الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية وجدولة الري باستخدام برنامج CROPWAT

د.زياد عبدالكريم الموسى المكسور*

(الإيداع: 21 آب 2025، القبول: 19 تشرين الثاني 2025)

الملخص:

جمع المعلومات المتوفرة من معطيات أولية لدرجات الحرارة، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، وساعات السطوع الشمسي، والمعطيات الأساسية لحساب (التبخر –نتح) في محطة حماه الزراعية من بداية عام 2014 حتى 2024 ثم اجريت الدراسات التحليلية والاحصائية لها.

2ـ حساب الاحتياجات المائية لمحصولي القمح والقطن باستخدام علاقة بلاني وكريدل وعلاقة ثورنوايت وكذلك حساب الاحتياجات المائية واحتياج الري الصافي لمحصول القطن باستخدام برنامجCROPWAT .

3– ونتيجة الدراسة التحليلية للنتائج لوحظ أن النسبة(بين الاحتياج المائي المحسوب لمحصول القطن بطريقة بلاني وكريديل على الاحتياج المحسوب للمحصول نفسه باستخدام برنامج cropwat)تساوي 77%، وكذلك النسبة (بين التبخر نتح المحسوب بطريقة ثورنوايت على الاحتياج المحسوب للقطن باستخدام البرنامج المذكور) تساوي 86%، أي ان المحصول لا يعطىَ كمية المياه اللازمة بالشكل الكافي، وهذه النتيجة منطقية كون المعطيات المناخية ومعطيات التربة التي يحتاجها البرنامج، أكثر من المعطيات التي تحتاجها الطرق الاخرى، لذا نرى ضرورة تطبيق واستخدام البرنامج المذكور في حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية وجدولة الري .

الكلمات مفتاح: التبخر –نتح، جدولة الري –CROPWAT

* أستاذ مساعد – اختصاص ري و صرف– كلية الهندسة المدنية – جامعة الفرات.

Water requirements for agricultural crops and irrigation scheduling using the CROPWAT program

Dr. Zeyad Abdul Karim Al Mousa Al Maksour*

(Received: 21 Augast 2025, Accepted: 19 November 2025)

Abstract:

the research included the following:

1- Collecting available data from primary data sources on temperature, relative humidity, wind speed, sunshine hours, and basic data for calculating evapotranspiration at Hama Agricultural Station, For a period from 2014 to 2024. Analytical and statistical studies were then conducted.

2- Calculating the water requirements for wheat and cotton crops using the Blaney – Criddle relationship and the Thorn Waite equation, as well as calculating the water requirements and net irrigation requirements for cotton crops using the CROPWAT program.

3- the results of the analytical study showed that the percentage(between water requirement for cotton Calculated using the Blaney–Criddle equation to the water requirement Calculated for the same crop using the Cropwat program) is 77%,similarly, the percentage(between the evapotranspiration calculated using the Thorn Waite method and the water requirement Calculated for cotton using the Cropwat program) is 86%, this means that the crop is not receiving the necessary amount of water adequately, this result is logical because the climatic and soil date required by the program is more comprehensive than than the data required by other methods, therefore, we emphasize the importance of applying and using the Cropwat program for calculating the water requirements of agricultural crops and scheduling irrigation.

Keywords: evapotranspiration, irrigation scheduling - CROPWAT

* Assistant Professor – Specialization in Irrigation and Drainage – College of Civil Engineering – Al–Furat University.

1–مقدمة:

تقع منطقة الدراسة في المنطقة الوسطى من الجمهورية العربية السورية بمحافظة حماه، وتتميز بخصوبة تربتها وتنوع مزروعاتها وطرق الري المستخدمة، يؤدي حساب الاحتياج المائي للنبات بشكل علمي ومنطقي للحصول على الغل الأوفر للمحاصيل، وقد تم اختيار طريقة ثورنوايت كونها تعتمد على درجات الحرارة فقط ، و طريقة بلاني وكريدل التي تعتمد على درجات الحرارة وساعات السطوع الشمسي ومعامل المحصول ، أما برنامج CROPWAT يعتمد على علاقة بنمان مونتيث التي تحتاج الى عدد أكبر من المعطيات المناخية والزراعية والتربة من الطرق الاخرى ،كما يوجد عدد من الطرق لحساب الاحتياجات المائية عالميا، من هذه الطرق:

أ–علاقة بنمان :

أوجد الفيزيائي الإنكليزي (Penman) المعادلة التالية لحساب التبخر –نتح[م. 8].

$$E = [(\Delta/\gamma)\, N + Ea] /[(\Delta/\gamma) + 1] \qquad (1)$$

حيث أن:

E: الطاقة المتاحة للتبخير (mm/day). N: صافي الإشعاع.

Δ: ميل منحني الضغط البخاري المشبع مع الحرارة.

γ: الثابت البسيكرومتري($mbar/c^{\circ}$).

Ea: تساوي$f(u)\,(e_s - e)$.

ب– علاقة تورك:

وضع الباحث Turc معادلة لحساب الانفضاج التبخري الكموني على مستوى منطقة مناخية واسعة، تعتمد هذه المعادلة على درجة الحرارة والإشعاع الوسطي ، وتستخدم في فرنسا ،وفي دول أخرى، وذلك وفق الصيغتين التاليتين [م. 5]:

الصيغة الأولى : وتطبق من أجل $Rh \geq 50\ \%$

$$ETP = 0.4 \times (Ig + 50)\, 2\left(\frac{t}{t+15} \times\right)$$

الصيغة الثانية : وتطبق من أجل $Rh < 50\ \%$

$$ETP = 0.4 \times (Ig + 50)\left(\frac{t}{t+15}\right)\left(1+\frac{50-Rh}{70}\right) \qquad (3)$$

ETP: التبخر –نتح الكموني بـ (mm/month).

t: درجة الحرارة الوسطية الشهرية، من أجل ($t \leq 0$) تؤخذ ETP تساوي الصفر.

