تقدير وجدولة الاحتياجات المائية لمحصول البرسيم
باستخدام نموذج Cropwat 8.0 بمشروع كعام الزراعي – ليبيا

https://doi.org/10.37375/jlgs.v5i1.3120

د. جمعة على المليان
أستاذ مشارك بقسم الجغرافيا/ كلية الآداب/ الجامعة الأسمرية الإسلامية ـ ليبيا
g.elmalian@asmarya.edu.ly

الملخص:

تهدف الدراسة إلى التعرف على كميات المياه اللازمة لري محصول البرسيم، وكذلك كميات التبخر وفق المناخ الحالي لمنطقة مشروع كعام الزراعي واستنادًا إلى معايير منظمة الأغذية والزراعة(FAO)، كما يهدف لتطوير تقويم الري الذي يمكن لمزارعي المشروع اتباعه وتوعيتهم بالروتين السليم للري خلال فترات الجفاف اعتمادًا على نموذج Cropwat 8.0، وهي طرق ري قائمة على أسس علمية لتكنولوجيا الري الموفرة للمياه، واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي والمنهج الوصفي، وتوصلت لعدة نتائج، أهمها: أن محصول البرسيم بمشروع وادي كعام الزراعي يتطلب رياً إجمالياً قدره 1850.5ملم، والري الصافي 1555.5 ملم، من خلال 22 رية خلال الموسم، وأن احتياجات الهكتار بالمشروع تبلغ 18505 مترًا مكعبًا في الموسم، ومن المهم إجراء دراسات وأبحاث تستخدم نموذج Cropwat 8.0 لكافة المحاصيل بمنطقة المشروع؛ حتى يمكننا ذلك من تحسين إدارة الموارد المائية بالمنطقة، وكذلك تحسين الإنتاج.

الكلمات المفتاحية: مشروع كعام، جدولة الاحتياجات المائية للبرسيم، متطلبات مياه المحاصيل، السعة الحقلية، فترات الري.

Estimating and scheduling the water needs of the alfalfa crop using Cropwat 8.0 model in the Kaam Agricultural Project – Libya

Dr. Gmaa Ali Elmelian
Associate Professor in Department of Geography, Faculty of Arts
ALasmarya Islamic University
g.elmalian@asmarya.edu.ly

Abstract:

The study aims to identify the amounts of water needed to irrigate the Alfalfa crop as well as the amounts of evaporation according to the current climate of the kamam agricultural project area and based on the standards of the food and Agriculture Organization (FAO). it also aims to develop an irrigation calendar that project farmers can follow and raise their awareness of the proper routine of irrigation during dry periods based on the Cropwat 8.0 model, which are irrigation methods based on scientific foundations of water-saving irrigation technology, the study used the analytical and descriptive approach, and reached several results, the most important of which is that the Alfalfa crop in the Kaam Valley agricultural project requires irrigation a total of 1850.5 mm and a net irrigation of 1555.5 MM, through 22 irrigations during the season, and that the needs of the hectare The project has a capacity of 18,505 cubic meters per season, and it is important to conduct studies and research using the crop watt model for all crops in the project area so that we can improve the management of Water Resources in the region as well as improve production.

Keywords: Kaam project, scheduling water requirements for alfalfa, crop water requirements; field capacity; Watering intervals

مقدمة:

يُعَدُّ محصول البرسيم الحجازي من بين أبرز المحاصيل المنتشرة بمشروع وادي كعام؛ نظرًا لمردوده الاقتصادي وسهولة الاعتناء به، وهو نبات علفي بقولي معمر عالي الجودة، ذو خصائص جيدة من حيث الاستساغة، ومقاومة عالية للإجهاد، غلة ذات تغذية غنية، ولكنه يعد من أكثر المحاصيل استهلاكاً للمياه في منطقة الدراسة، خاصة في ظل غياب التركيبة المحصولية المدروسة من قبل المختصين والقائمين على إدارة مشروع كعام الزراعي، والتي من المفترض أن تراعي الموارد المائية المتاحة بالمنطقة، وعلى ذلك فإن تحديد وجدولة الاحتياجات المائية لهذا المحصول يعد من الخطوات المهمة في إطار المحافظة على الموارد المائية وتقنين استهلاكها بمنطقة الدراسة.

ويُزرع هذا المحصول في منطقة الدراسة في موعدين، هما: أكتوبر ونوفمبر، والموعد الثاني فبراير ومارس، ويفضل الموعد الأول حتى يكون النبات أكثر قدرة على مقاومة الارتفاع في درجات حرارة فصل الصيف، وكذلك أكثر عددًا من الحصائد في الموسم الأول من موعد الزراعة الآخر، ويحتاج الهكتار من 50 إلى 70 كيلوجرام من البذور، ومن خلال الدراسة الميدانية فإن مصدر الري الأساسي بالمشروع هي المياه الجوفية ولا تستغل مياه سد وادي كعام في الري بالمشروع منذ ثمانينيات القرن الماضي؛ بسبب تهالك شبكة الري العامة إضافة إلى أنها تحمل كميات من الطمي تعرقل عمليات الري، وتم تعويض ذلك بحفر بئر خاص لكل مزرعة، بدل شبكة الري العامة التي كانت تعتمد على ثلاثة مصادر للري، وهي المياه الجوفية وعين كعام وبحيرة سد وادي كعام، وهو ما يؤثر على خزان المياه الجوفية بمنطقة الدراسة، الأمر الذي تسبب في جفاف بعض الآبار وتعميق بعضها الآخر للبحث عن خزانات جوفية أكثر وفرة، وفي هذا الصدد يذكر أن القطاع الزراعي مسؤول عن استهلاك ما يقرب من 70٪ من إجمالي سحب المياه العذبة العالمية سنويًا (Zoidou, et el (2017

