الفاو٥٦

1. معكوس المسافة النسبية بين الأرض والشمس

$$d_r = \frac{\cos\left(2\pi \frac{J}{365}\right)}{30} + 1$$

d_r معكوس المسافة النسبية بين الأرض والشمس
J رقم اليوم بالنسبة للسنة ابتداءً من ١(يناير) والى ٣٦٥ أو ٣٦٦ (٣١ ديسمبر)

2. الانحراف الشمسي

$$\delta = 0.409 \sin\left(2\pi \frac{J}{365} - 1.39\right)$$

δ الانحراف الشمسي [زاوية نصف قطرية]

3. خط العرض

$$\varphi = \frac{\pi}{180}\left(\text{Decimal Degrees}\right)$$

φ خط العرض [زاوية نصف قطريه]

4. زاوية ساعة الغروب

$$\omega_s = \arccos\left(-\tan(\varphi)\tan(\delta)\right)$$

ω_s زاوية ساعة الغروب

5. الإشعاع الشمسي الساقط فوق الغلاف الجوي

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} Gsc \cdot d_r \left(\omega_S \sin(\varphi)\sin(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\sin(\omega_S)\right)$$

R_a الإشعاع الساقط فوق الغلاف الجوي (ميغاجول/م^2/يوم)
G_{sc} الثابت الشمسي = ٠,٠٨١٢ (ميغاجول/م^2/دقيقة)

6. الإشعاع الشمسي قصير الموجة

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N}\right) R_a$$

R_s الإشعاع الشمسي قصير الموجة (ميغاجول/م^2/يوم)
a_s+b_s الجزء من الإشعاع الشمسي الساقط فوق الغلاف الجوي الواصل إلى سطح الأرض خلال الأيام الصافية
N عدد ساعات الاشراق الفعلية (ساعة)

7. صافي الإشعاع الشمسي أو صافي الإشعاع قصير الموجة

$$R_{ns} = (1-\alpha) R_s$$

R_{ns} صافي الإشعاع الشمسي أو صافي الإشعاع قصير الموجة (ميغاجول/م^2/يوم)
α البيدو أو معامل أنعكاس الغطاء، الذي يساوي ٠,٢٣ بالنسبة لمحصول العشب المرجعي الافتراضي

8. الأشعة الشمسية لسماء صافية

$$Rso = (0.75 + 0.00002E) Ra$$

R_{so} الاشعة الشمسية لسماء صافية (ميغاجول/م^2/يوم)
Z ارتفاع المقياس فوق سطح الأرض (م)

9. الضغط الجوي

$$P = 101.3\left(\frac{293 - 0.0065E}{293}\right)^{5.26}$$

P الضغط الجوي (كيلو باسكال)
Z الارتفاع عن سطح البحر (م)

10. ضغط البخار المشبع عند درجة حرارة الهواء

$$e^{o}(T) = 0.6108 \ \exp\left(\frac{17.27 \ T_a}{T_a + 237.3}\right)$$

$e^{o}(T)$ ضغط البخار المشبع عند درجة حرارة الهواء T (كيلو باسكال)
T درجة حرارة الهواء (م˚)

11. ميل منحنى العلاقة بين ضغط البخار المشبع ودرجة الحرارة

$$\Delta = \frac{4098 \ e^{o}(T_a)}{(T_a + 237.3)^2}$$

Δ ميل منحنى العلاقة بين ضغط البخار المشبع ودرجة الحرارة

12. ضغط البخار الفعلي

$$e_a = \frac{e^{o}(T_{min})RH_{max} + e^{o}(T_{max})RH_{min}}{2}$$

e_a ضغط البخار الفعلي (كيلو باسكال)
$e^{o}(T_{min})$ ضغط البخار المشبع عند درجة الحرارة اليومية الدنيا (كيلو باسكال)
RH_{max} الرطوبة النسبية القصوى ٪
$e^{o}(T_{max})$ ضغط البخار المشبع عند درجة الحرارة اليومية اقصوى (كيلو باسكال)
RH_{min} الرطبة النسبية الدنيا ٪

13. ضغط البخار المشبع

$$e_s = \frac{e^{o}(T_{max}) + e^{o}(T_{min})}{2}$$

e_s ضغط البخار المشبع (كيلو باسكال)

14. صافي الإشعاع الشمسي طويل الموجة العائد

$$R_{nl} = \sigma \left(\frac{T_{max,K}^4 + T_{min,K}^4}{2} \right) (0.34 - 0.14\sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right)$$

R_{nl} صافي الإشعاع الشمسي طويل الموجة العائد (ميغاجول/م^2/يوم)
σ ثابت ستيفان-بولتزمان ٤,٩٠٣ × ١٠$^{-9}$ (ميغاجول/(كلفن^4 .م^2.يوم))
$T_{max, K}$ درجة الحرارة المطلقة القصوى خلال فترة ٢٤ ساعة [K=c^o+ 273.16]
$T_{min, K}$ درجة الحرارة المطلقة الدنيا خلال فترة ٢٤ ساعة [K=c^o+ 273.16]

15. صافي الإشعاع الشمسي عند سطح المحصول

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

Rn صافي الاشعاع الشمسي عند سطح المحصول (ميغاجول/م^2/يوم)

16. سرعة الرياح عند ارتفاع ٢م

$$U_2 = U_z \left(\frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)} \right)$$

u_2 سرعة الرياح عند ارتفاع ٢م (م/ثانيه)
u_z سرعة الرياح عند ارتفاع z م فوق سطح الأرض (م/ثانيه)