Rh : معدل الرطوبة النسبية للهواء .

I_g: الإشعاع الكلي الوسطي اليومي للشهر المعتبر ويقدر بـ (Cal/cm^2).

ج–علاقة بلاني وكريدل : علاقة نصف تجريبية تعتمد في حساب قيمة الـ ETP على معدل درجة الحرارة اليومي وساعات السطوع الشمسي وتعطى بالمعادلة التالية [م. 9]:

$$ETP = 0.458kP\,(t + 17.8) \qquad (4)$$

ETP: التبخر –نتح الكموني ويقدر بـ (mm/month).

P: نسبة عدد ساعات السطوع الشمسي الشهرية % من الكمية السنوية

t: درجة حرارة الهواء الوسطية الشهرية (C^0).

K: عامل المحصول التجريبي ويعطى

هـ– معادلة ثورنوايت: وتعتبر إحدى أقدم الطرق لحساب التبخر –نتح الكموني ، وتتطلب فقط معرفة حرارة الهواء ، وتعطى بالشكل التالي [م. 7]:

$$ETP = 16 \times \left(\frac{10 \times t}{I} \right)^{a} \qquad (5\ )$$

ETP: التبخر –نتح الكموني لشهر مثالي (30 يوماً) على أن يكون نهار كل يوم (12 ساعة) ، ويقدر بـ (mm/month).

t: درجة الحرارة الوسطية للشهر المعتبر (C^{o}).

I: دليل الحرارة السنوي ، ويساوي إلى مجموع قيم الدليل الحراري الشهري لمختلف أشهر السنة:

$$I = \sum_{1}^{12} \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \qquad (6)$$

a: قيمة تجريبية تحسب من المعادلة:

$$a = 0.675 \left(\frac{I}{100} \right)^{3} - 0.771 \times \left(\frac{I}{100} \right)^{2} + 1.792 \times \left(\frac{I}{100} \right) + 0.4924 \qquad (7)$$

2–هدف البحث:

إعطاء المزروعات احتياجاتها من المياه بالشكل العلمي والمنطقي لتنتج الغلة الأوفر من المحاصيل الزراعية، لذلك وقع الاختيار على هذا البحث لحساب الاحتياجات المائية بطرق عدة ، من أجل اختيار الطريقة الافضل والأنسب ، لمعرفة الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية وجدولة الري وباستخدام برنامج حاسوبي، في محافظة حماه.

3–مواد وطرائق البحث:

أ–دراسة مرجعية لأحدث الأبحاث في مجال البحث والدراسات المتعلقة بمنطقة الدراسة بالإضافة إلى دراسة الطرق المعروفة عالمياً وكيفية تطبيق واستخدام برنامج CROPWAT.

ب–دراسة احصائية للمعطيات المناخية المتوفرة (درجات الحرارة الصغرة والعظمى والمتوسطة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، ساعات السطوع الشمسي، الهطول المطري) في محطة حماه الزراعية من عام 2014حتى عام 2024[م. 6].

ج–حساب الاحتياجات المائية لمحصولي القمح والقطن في تلك المنطقة باستخدام علاقة بلاني وكريدل وعلاقة ثورنوايت.

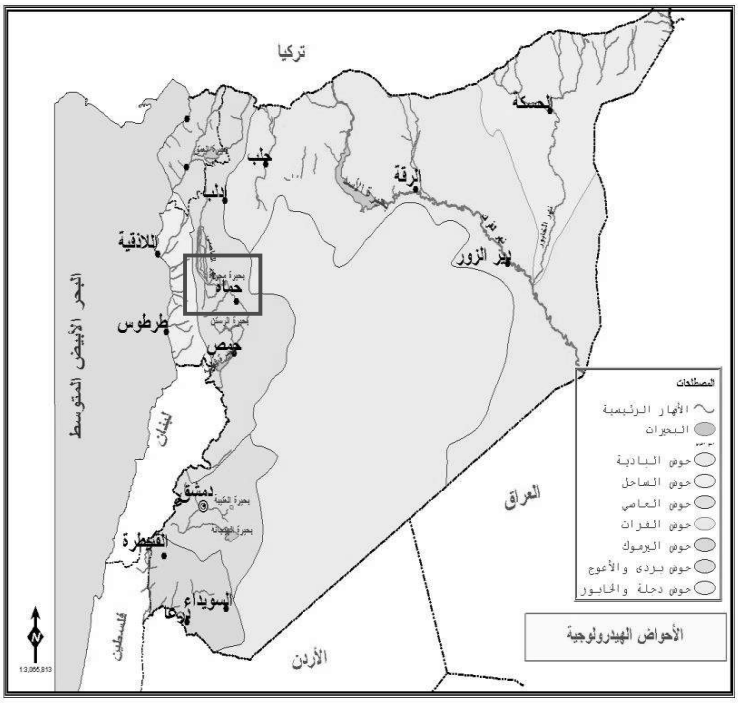
د–حساب الاحتياجات المائية وجدولة الري لمحصول القطن في تلك المنطقة باستخدام برنامج CROPWAT.

والجدول (1) يبيّن معلومات عامة عن تلك المحطة.

الجدول رقم (1): (معلومات عامة عن المحطة الزراعية المدروسة).

اسم المحطة	الموقع		
	خط الطول	خط العرض	الارتفاع عن سطح البحر (م)
حماه الزراعية	36°-45-18″	35° -06-52″	487

حيث تتميز تربة المنطقة بأنها غضارية، ويتراوح عمقها من m (2–0.75)، وتوصف بالتربة الغضارية وفق مثلث تصنيف الترب (U.S.D.A.) عام 1960، ومن خلال التحليل الكيميائي للتربة – [م. 6] – وجد أنها تحتوي على نسبة عالية من البوتاسيوم والفوسفور ونسبة متوسطة من كربونات الكالسيوم والآزوت والكربون، ويبلغ المعدل الوسطي لنفوذية التربة (5 mm/h)، والشكل (1) يبين الخارطة الهيدرولوجية للجمهورية العربية السورية مبين عليها منطقة الدراسة، [م. 3].