وتجدر الإشارة إلى أن الري يغطي أكثر من 20% من الأراضي المزروعة العالمية ويساهم في أكثر من 40 ٪ من إجمالي الإنتاج الغذائي العالمي. يستهلك الري الزراعي معظم المياه، لكنه ينتج أقل عائد لكل وحدة مقارنة بالقطاعات الاقتصادية الأخرى (El-Shafei, 2023) وفي الوقت الحاضر، أصبح النقص في مصادر المياه العذبة مشكلة عالمية ظاهرة مرتبطة بالتغيرات المناخية والنمو السكاني، والتنمية الاقتصادية

(Gabr, 2022) إن الاستخدام الاقتصادي للموارد المائية الموجودة هو واحد من أكثر أولويات هامة في الإصلاح الزراعي، وتظل الظروف المناخية مثل التبخر والتوزيع غير المتساوي لهطول الأمطار وخصوبة التربة وخصائصها لها تأثيرًا كبيرًا على الاحتياجات المائية للمحاصيل.

مشكلة الدراسة:

من الاستغلال غير المقنن للمياه في ري محصول البرسيم الحجازي بمشروع وادي كعام الزراعي الأمر الذي يؤثر على الموارد المائية المتاحة، وذلك من خلال التعرف على صافي متطلبات المياه اللازمة لهذا المحصول وعدد الريات في ظل المناخ الحالي، وكذلك التبخر الناجم عن استزراعه.

هدف الدراسة:

تهدف إلى التعرف على كميات المياه اللازمة لري محصول البرسيم، وكذلك كميات التبخر وفق المناخ الحالي لمنطقة مشروع كعام الزراعي، واستنادًا على معايير منظمة الأغذية والزراعة (FAO) كما تهدف إلى تطوير تقويم الري الذي يمكن لمزارعي المشروع اتباعه وتوعيتهم بالروتين السليم للري خلال فترات الجاف اعتمادًا على نموذج Cropwat 8.0، وهي طرق ري قائمة على أسس علمية لتكنولوجيا الري الموفرة للمياه، ويرفق به Aquacrop 5.0 (FAO, 2009) الخاص بتحديد الموقع.

أهمية الدراسة:

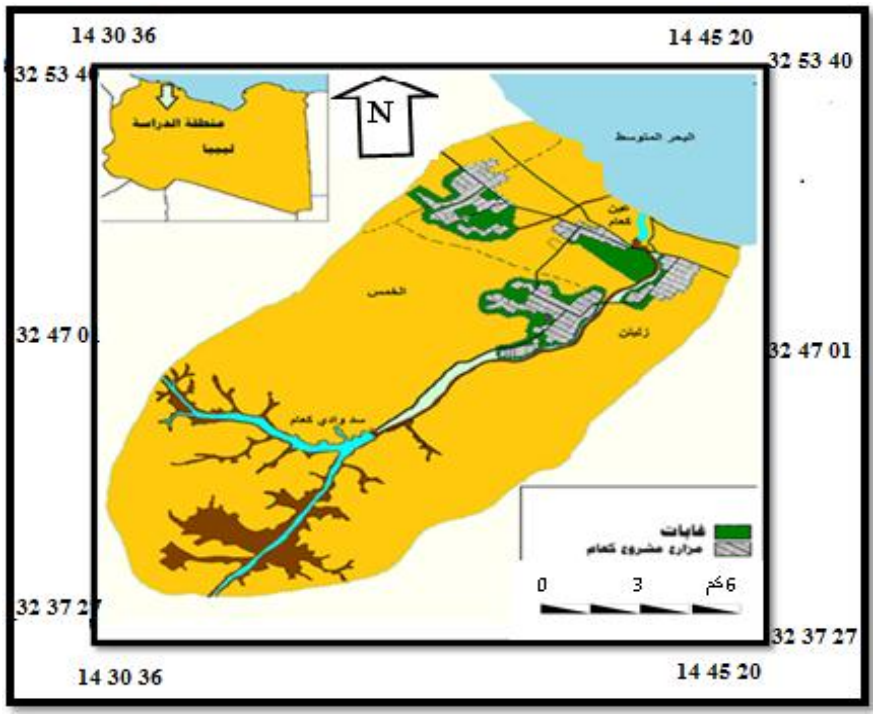
تُعَدُّ من الدراسات التي تتناول الموارد المائية وكيفية المحافظة عليها؛ لما لذلك من أهمية بالغة خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تعاني نقصًا في مواردها المائية، ومنطقة الدراسة واحدة منها، وكذلك وضع مبادئ توجيهية عامة للتقويم من أجل إدارة الري بشكل أكثر كفاءة، كما أن جدولة الري أمراً حيويا لتحقيق مخرجات مثلى، ويفيد في أغراض التخطيط وإدارة المياه، كما يمكن استخدام هذه الدراسة كجزء من قاعدة بيانات زراعية في المنطقة.

حدود منطقة الدراسة:

يقع مشروع وادي كعام الزراعي بين دائرتي عرض 37′ 32° و 63′ 32° وخطي طول 30′ 14° و 46′ 14° في المنطقة الواقعة بين مدينتي الخمس وزليتن، حيث يبعد

طرفه الشرقي عن مدينة زليتن مسافة 10 كم، بينما يبعد طرفه الغربي عن مدينة الخمس 15 كم تقريبًا، ويبعد عن البحر مسافة 3 كم ويظم 233 مزرعة مساحة كل منها 6 هكتارات، كما هو في الشكل(1) بمساحة إجمالية تقدر بـ 1400 هكتارًا (مجلس التنمية، د. ت، ص3).

شكل (1) خريطة مشروع وادي كعام الزراعي.