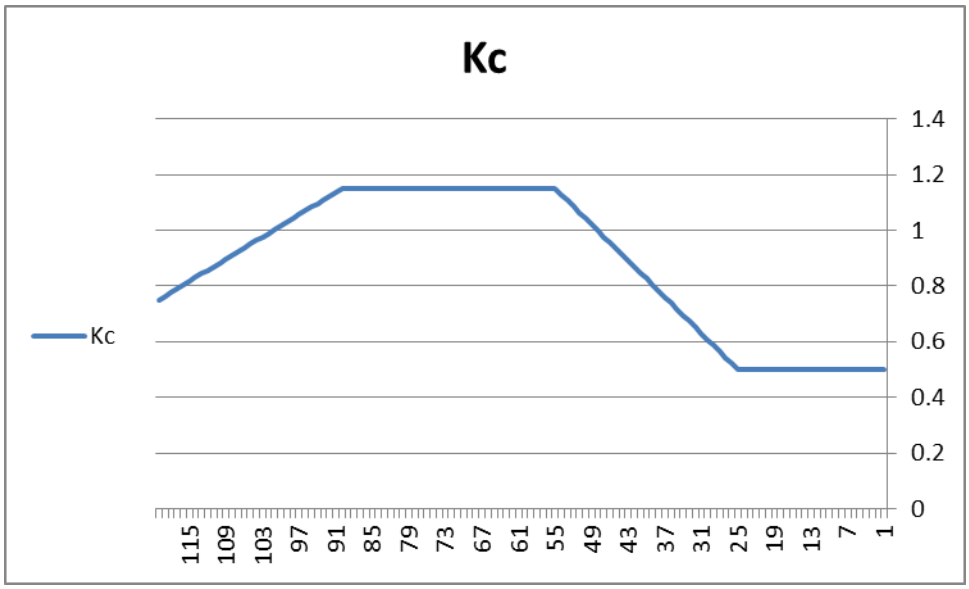
الثابت الرطوبي

$$\gamma = \frac{c_P \cdot P}{\varepsilon \cdot \lambda} = 0.665 * 10^{-3} P$$

γ الثابت الرطوبي (كيلو باسكال/م^o)
c_p الحرارة النوعية عند ضغط ثابت، ١,٠١٣ × ١٠$^{-3}$، ميغاجول/كغم/م^o
ε نسبة وزن جزيئة بخار الماء/ الهواء جاف= ٠,٦٢٢
λ الحرارة الكامنة للتبخير، ٢,٤٥ ميغاجول/ كغم

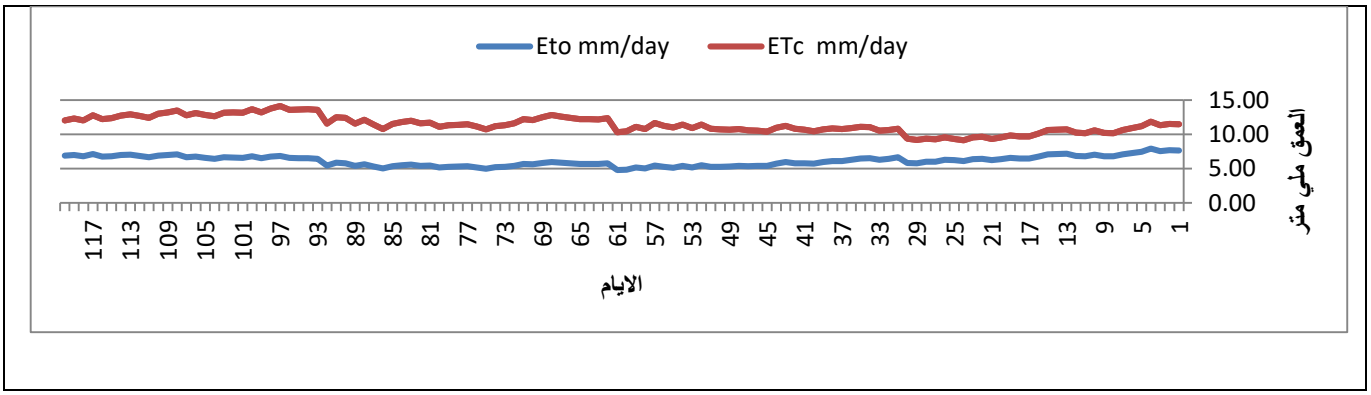
$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn-G)+\gamma\left(\frac{900}{T+273}\right)U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)}$$

ET_o البخر-نتح المرجعي (مم/يوم)



معامل محصول البطاطس

مقارنة الاحتياج المائي بين البطاطسETC و العشب ETO



المراجع

١-آلين ، ريتشارد .. (وأخرون) – ترجمة فوزي عواد , محمد بن ابراهيم السعود (٢٠٠٦).*البخر-نتح للمحاصيل دليل تقدير الاحتياجات المائية* , جامعة الملك سعود , الرياض , المملكة العربية السعودية .

٢- الغباري ، حسين محمد – العابدين ، طارق زين (٢٠١٦). *أسس هندسة نظم المياه والري* جامعة الملك سعود ، الرياض , المملكة العربية السعودية .

٣- الرضيان ، ناصر بن عبدالله (٢٠١٢). *تقدير الاحتياجات المائية للري من خلال برنامج حاسوبي يعمل ببيئة الأنترنت* , رسالة ماجستير.

٤- جيمس , لاري – ترجمة العذبة , عبدالرحمن علي – مطر , محمد عبدالعزيز(٢٠١٥). *أسس تصميم نظام الري المزرعي* , جامعة الملك سعود , الرياض , المملكة العربية السعودية

5-Alazba, A., (2004). Estimating palm water requirements using penman-monteith mathematical model. Journal of king saud university .