الشكل رقم (1): الخارطة الهيدرولوجية للجمهورية العربية السورية مبيناً عليها منطقة الدراسة

4–النتائج:

أ–عولجت المعطيات المناخية للفترة الواقعة بين عام 3014 و2024 وتم الحصول على كافة المعطيات اللازمة لحساب الاحتياجات المائية [م. 1].

ب–حسبت الاحتياجات لمحصول القمح والقطن بطريقة بلاني وكريدل حصلنا على الجدول التالي (2) [م. 3]:

الجدول رقم (2) : الاحتياجات المائية لمحصولي القمح والقطن:

الشهر	متوسط درجة الحرارة الشهرية	p%	k قمح	احتياج القمح مم /الشهر	k قطن	احتياج القطن مم الشهر
كانون الثاني	8.46	6.99				
شباط	10.63	6.68		73.9		
اذار	13.86	8.35		102.9		84.8
نيسان	18.37	8.85		124.6		102.6
ايار	23.48	9.81		157.6		129.8
حزيران	27.05	9.83				141.3
تموز	30.05	9.99				153.3
اب	30.58	9.4				145.8
ايلول	27.93	8.36				122.6
تشرين اول	22.71	7.85				
تشرين ثاني	15.02	6.92				
كاانون أول	10.41	6.73	0.85		0.7	

ج –علاقة ثورنوايت: حصلنا على الجدول (3) المتضمن حساب التبخر النتح بعد ادخال عوامل التصحيح.

الجدول رقم (3): حساب البخر –نتح بطريقة ثورنوايت

العناصر	الأشهر											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
خط العرض الشمالي	35° –06–52″											
درجات الحرارة	8.4	10.4	13.9	18.4	23.5	27.1	30.1	30.6	27.9	22.7	15	10.4
الدليل الشهري الحراري i	2.19	3.03	4.7	7.19	10.41	12.92	15.15	15.53	13.5	9.88	5.28	3.03
الدليل السنوي للدليل I	102.81											
العامل التجريبي a	2.25											
الاحتياج المائي قبل التصحيح E	10.15	16.42	31.54	59.28	102.79	141.65	179.4	186.17	151.23	95.08	37.43	16.42
عامل التصحيح k	0.864	0.846	1.03	1.094	1.216	1.222	1.22	1.136	1.016	0.862	0.858	0.842
mm/month بعد التصحيح E	8.77	13.89	32.49	64.85	124.99	173.1	218.87	211.49	153.65	81.96	32.11	13.83

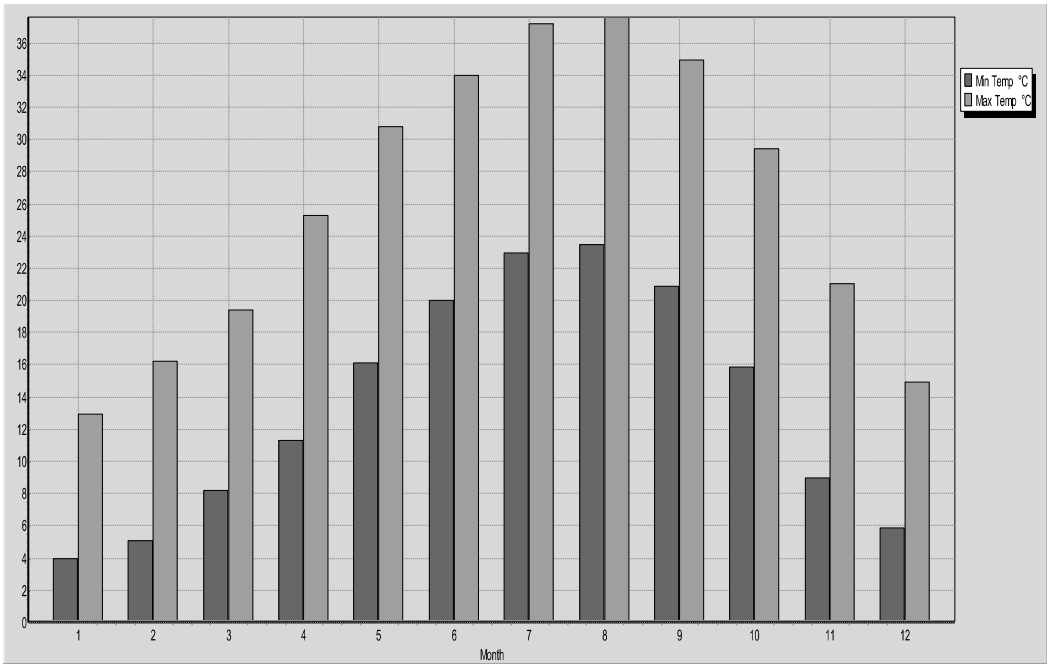
د–جدولة الري باستخدام برنامج cropwat[م.10]:

نقوم بإدخال اسم المحطة وإحداثياتها، ثم ندخل بعد المعالجة درجة الحرارة الصغرى والعظمى والرطوبة النسبية وسرعة الرياح لكل شهر ومتوسط ساعات السطوع الشمسي اليومي الشهري، بتطبيق البرنامج نحصل على التبخر –نتح لكل شهر متوسط يومي، والجدول (4) يبين ذلك:

الجدول (4) حساب التبخر –نتح في محطة حماه الزراعية

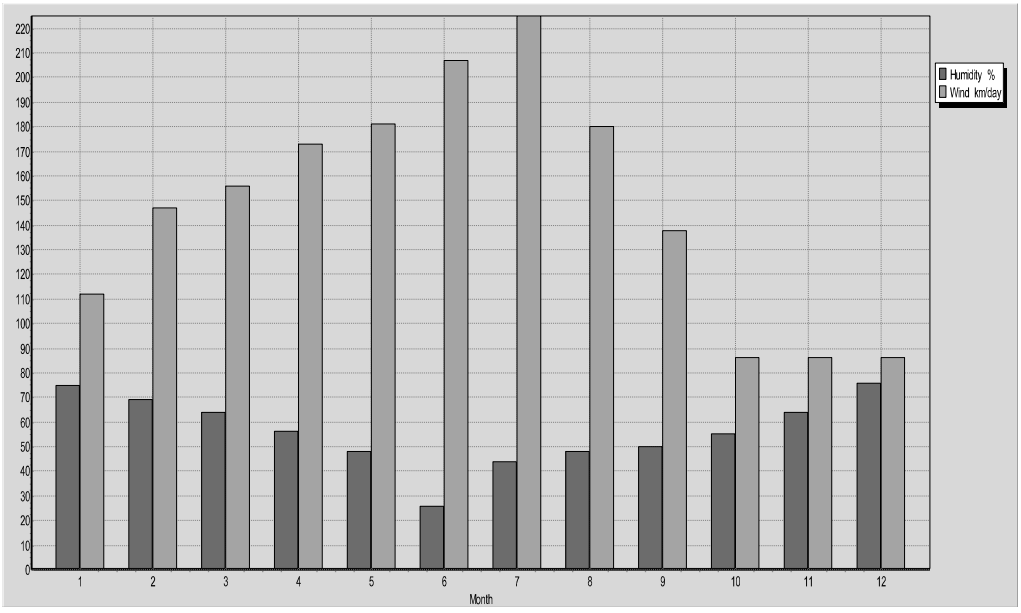
Eto mm/day	Radiation MJ/m²/day	Sunshine hour/day	Wind km/day	Humidity%	Max TempC°	Min TempC°	Month
1.15	8.2	4.1	112	75	12.9	4.0	January
1.95	11.7	5.6	147	69	16.2	5.1	February
2.88	15.5	6.5	156	64	19.4	8.2	March
4.53	20.8	8.5	173	56	25.3	11.3	April
6.16	25.0	10.4	181	48	30.8	16.1	May
7.90	27.7	11.9	207	26	34.0	20.0	June
8.17	27.9	12.3	225	44	37.2	22.9	July
7.12	25.7	11.6	180	48	37.6	23.5	August
5.24	20.8	9.9	138	50	34.9	20.9	September
3.01	15.1	7.8	86	55	29.4	15.9	October
1.68	10.5	6.0	86	64	21.0	9.0	November
1.03	7.7	4.1	86	76	14.9	5.9	December
4.24	18.1	8.2	148	56	26.1	13.6	Average

والشكل (2) يبين درجات الحرارة العظمى والصغرى الشهرية



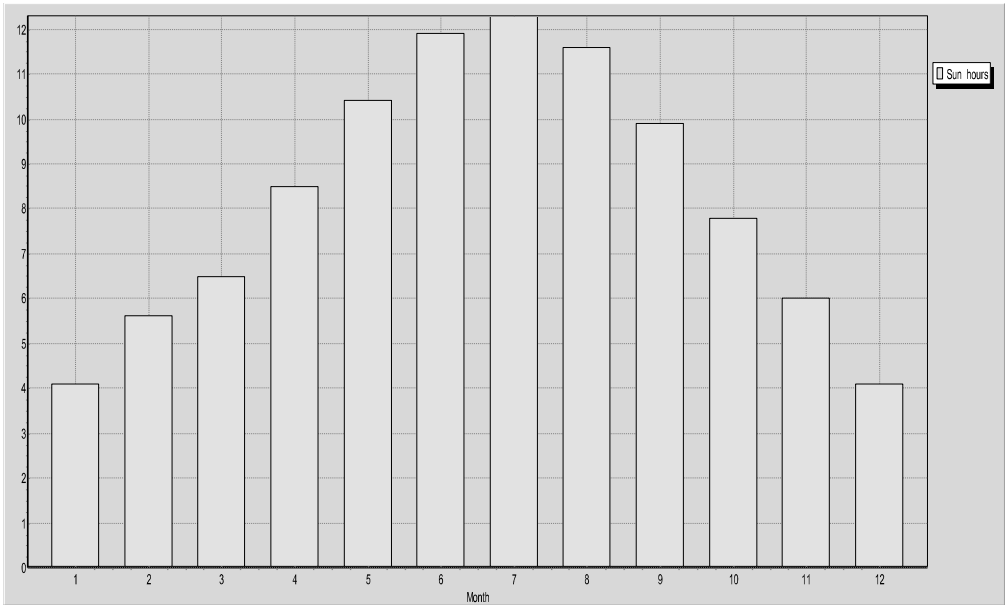
الشكل رقم (2): درجات الحرارة العظمى والصغرى الشهرية

والشكل (3) يبين متوسط سرعة الرياح الشهرية بواحدة km/dayومتوسط الرطوبة النسبية



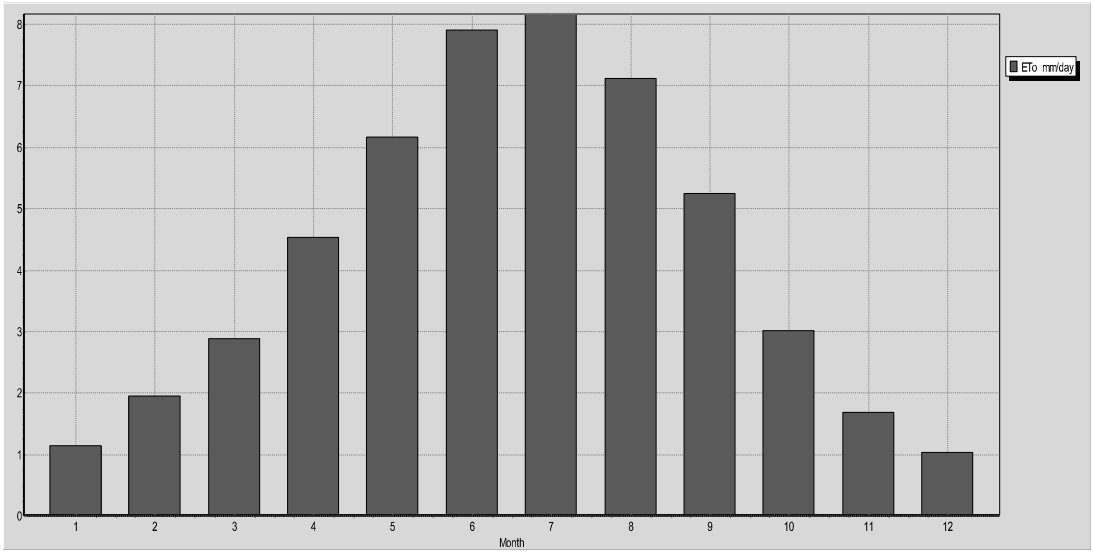
والشكل رقم (3): متوسط سرعة الرياح الشهرية بواحدة (km/day) ومتوسط الرطوبة النسبية.