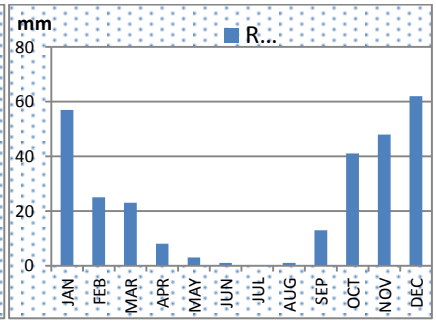
المصدر: أعدت استنادًا إلى مجلس استصلاح وتعمير الأراضي، الهيئة التنفيذية لمنطقة سهل الجفارة، مركز التطوير الزراعي، خريطة عامة لمشروع وادي كعام الزراعي بمقياس 1:10000.

طرائق الدراسة:

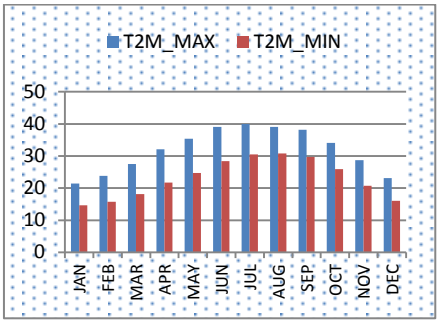
تقوم الدراسة على وصف وتحليل مدخلات ومخرجات نموذج Cropwat 8.0 الذي طورته منظمة الأغذية والزراعة وشعبة تنمية المياه (الفاو، 1992) للتخطيط وإدارة الري (Jabow.2020)، وتطبيق ذلك على محصول البرسيم بمشروع كعام الزراعي من خلال التعرف على إمدادات المياه وإدارتها الزراعية في إطار عمل يعتمد على مفاهيم فسيولوجية النبات الحالية وميزانية مياه التربة، وتتكون المدخلات من بيانات المناخ وخصائص

المحاصيل وخصائص التربة، وذلك من خلال خوارزميات وإجراءات حسابية لنمذجة تسلل الماء والصرف من منطقة الجذر، بهدف تطوير منطقة المظلة والجذر، من خلال حساب معدل التبخر والنتح وإنتاج الكتلة الحيوية، ويتم وصف آليات استجابة المحاصيل للتعامل مع نقص المياه من خلال عدد قليل من المعلمات (Raes. et al 2009) واستخدمت بيانات المناخية لمدة ثلاثين عامًا (1990–2020) لمنطقة مشروع كعام ومصدرها وكالة ناسا(*)؛ وعناصر المناخ هي درجات الحرارة العظمى والصغرى وكميات الأمطار وسرعة الرياح والرطوبة النسبية والسطوع الشمسي والأشكال من(2) إلى(6) تبيّن طبيعة البيانات التي استخدمت وتمثل متوسطات تلك العناصر خلال ثلاثة عقود.

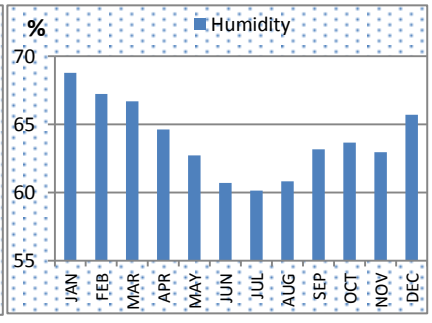
شكل (2) كميات الأمطار بمشروع كعام ما بين(1990–2020)



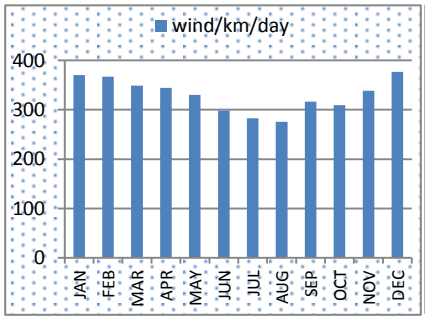
شكل(3) درجات الحرارة العظمى والصغرى ما بين(1990–2020).



شكل(4) سرعة الرياح بمنطقة الدراسة ما بين (1990–2020)

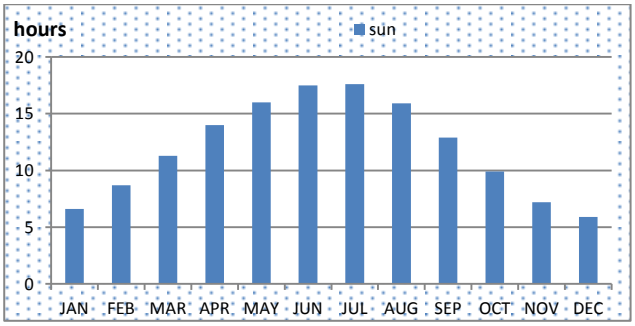


شكل(5) الرطوبة النسبية بمنطقة الدراسة ما بين (1990–2020).



(*) https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer

شكل(6) ساعات السطوع الشمسي بمنطقة الدراسة ما بين(1990–2020)



كما يقدر البرنامج التبخر المرجعي (ETo) من خلال معادلة بنمان– مونتيث (Penman-Monteith) التي اعتمدتها منظمة الأغذية والزراعة، وفقًا لما يأتي: (Sharma and Tare 2022).

$$ETO = \frac{0.408\Delta(Rn-G)+\Upsilon\frac{900}{T+273!}U2(es-ea)}{\Delta+\Upsilon(1+0.34\ u2)}$$

حيث إن:

Rn : هي طاقة الإشعاع الشمسي المحصل فوق السطح القياسي $[MJ\ M^{-2}\ day^{-2}]$

Δ: هي ميل منحنى ضغط بخار الماء المشبع نع درجات الحرارة $[KPa\ ^oC^{-1}]$

G هي الطاقة الحرارية المتسربة بالتربة أو منها [MJ M–2 day–2]

T : هي المتوسط اليومي لدرجات الحرارة على ارتفاع 2 متر $[^oC]$

es و ea : هما ضغط بخار الماء المشبع والفعلي [KPa]

Υ : هو ثابت السيكرومتر $= 0.065\ [KP\ ^oC^{-1}]$

المناقشة:

من خلال خوارزميات البرنامج يتم حساب الاشعاع الشمسي مبجا جول/ م^2 /يوم كما في الشكل (7) والجدول (1), ويتبين من خلالهما أن شهري يونيو ويوليو أكثر كميات إشعاع شمسي خلال السنة وأقلها يناير وفبراير.