والشكل (4) يبين متوسط ساعات السطوع الشمسي اليومي بكل شهر



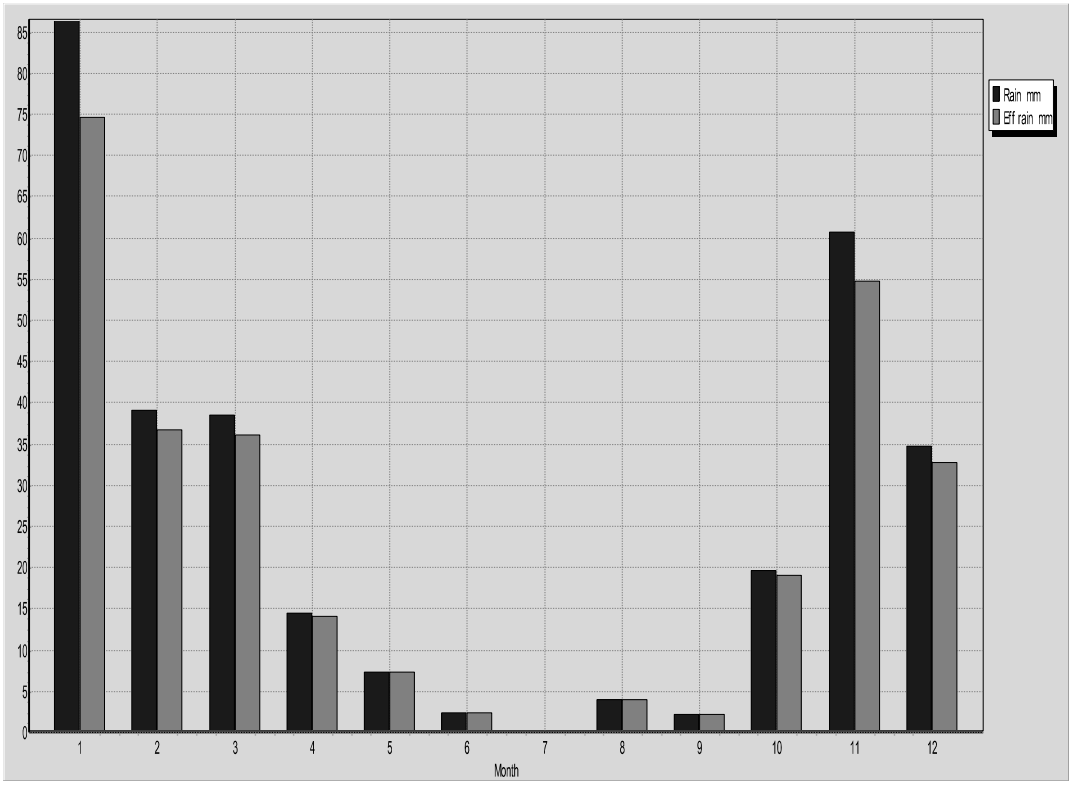
الشكل رقم (4): متوسط ساعات السطوع الشمسي اليومي بكل شهر

وبعد ادخال المعطيات والحساب نحصل على الشكل (5) والذي يمثل قيمة التبخر –نتح حيث نرى ان اعلى قيمة تكون بالشهر السابع



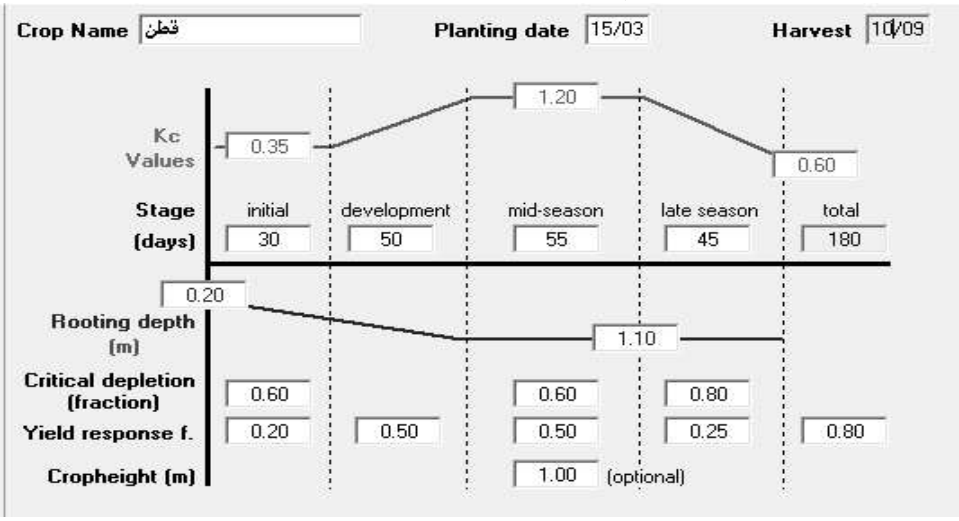
الشكل رقم (5): قيمة التبخر –نتح

وبعد ادخال قيمة متوسط الامطار الشهرية (متوسط كمية الامطار التي تهطل في الشهر الواحد على منطقة معينة)خلال فترة الدراسة ،نحصل على المطر الفعال(كمية المياه التي تساهم فعلاً في تغذية التربة وتكون متاحة للمحصول من المياه التي هطلت ويحسب بناءً على عدة عوامل مثل نوع التربة ،درجة الحرارة ، التبخر، التسرب ، التغطية النباتية ، وتتراوح نسبة فعالية الهطول بين 0.1 إلى 0.9 بناءً الى العوامل المذكورة سابقاً، حيث يبن الشكل (6) متوسط الهطول المطري الشهري والفعال.