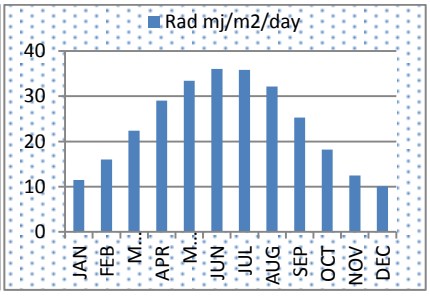
جدول(1) قيم البخر نتح والإشعاع الشمسي بمنطقة الدراسة.

الشهر	Rad mj/m²/day	ETO mm/day
JAN	11.5	2.94
FEB	16	3.68
MAR	22.4	4.98
APR	29	6.88
MAY	33.4	8.39
JUN	36	9.66
JUL	35.8	9.91
AUG	32.1	9.03
SEP	25.3	7.68
OCT	18.2	5.96
NOV	12.5	4.30
DEC	10.1	3.27

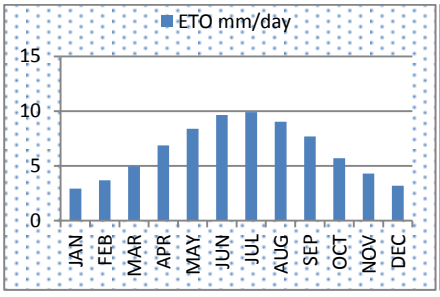
المصدر: مخرجات CROPWAT 8.0 2009

- البخر نتح الممكن (ETO/Period) هو الحد الأقصى لمعدل التبخر من سطح واسع مغطى بشكل كامل وموحد مع النباتات التي تنمو بنشاط في ظل ظروف غير مقيدة. بينما يشار إلى التبخر الذي يتأثر بالظروف البيئية باسم التبخر الفعلي، وهو يختلف عن التبخر المحتمل أو الممكن كونه ناتج عن نقص مياه التربة أو التشبع بالمياه، أو الأمراض، وملوحة التربة، وانخفاض خصوبة التربة (Allen et al. 1998; Manik et al. 2019)، وكما في الشكل(8) يتناسب طرديًا مع الإشعاع الشمسي، وعند الربط بين البخر نتح المرجعي ETO وعناصر المناخ المختلفة في منطقة الدراسة فإن الجدول(2) يبيّن وجود ارتباطاً عكسياً قوياً بين البخر نتح وكميات الأمطار، وكذلك القيمة الفعلية للأمطار، وأيضًا الرطوبة النسبية، بينما ارتباطًا ايجابياً بينه وبين درجتي الحرارة العظمى والصغرى، وكذلك الإشعاع الشمسي، عند معنوية 0.01.

شكل(7) الإشعاع الشمسي بمشروع كعام الزراعي



شكل(8) البخر نتح الممكن بمشروع كعام الزراعي



جدول(2) الارتباط بين البخر نتح المرجعي وعناصر المناخ بمنطقة الدراسة.

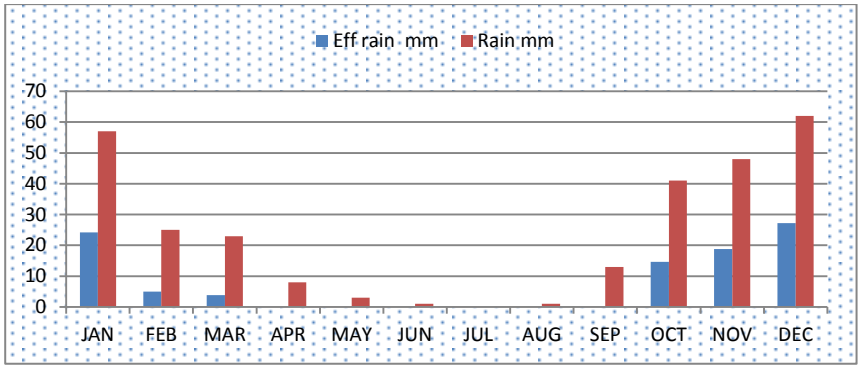
العنصر	كميات الامطار mm	الامطار الفعلية mm	الرطوبة النسبية %	درجة الحرارة العظمى (C)	درجة الحرارة الصغرى (C)	الاشعاع الشمسي (mj//m²/day)
درجة الارتباط مع البخر نتح المرجعي ETO	0.896 -	0.799 -	0.881 -	0.958	0.915	0.971
Sig	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

وإضافة إلى العناصر السابقة فإن كميات الأمطار لها دورًا في ري محصول البرسيم خلال المواسم الممطرة، والشكل (9) يوضح كميات الأمطار خلال الشهور والقيمة الفعلية للأمطار التي يتيح البرنامج خمس طرق لحسابها؛ لكن تم اختيار صيغة المطر التي يمكن الاعتماد عليها من منظمة الأغذية والزراعة (FAO/AGLW) بناءً على التحليل الذي تم إجراؤه لمختلف المناخات القاحلة وشبه القاحلة والانحدار الأرضي بنسبة 4-5٪ لحساب هطول الأمطار الفعال في نموذج Cropwat-8، وكان أكثر ملاءمة لـ حالة منطقة الدراسة المصنفة ضمن المنطقة شبه القاحلة (FAO/AGLW Dependable rain formula) وفق ما يأتي(FAO. 2009):

Peff = 0.6*P-10/3 for P month <=70/3mm

Peff = 0.8*P-24/3 for P month>=70/3mm

شكل(9) كمات الأمطار والقيمة الفعلية للمطر لمنطقة الدراسة.



من خلال ذلك يتبيّن أن كميات الأمطار تتجاوز في ديسمبر 60 ملم لكن القيمة الفعلية تقل عن 30 ملم ولم تتجاوز هذا الرقم خلال بقية الشهور، وتنخفض في فبراير

ومارس، ذلك يعني حاجة نبات البرسيم إلى الري في مارس، حتى شهور فصل الشتاء لا توفر الأمطار الكميات الكافية لنمو المحصول لكن هذا النبات يمر بفترة سبات عند انخفاض درجات الحرارة في فصل الشتاء ولا يحتاج للري كما هو الحال في بقية الفصول، كما أن الأمطار لا يمكن التنبؤ بها أحياناً تبدا من سبتمبر ولا توفر إلا قدرًا يسيرًا من احتياجات هذا المحصول، فهي تعتمد على أنماط الضغط التي تتشكل على شمال أفريقيا والبحر المتوسط والمحيط الأطلسي.

وإضافة إلى عناصر المناخ يتطلب النموذج معلومات عن نوع التربة ونوع المحصول وتاريخ زراعته، وفي ظل عدم وجود بيانات حديثة ودقيقة موقعيه للتربة في منطقة الدراسة واعتمادًا على الدراسة التي قام بها المكتب الاستشاري (Energoprojekt) الذي أوكلت إليه مهمة تأسيس مشروع كعام الزراعي في نهاية ستينيات القرن الماضي فإن تربته يغلب عليها التربة الرملية الحمراء (RED SANDY) (1971,p12 Energo project. Volume3.)، وإذا ما اعتمدنا هذا النوع من التربة يمكننا ذلك من عمل جدولة للري، وتتضح خصائص هذا النوع من التربة في الجدول(3).

جدول(3) خصائص التربة السائدة بمشروع كعام الزراعي.

نوع التربة	إجمالي رطوبة التربة المتاحة (FC-WP) mm/m	الحد الأقصى لمعدل تسرب المطر mm/day	أقصى عمق للتأصيل cm	استنفاد رطوبة التربة الأولى (كنسبة مئوية من TAM)%	الرطوبة الأولية المتاحة meter/mm
رملية حمراء RED SANDY	100	30	900	%0	100

المصدر: مخرجات CROPWAT 8.0، 2009

جدولة ري محصول البرسيم بالمشروع:

تبدأ مرحلة تحضير الأرض عادة قبل الزراعة ثم زرع المحصول ويقسم النموذج مراحل النمو إلى أربع مراحل، المرحلة الأولى: وتستمر لمدة 150يومًا وذلك إذا زرع المحصول يوم 10/1 أي أن هذه المرحلة تستمر حتى 03/1 وقيمة معامل المحصول KC تساوي 40% أي نسبة التبخر الحقيقي من التبخر القياسي، ثم المرحلة الثانية (development): وهي المرحلة التي يتطور فيها المحصول ومدتها 30 يومًا، حيث تأخذ قيمة KC في الارتفاع و المرحلة الثالثة (mid-season) مرحلة منتصف الموسم وتستمر لمدة 150يوماً تصل

فيها قيمة KC إلى 95% ، ثم المرحلة الأخيرة (late season): وتستمر لمدة 35 يوماً تنخفض خلالها قيمة KC إلى 90%، بحيث ينتهي الموسم 09/30 أي 365 يوماً.

يبلغ عمق التجذير (Rooting depth) 1.20 متر على مدار العام تقريباً، وكذلك استجابة الغلة (yield response) وتساوي 1، أي: أنه عند تعطيش النبات 10% فإن الانتاجية ستقل 10%، وذلك في جميع المراحل بينما ارتفاع المحصول بلغ 70سم، وتوجد العديد من معايير جدولة للري منها الري عند النضوب الحرج واعادة محتوى رطوبة التربة إلى السعة الحقلية، أو الري على فترات ثابتة، أو الري على فترات مختلفة حسب مراحل نمو المحصول، وسنكتفي في هذا البحث بمعيار ري المحصول عند النضوب الحرج، وجدولة ري البرسيم عند استنفاد حرج بنسبة 100%(*) والجدول (4) يجيب على سؤالين هما موعد الري وكميته، يقوم البرنامج بتقسيم الشهر إلى ثلاث عقود عشرة أيام للعقد وذلك للشهور التي عدد ايامها 30 يوماً والعقد الأخير في باقي الشهور قد يكون أكثر أو أقل حسب عدد أيام الشهر(**)، ففي العقد الأول من أكتوبر وفي المرحلة الأولى من نمو المحصول تصل نسبة KC إلى 40% وهي تمثل الفارق بين التبخر القياسي والفعلي، أي أن البخرنتح قليل في هذه المرحلة إلى أن نصل إلى العقد الأول من مايو يرتفع إلى 52% ثم 71% في العقد الثاني من شهر مارس ثم 90% في العقد الأخير من ذلك الشهر و96% خلال بقية الموسم للوصول إلى الحد الأقصى لغطاء المظلة، إلى أن ينخفض قليلاً في سبتمبر، هذا يدل على أن هذا المحصول يغطي مساحة الأرض بشكل شبه كامل والبخر نتح يصل قمته خلال ثلاثة فصول من السنة، أما الاحتياج المائي الفعلي (ETc (mm فقد تم حسابه خلال اليوم وخلال العقد، إذ يبلغ أقصاه خلال يونيو ويوليو، وبلغ خلال الموسم 1850.5 ملم أما تأثير المطر Effect rain فهو محدود خلال أكتوبر ونوفمبر، ويزداد هذا التأثير خلال ديسمبر ويناير، وينتهي بنهاية مارس ويتم تعويض هذا النقص من خلال متطلبات الري الموضحة في العمود الثامن Irr. Req ، ويهمنا في هذا الصدد معرفة اجمالي

(*) لا يعني الري عند استنفاذ 100% من الحد الحرج استنفاذ كامل مخزون الرطوبة الأرضية الميسرة، ولكن المقصود هناك نسبة من مخزون الماء الميسر أي الماء المتاح بسهولة .