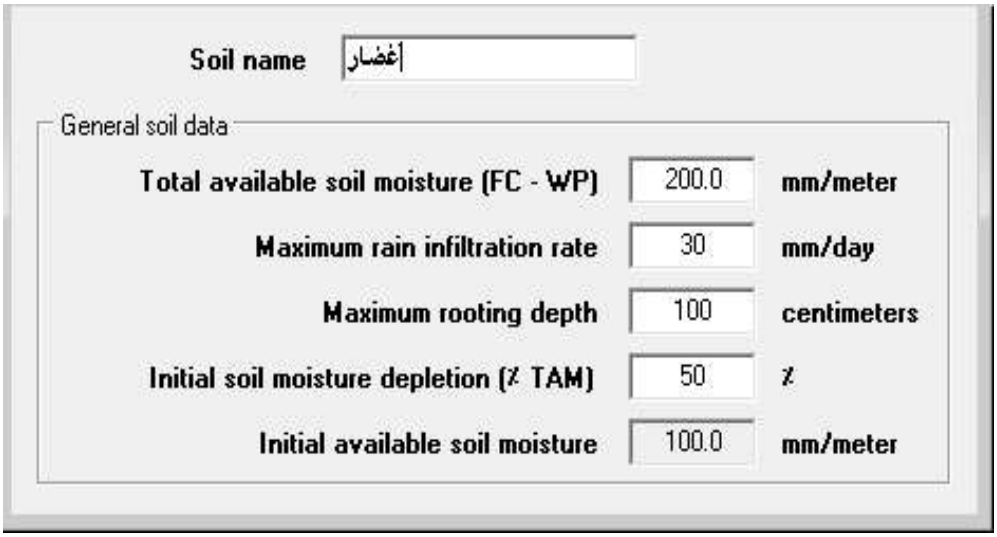


الشكل رقم (6): متوسط الهطول المطري الشهري والفعال لكل شهر.

وكذلك تم ادخال نوع المحصول ونوع التربة في المنطقة والشكل 7و8 يوضحان ذلك.



الشكل رقم (7): نوع المحصول المزروع



الشكل رقم (8): مواصفات التربة

بعد ادخال المعطيات تم التوصل الى جدولة الري لمحصول القطن في محافظة حماه، الأشكال(9 ،10) والجدول(5) توضح ذلك، حيث ان:

ETo: التبخر نتح المرجعي للمحاصيل يقدر بالمليمتر.

مساحة المحصول: نسبة المساحة المزروعة بالمحصول المحدد.

Kc: معامل المحصول وهو متوسط معامل المحصول لكل فترة.

CWR: الاحتياجات المائية للمحصول وتحسب بالقانون "ETo*Kc"

Total and Effective Rainfall:إجمالي الهطول المطري الفعال.

.Irrig.Req: احتياجات الري للمحصول مقدرة بالملليمتر للفترة الحالية.

TAM: إجمالي الرطوبة المتاحة في التربة للمحصول (السعة الحقلية – حد الذبول) لعمق الجذور الفعالة.

RAM: الرطوبة المتاحة في التربة للمحصول بيسير (RAM = P * TAM)

حيث P: هو الجزء المستنزف لهذا المحصول في التاريخ الحالي

Rain: كمية الأمطار

Efct. Rain : الهطول المطري الفعال – كمية الأمطار الداخلة للتربة.

Etc : التبخر نتح الفعال للمحاصيل.

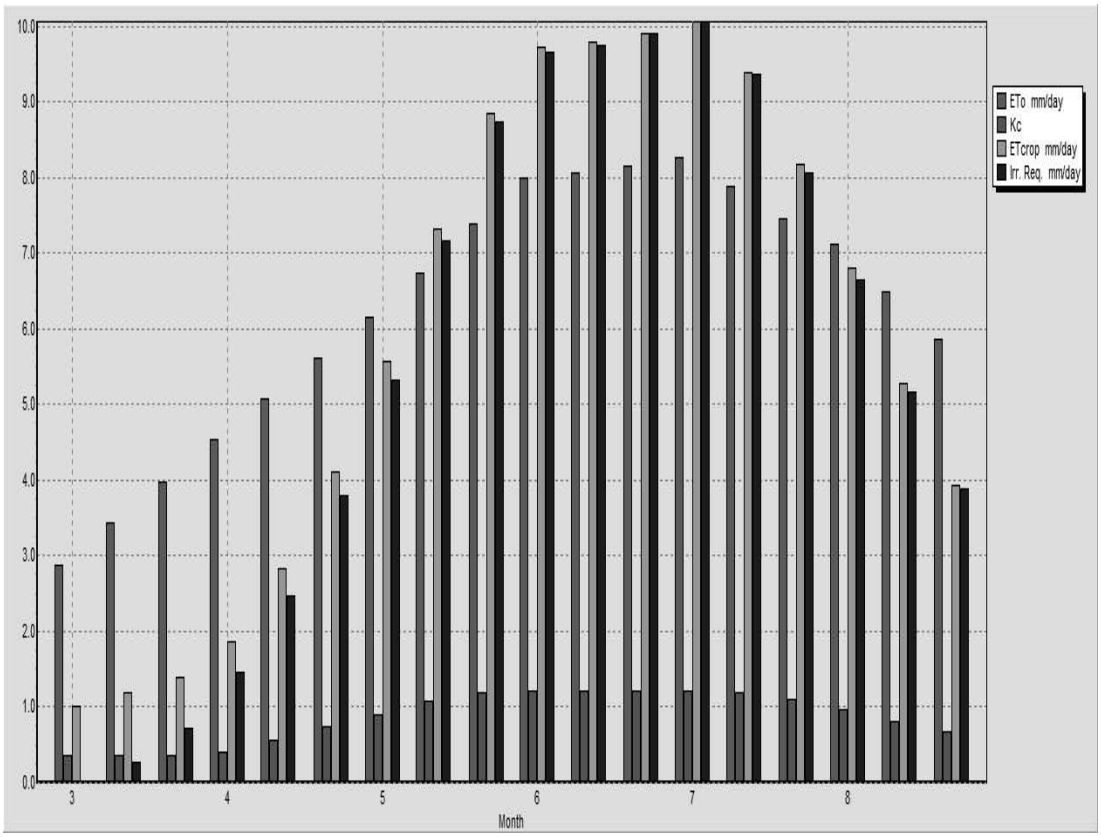
ETc/ETm : نسبة ET الفعال للمحصول إلى الحد الأقصى، وهذا يفيد بتطوير جدولة الري للوصول إلى جودة محصوليه 100%.