(**) هذا إذا كانت بداية زراعة المحصول في أول الشهر أما في أي يوم أخر مثلاً يوم 10 أو 15 من الشهر، فيقسم إلى ثلاث عقود، والعقد الأخير حسب الشهر قد يكون أكثر أو أقل.

استهلاك الهكتار بالمتر المكعب وذلك من خلال حساب إجمالي Eff rain مع Irr. Req وتقسيمهم على 1000 مضروبًا في مساحة الهكتار، ويتضح من ذلك أن إجمالي الاستهلاك يساوي 18505 متر مكعب للهكتار خلال الموسم، ولا تسهم كمية الأمطار إلا بنحو 5% فقط أما بقية الكمية فيتم تغطيتها عن طريق الري، وتجدر الإشارة إلى أن هذه الكمية التي يحتاجها المحصول بغض النظر عن الكميات التي تضيع بالجريان السطحي والتسرب العميق، في حالة الري غير المقنن.

وتجدر الإشارة إلى أن الري المفرط يؤدي إلى هدر للمياه وفقدان العناصر الغذائية القيمة للنبات وتملح التربة، وعند حجب الري أثناء الفترات الحساسة للمحاصيل، يمكن أن تؤدي إلى محدودية النمو وانخفاض إنتاجية المحاصيل (Raes, et al., 2002). (Muroulwa, et el 2023)

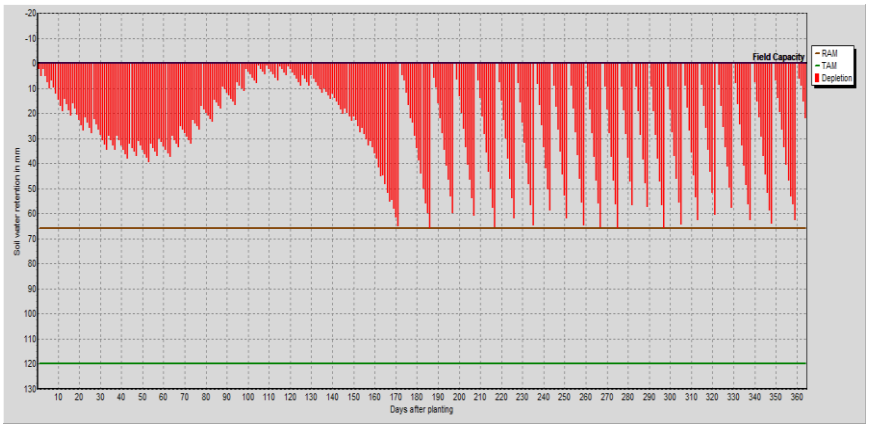
الجدول(4) متطلبات ري محصول البرسيم بمنطقة المشروع كعام الزراعي.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	Etc	Eff. rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Oct	1	Init	0.4	2.54	25.4	3.5	21.9
Oct	2	Init	0.4	2.27	22.7	5.3	17.4
Oct	3	Init	0.4	2.09	23	5.6	17.3
Nov	1	Init	0.4	1.9	19	5.7	13.3
Nov	2	Init	0.4	1.72	17.2	6.1	11.1
Nov	3	Init	0.4	1.58	15.8	7.1	8.7
Dec	1	Init	0.4	1.45	14.5	8.5	6
Dec	2	Init	0.4	1.31	13.1	9.6	3.5
Dec	3	Init	0.4	1.27	13.9	9.1	4.9
Jan	1	Init	0.4	1.19	11.9	8.9	3
Jan	2	Init	0.4	1.14	11.4	8.8	2.6
Jan	3	Init	0.4	1.25	13.7	6.4	7.3
Feb	1	Init	0.4	1.37	13.7	3.3	10.5
Feb	2	Init	0.4	1.47	14.7	0.9	13.9
Feb	3	Deve	0.4	1.66	13.2	1	12.2
Mar	1	Deve	0.52	2.37	23.7	1.5	22.2
Mar	2	Deve	0.71	3.53	35.3	1.4	33.9
Mar	3	Mid	0.9	5.04	55.5	0.9	54.5
Apr	1	Mid	0.96	5.99	59.9	0.1	59.8
Apr	2	Mid	0.96	6.59	65.9	0	65.9
Apr	3	Mid	0.96	7.08	70.8	0	70.8
May	1	Mid	0.96	7.56	75.6	0	75.6
May	2	Mid	0.96	8.05	80.5	0	80.5
May	3	Mid	0.96	8.45	93	0	93
Jun	1	Mid	0.96	8.92	89.2	0	89.2
Jun	2	Mid	0.96	9.36	93.6	0	93.6
Jun	3	Mid	0.96	9.41	94.1	0	94.1
Jul	1	Mid	0.96	9.49	94.9	0	94.9
Jul	2	Mid	0.96	9.6	96	0	96
Jul	3	Mid	0.96	9.29	102.1	0	102.1
Aug	1	Mid	0.96	8.94	89.4	0	89.4
Aug	2	Mid	0.96	8.66	86.6	0	86.6
Aug	3	Late	0.96	8.21	90.3	0	90.3
Sep	1	Late	0.94	7.64	76.4	0	76.4
Sep	2	Late	0.92	7.08	70.8	0	70.8
Sep	3	Late	0.9	6.34	63.3	0.1	63.4
Total	//////////	//////////	//////////	//////////	1756.7	93.8	1850.5

تم اختيار عمق ري ثابت بناء على نوع التربة وعمق تجذير المحصول في جميع الحالات، وجد أن الفترة الفاصلة بين الريات يمكن أن تظل ثابتة طوال موسم الري، دون إحداث ترشيح عميق أو إجهاد المحاصيل.