SMD : العجز في رطوبة التربة .

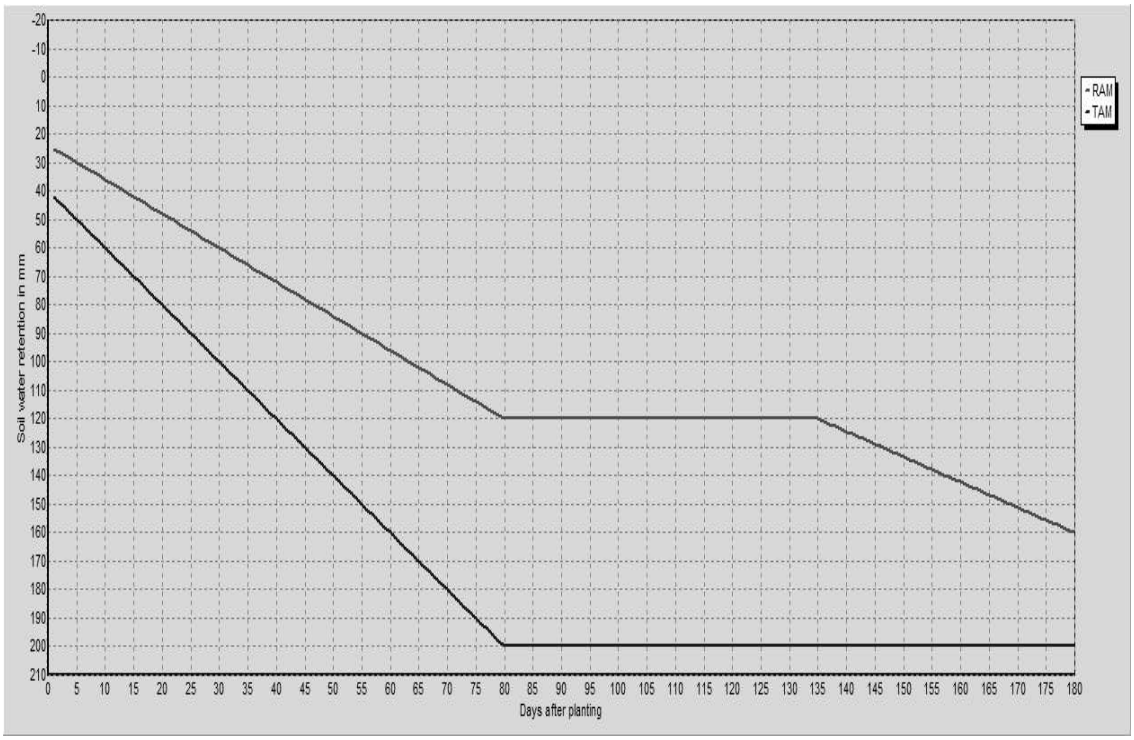
Irr Interv : الفاصل الزمني (باليوم) منذ حدوث آخر رية لنفس المكان.

Net Irr : العمق المطبق للري (mm).

Lost Irr : مياه الري الضائعة إما بالجريان السطحي أو بالتسرب.



الشكل رقم (9): قيم(Eto وKc وET_{CROP} وIrrig.Req) لكل فترة .



الشكل رقم (10): تغير (TAM وRAM) مع الزمن

الجدول رقم (5) : جدول الري والاحتياجات المائية الصافية لمحصول القطن

ETo station حماه الزراعية Crop قطن

Rain station حماة الزراعية Planting date 15/03

Month	Decade	Stage	Kc	ETcrop	ETcrop	Eff. rain	Ir. Req.	Ir. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/day	mm/dec
Mar	2	Init	0.35	1.01	6.0	7.8	0.00	0.0
Mar	3	Init	0.35	1.20	13.2	10.2	0.27	3.0
Apr	1	Init	0.35	1.39	13.9	6.7	0.72	7.2
Apr	2	In/De	0.41	1.86	18.6	4.0	1.46	14.6
Apr	3	Deve	0.56	2.83	28.3	3.5	2.48	24.8
May	1	Deve	0.73	4.11	41.1	3.2	3.79	37.9
May	2	Deve	0.91	5.57	55.7	2.4	5.34	53.4
May	3	Deve	1.09	7.33	80.6	1.9	7.16	78.7
Jun	1	De/Mi	1.20	8.86	88.6	1.3	8.74	87.4
Jun	2	Mid	1.22	9.74	97.4	0.7	9.67	96.7
Jun	3	Mid	1.22	9.81	98.1	0.5	9.76	97.6
Jul	1	Mid	1.22	9.92	99.2	0.0	9.91	99.1
Jul	2	Mid	1.22	10.07	100.7	0.0	10.07	100.7
Jul	3	Mi/Lt	1.19	9.38	103.2	0.1	9.38	103.2
Aug	1	Late	1.09	8.17	81.7	1.0	8.07	80.7
Aug	2	Late	0.96	6.82	68.2	1.6	6.66	66.6
Aug	3	Late	0.81	5.29	58.1	1.3	5.17	56.9
Sep	1	Late	0.67	3.93	39.3	0.4	3.89	38.9
Totals					1092.1	46.5	1047.3	

5–مناقشة النتائج:

1– نتيجة حساب الاحتياج الكلي بطريقة بلاني كريديل:

أ– بالنسبة للقمح من 2/1 حتى 5/31 الاحتياج 459 مم.