وقد تم إجراء محاكاة للري في شكل رسم بياني لاستنزاف منطقة الجذر للمياه، ويعتبر الري مثاليًا إذا وقعت مستويات استنزاف المياه بين المياه المتاحة بسهولة والسعة الحقلية كما هو موضح في الشكل(10)، حيث يمثل الخط الأخضر TAM (TotalAvailable Moisture) إجمالي الرطوبة المتاحة.

شكل(10) منحنى طول احتباس الماء في التربة لمحصول البرسيم في المشروع.



(ملاحظة: الخطوط الصاعدة هي الري؛ TAM = إجمالي الرطوبة المتاحة؛ RAM = الرطوبة المتاحة بسهولة)

بينما الخط الذي يظهر باللون البني RAM (Readily Available Moisture) الرطوبة المتاحة بسهولة، والمسافة ما بين إجمالي الرطوبة المتاحة والسعة الحقلية (Field capacity) الذي يمثل عمق مجال الماء في التربة ويبلغ 130ملم، وبعد 120 يومًا من تاريخ زراعة المحصول يبدأ في استهلاك المحتوى الرطوبي حتى 172 يومًا وهنا يحتاج النبات إلى أول رية ويوقف الري عند (Field capacity)، وبالتالي فإن عمق الرية 65 ملم، ثم يبدأ النبات في استهلاك المحتوى الرطوبي حتى يوم 5 مايو بعد 187، ويروى مرة ثانية وهكذا ويبلغ مجموع الريات خلال الموسم 22 رية، وكل ذلك يتغير إذا ما تغير نوع التربة.

تم فحص جدول استجابة المحصول المتوقع داخل البرنامج والجدول(5) يعطي مجموعة من المعلمات منها ks الإجهاد المائي لمحصول البرسيم الذي يتراوح مداه بين 0 إلى 1 إذا

كانت 1، ذلك يعني أنه لا يوجد إجهاد أما إذا كانت أقل فذلك يسبب إصفرار للمحصول، حيث يتم إيقاف التمثيل الضوئي إذا وصل فقدان الماء 60% (Lano. and. Dethan 2022) (Sahirudin, et al. 2014) أما Eta فهو التبخر الحقيقي ويبلغ 100% ومعامل الاستطراد المائي Depl والذي يتغير على حسب المحصول، والسقي الصافي Net Irrigation لكل رية ويتراوح بين 66 إلى 75.4ملم ، كما أنه لا يوجد عجز Deficit ولا ضياع Loss Gr.lrr ممكن نتحصل على السقي الكلي أو الخام لو ضربنا القيمة في نسبة البرسيم مثلا 70% سينتج Ne rlrr أما FIOW فهو التدفق يساعد في اختيار نوع المضخة، وعلى هذه الجدولة فإنه لا يحدث أي تخفيض في الغلة yield reduction.

جدول(5) التصريف اليومي والعقدي لمحصول البرسيم في مشروع كعام.

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
21-Mar	172	Dev	0	1	100	59	70.3	0	0	100.5	0.07
05-Apr	187	Mid	0	1	100	60	71.9	0	0	102.8	0.79
16-Apr	198	Mid	0	1	100	55	66.4	0	0	94.8	1
26-Apr	208	Mid	0	1	100	57	67.9	0	0	97.1	1.12
06-May	218	Mid	0	1	100	61	73	0	0	104.2	1.21
15-May	227	Mid	0	1	100	58	70.1	0	0	100.1	1.29
24-May	236	Mid	0	1	100	61	73.3	0	0	104.7	1.35
01-Jun	244	Mid	0	1	100	56	67.7	0	0	96.8	1.4
09-Jun	252	Mid	0	1	100	59	70.8	0	0	101.2	1.46
17-Jun	260	Mid	0.2	1	100	62	74.1	0	0	105.9	1.53
25-Jun	268	Mid	0	1	100	62	75	0	0	107.1	1.55
03-Jul	276	Mid	0	1	100	63	75.4	0	0	107.6	1.56
10-Jul	283	Mid	0	1	100	55	66.4	0	0	94.8	1.57
17-Jul	290	Mid	0	1	100	56	67.2	0	0	96	1.59
25-Jul	298	Mid	0	1	100	63	75.2	0	0	107.4	1.55
02-Aug	306	Mid	0	1	100	61	73.6	0	0	105.1	1.52
10-Aug	314	Mid	0	1	100	60	71.5	0	0	102.2	1.48
18-Aug	322	Mid	0	1	100	58	69.3	0	0	99	1.43
26-Aug	330	Mid	0	1	100	55	66	0	0	94.3	1.36
04-Sep	339	End	0	1	100	59	70.4	0	0	100.5	1.29
14-Sep	349	End	0	1	100	59	71.1	0	0	101.6	1.18
25-Sep	360	End	0	1	100	57	68.9	0	0	98.5	1.04

المصدر: مخرجات CROPWAT 8.0، 2009

جدول(6) مؤشرات ري البرسيم وفقًا لمنهجية منظمة الأغذية والزراعة في مشروع كعام.

المتغير	الكمية	المتغير	الكمية
إجمالي متطلبات الري الإجمالية	2222.1mm	إجمالي هطول الأمطار	282.5mm
إجمالي صافي الري	1555.5mm	هطول الأمطار الفعال	266.8mm
إجمالي خسائر الري	0.0mm	مجموع خسارة المطر	15.6mm
الاستخدام الفعلي للمياه حسب المحاصيل	1844.2mm	معظم العجز في الحصاد	21.9mm
الاستخدام المحتمل للمياه من قبل المحاصيل	mm1844.2	متطلبات الري الفعلية	1577.3mm
جدول كفاءة الري	%100	كفاءة المطر	%94.5
جدول نقص الري	0.0	////	////

المصدر: مخرجات CROPWAT 8.0، 2009

جدول(7) التخفيضات المحتملة لعائد محصول البرسيم في ظل جدولة الري.