ب–بالنسبة للقطن من 3/15 حتى 9/10 الاحتياج 806 مم.

2– نتيجة تطبيق علاقة ثورنوايت وجدنا ان التبخر –نتح:

أ– خلال الفترة من 2/1 حتى 5/31 يساوي 236 مم.

ب– خلال الفترة من 3/15 حتى 9/10 يساوي 906 مم.

3– نتيجة استخدام برنامج cropwat في حساب الاحتياجات وجدولة الري حيث يأخذ بعين الاعتبار العناصر المناخية ونوع المزروعات وطبيعة التربة وجدنا:

أ–أن قيمة التبخر –نتح خلال الفترة من 2/1 حتى 5/31 يساوي 470.5 مم، ومن 3/15 حتى 9/10 يساوي 1133 مم.

ب– ومن خلال جدولة الري وادخال عامل المحصول وإجمالي الرطوبة المتاحة في التربة ونوعية التربة وجدنا ان احتياج محصول القطن من 3/15 حتى 9/10 للمياه هو 1092 مم واحتياج محصول القطن للري هو 1047 مم وذلك بعد أخذ بعين الاعتبار المطر الفعال ومحتوى التربة من الرطوبة.

4– مما سبق نلاحظ قيم التبخر نتح خلال الفترة من 2/1 حتى 5/31 حيث كان باستخدام طريقة ثورنوايت القيمة 236 مم ، وبطريقة بلاني و كريدل 459 مم، و باستخدام برنامج cropwat 470.5 مم ،حيث ان البرنامج يتطلب معظم العناصر المناخية ام ثورنوايت يعتمد فقط درجة الحرارة ، وبلاني كريدل يتطلب درجة الحرارة وساعات السطوع

الشمسي، ووجدنا ان التبخر النتح خلال الفترة من 3/15 حتى 9/10 بطريقة ثورنوايت فترة زراعة وجني القطن يساوي 906 مم وبطريقة بلاني وكريدل احتياج القطن 806 مم، أما بتطبيق برنامج cropwat فكان الاحتياج 1092 مم وبعد الاخذ بعين الاعتبار المطر الفعال والمحتوى المائي للتربة أصبح القطن بحاجة الى كمية ري تساوي 1047 مم، ونتيجة الدراسة التحليلية للنتائج السابقة نلاحظ أن النسبة بين حساب الاحتياج المائي لمحصول القطن بطريقة بلاني وكريدل وباستخدام برنامج cropwat تساوي 77% أي ان المحصول لا يعطى كمية المياه اللازمة بالشكل الكافي والمتناسبة مع العوامل المناخية والتربة مما يؤثر سلبا على الانتاج (الغلة)،والنسبة بين التبخر نتح المحسوبة بطريقة ثورنوايت على الاحتياج المحسوب للقطن باستخدام البرنامج المذكور تساوي 86% . لذلك نرى تطبيق واستخدام البرنامج المذكور في حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية وجدولة الري لتغطية كافة الجوانب العلمية والاخذ بعين الاعتبار طبيعة المحصول والعوامل المناخية وطبيعة التربة والمحتوى المائي لها وغيره .

6-التوصيات والمقترحات:

1- نوصي باستخدام برنامج CROPWAT في حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية وجدولة الري في منطقة حماه.

2- التحقق من نتائج استخدام البرنامج في كافة أنحاء الجمهورية العربية السورية للاستفادة منه في التطبيق العملي.

3- إدراج البرنامج وطريقة استخدامه في الكتب الجامعية الحديثة المتضمنة جدولة الري.

7-المراجع المستخدمة:

1- الموازنة المائية للمياه السطحية في حوض العاصي الأعلى في سورية وتنبؤاتها المستقبلية، المهندس المدني زياد الموسى المكسور – دراسة أعدت لنيل درجة الماجيستير في الهندسة المدنية -عام 2004، عدد الصفحات /141/.

2-تحديث الدراسة الهيدروجيولوجية والهيدر ومناخية لحوض العاصي – التقرير الهيد ومناخي – الشركة العامة للدراسات المائية -عام 2004، عدد الصفحات /150/.

3-الموارد المائية محافظة حماة وحمايتها من التلوث-الدكتور زياد الموسى المكسور -مجلة جامعة الفرات للدراسات -عام 2015 -عدد الصفحات /21/.

4-أثر العناصر المناخية على التنوع الحيوي، إيهاب رامح ريحان -دراسة أعدت لنيل درجة الماجيستير في الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة تشرين -عام 2016، عدد الصفحات /206/.

5-الري وإدارة الموارد المائية، الدكتور زياد الموسى المكسور، منشورات جامعة حماه، كلية الزراعة -عام 2020، عدد الصفحات /226/.

6-معلومات عن المحطات المناخية والزراعية -مديرية البحوث الزراعية حماه.

7-Thornthwaite, C.W. (1948): An approach toward a relation classification of climate. Geographical Review, 38: 55:94, Vol 38, No. 1.

8-Penman, H.L. (1948): Natural evaporation from open water bare soil and grass. Proceeding of the Royal Society of London, series A, 193: 120-146.

9-Blany, H.F. and Criddle, W.D. (1950): Determining water requirements in irrigated areas-Climatological and irrigated data. U.S.A, SCS Tech., 96 Washington, D.C

10-www. FAO.ORG/AG/AGLW/WCROP.HTM