المرحلة	A	B	C	D	الموسم كامل
تخفيضات في ETC	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0
عامل استجابة العائد	%100	%100	%100	%100	%100
تخفيض الغلة	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0
تخفيض العائد التراكمي	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0	%0.0

المصدر: مخرجات CROPWAT 8.0، 2009

النتائج:

- يتطلب محصول البرسيم بمشروع وادي كعام الزراعي رياً إجمالياً قدره 1850.5ملم، والري الصافي 1555.5 ملم، من خلال 22 رية خلال الموسم.

- من خلال دراسة احتياجات محصول البرسيم بمنطقة المشروع ووفقًا لرؤية منظمة الأغذية والزراعة والتي تستند إلى الظروف المناخية المحلية؛ فإن احتياجات الهكتار بالمشروع تبلغ 18505 متر مكعب في الموسم.

- إن إطالة الرية الأولى إلى 172 يومًا بعد الرية التي يزرع عليها المحصول لم يسبب في أي تخفيض في الغلة أو في العائد، كما أن المحصول لم يواجه أي إجهاد مائي في جميع المراحل.

- يصل هطول الأمطار الفعال بمنطقة المشروع إلى 266.8 ملم؛ لكنه لا يسهم إلا بنحو 5% من الاحتياجات المائية لمحصول البرسيم.

- أظهرت هذه الدراسة أن استخدام CROPWAT 8.0 هو أداة جيدة لتحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل، كما أنها تساعد في تقييم متطلبات مياه المحاصيل وجدولة

الري في الحقل في المناطق التي تكون فيها الموارد المائية محدودة، كما أنها تعد مرجعًا لاتخاذ القرارات للتخطيط في المستقبل.

– تساعد جدولة الري المزارعين على زيادة الغلة إلى أقصى حد والاستفادة القصوى من تخزين رطوبة التربة من خلال تقليل الري، كما تؤدي هذه الجدولة في النهاية إلى زيادة صافي العوائد.

التوصيات:

– من المهم إجراء دراسات وأبحاث تستخدم نموذج Cropwat 8.0 لكافة المحاصيل بمنطقة المشروع؛ حتى يمكننا ذلك من تحسين إدارة الموارد المائية بالمنطقة، وكذلك تحسين الإنتاج.

– يمكن أن تختبر الدراسات المستقبلية كفاءة جداول الري على النحو الأمثل في الحقل، ويمكن استخدام هذه الجداول الزمنية وتحسينها وفق حالات محددة من السنة (السنوات الجافة أو الرطبة).

– إجراء دراسات حقلية على التربة والمحاصيل في المنطقة؛ لأنها تعد أساساً لجدولة مياه الري.

– إعادة تأهيل شبكة الري واستخدام طرق الري الحديث الذكي لاستدامة الموارد المائية، وخصوصًا أنها تطرح مشكلة استنزاف المياه الجوفية.

المصادر والمراجع:

- DifferentKhamidov, M. et el (2023) Scientificly Based Irrigation Procedure of Cotton and Winter Wheat in Soil and Hydrogeological Conditions of the Kashadarya Region of Uzbekistan; Research Square. July 14th, 2023. DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3114061/v1.

- Ekwue E.I. et el (2015) Simulation of Irrigation Water Requirements of Some Crops in Trinidad Using the CROPWAT Irrigation Software. The West Indian Journal of Engineering.Vol.37, No.2, January 2015.

- El-Shafei, A. and Mattar, M,A. (2022). Irrigation Scheduling and Production of Wheat with Different Water Quantities in Surface and Drip Irrigation: Field Experiments and Modeling Using CROPWAT and SALTMED. Agronomy 2022, 12, 1488. 1 of 26 https://doi.org/10.3390/agronomy12071488

- Energoprojekt, Preliminary report of WadiCaam Project, Volume 4, part 2, Beograd, 1971.
- FAO. 2009. Cropwat 8.0 for windows user guide.FoodandAgriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- Gabr, M. (2022). Management of irrigation requirements using FAO-CROPWAT 8.0 model: A case study of Egypt, Modeling Earth Systems and Environment, DOI: 10.1007/s40808-021-01268-4, 3127–3142
- Gabr, M.E.(2021) Management of irrigation requirements using FAO-CROPWAT 8.0 model: A case study of Egypt. Modeling Earth Systems and Environment,8(9) DOI: 10.1007/s40808-021-01268-4
- Jabow, M. (2020). Irrigation Schedule of Chickpea (Cicerarietinum L.) Using CROPWAT Model under Gezira Conditions, Sudan, Journal of Khartoum University of Agricultural Sciences U. of K. J. Agric. Sci. 28,82-104
- Lano M.L. and J.J.S. Dethan.(2022) Water Requirements in Bean Crops Using Cropwat 8.0 in Oenoni Village Kupang District, Indonesia. Article in Ecology Environment and Conservation • September 2022. DOI: 10.53550/EEC.2022.v28i05s.016: pp. (S89-S93)
- Raes, D. et al (2009). AquaCrop — The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description. May 2009-Agronomy Journal (American Society of Agronomy)-Vol. 101, Iss: 3, pp 438-447
- Sharma DN, Tare V (2022) Assessment of irrigation requirement and scheduling under canal command area of Upper Ganga Canal using CropWat model. Modeling Earth Systems and Environment · June. Modeling Earth Systems and Environment 8(2):1-11 DOI: 10.1007/s40808-021-01184-7
-Zoidou, I.D et el (2017) Water Footprint for cotton irrigation scenarios utilizing CROPWAT and Aqua Crop models. E.W. Publications. European Water 59: 285-290, 2017.

المواقع على الشبكة الدولية :

The FAO Aqua Crop webpage http://www.fao.org/aquacrop/en

– وكالة الطاقة الأمريكية (ناسا) رابط الموقع:

https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/-