مجلة العلوم الشاملة
عدد خاص بالمؤتمر الدولي الثالث للعلوم والتقنية
المجلد (10)، العدد (37)، (نوفمبر2025)
ردمد: 3014-6266

Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (37), (NOV. 2025)
SICST2025, www.sicst.ly
ISSN: 3014-6266

(تقدير الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس باستخدام نموذج CROPWAT لمناطق مختلفة من ليبيا)

عبدالسلام طوبة*[1]، إيهاب صقر[2]

[1] حفر الآبار والموارد المائية، المعهد العالي للتقنية الزراعية، طرابلس، ليبيا

[2] التربة والمياه، الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا

* **البريد الإلكتروني:** abdo.touba100@gmail.com

(Estimating the crop water requirements of potato crop using CROPWAT for different regions of Libya)

Abdul Salam Salim Toubah [1*], and Ehab sagar[2]

[1] Drilling wells and water resources, Higher Institute of Agricultural Technology, Tripoli, Libya

[2] Department of soil and water, Faculty of agriculture, University of Tripoli, Tripoli, Libya

Received: 00-00-2025; Revised: 00-00-2025; Accepted: 00-00-2025; Published: 00-00-2025

الملخص:

تهتم هذه الدراسة بتقدير الاحتياجات المائية لنبات البطاطس وجدولة الري باستخدام نموذج Cropwat في مناطق مختلفة من ليبيا (الشرقية والغربية والجنوبية الغربية والوسطى في ليبيا) ، وتم اختيار نبات البطاطس لأنه من المحاصيل الزراعية الرئيسية في ليبيا وهو يتميز بقيمة غذائية عالية. تعتمد الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس على عدة عوامل، مثل الموقع الجغرافي وطريقة الري المستخدمة، وتتراوح الاحتياجات المائية للبطاطس بين 350 – إلى أكثر من 1000 مم تقريباً خلال موسم النمو اعتمادًا على المناخ والتربة، ليبيا تستهلك الزراعة حوالي اكثر 80% من إجمالي الموارد المائية المتاحة في البلاد، حيث بلغ حوالي 3335 مليون متر مكعب عام 2004. من طرق تحسين كفاءة استخدام المياه هي استخدام نظم الري الحديثة مثل الري بالتنقيط، التي تساعد زيادة كفاءة الري، وتطبيق الممارسات الزراعة المستدامة التي تهدف إلى تحسين جودة التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالمياه، أيضاً زراعة أصناف تتحمل الجفاف وتتطلب كميات أقل من المياه، ويُفضل استخدام معايرة محلية لطرق تقدير البخر – نتح المرجعي (ETo)، مثل طريقة بنمان مونتيث–الفاو التي تُظهر دقة عالية في تقدير الاحتياجات المائية في ليبيا. تم استخدام البيانات المناخية من قاعدة بيانات Agricultural ERA5 (AgERA5) كمدخلات لنموذج Cropwat. أظهرت نتائج اختبار T للأزواج فروقًا معنوية في الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس بين الموسمين، حيث كان موسم الربيع الأعلى استهلاكًا للمياه (783.3 مم مقابل 467 مم في الخريف) بسبب ارتفاع الحرارة والإشعاع الشمسي. كما بينت النتائج تباينًا مكانيًا واضحًا، إذ بلغت الزيادة في سبها 89% مقابل 29% فقط في مصراتة، مما يؤكد تأثير المناخ المحلي وأهمية تطبيق جدولة ري محلية تراعي اختلاف الظروف المناخية بين المناطق. وتوصي الدراسة الحالية الى استخدام Cropwat التي تعتبر مهمة في تقييم CWRs بدرجة عالية من الدقة واقتراح نمط المحاصيل التي يمكن قبولها بسهولة.

الكلمات المفتاحية: بنمان مونتيث، معامل المحصول، الإحتياجات المائية، جدولة الري، Cropwat.

Abstract:

This study aims to estimate the water requirements (CWRs) of potato and scheduling irrigation using the Cropwat in different regions of Libya (eastern, western, southwestern, and central). Potatoes were chosen because they are a major crop and have a high nutritional value. The (CWRs) of potato crops depend on several factors, such as geographical location and irrigation method used. (CWRs) for potatoes range from approximately 350 to more than 1,000 mm during the growing season, depending on climate and soil. Agriculture in Libya consumes approximately 80% of the country's total available water resources, amounting to approximately 3,335 million cubic meters in 2004. Methods for improving water use efficiency include the use of modern irrigation systems such as drip, which help increase irrigation efficiency. Sustainable agricultural practices aimed at improving soil quality and increasing its water-holding capacity are also implemented. Drought-tolerant varieties that require less water are also cultivated. It is preferable to use locally calibrated methods for estimating reference evapotranspiration (ETo), such as the Penman-Monteith-FAO method, which has demonstrated high accuracy in estimating (CWRs) in Libya. Climatic data from the AgERA5 database were used as inputs for the Cropwat. Paired t-test results showed significant differences in potato (CWRs) between the two seasons, with the spring season having the highest (CWRs) (783.3 mm versus 467 mm in autumn) due to higher temperatures and solar radiation. The results also showed 89% increase in (CWRs) in Sebha compared to only 29% in Misrata, confirming the influence of local climate and the importance of implementing local irrigation scheduling that considers the differences in climatic conditions between regions. The current study recommends the use of Cropwat, which are important for assessing (CWRs) with a high degree of accuracy and proposing cropping patterns that are easily accepted.

Keywords: Penman Monteith, Crop coefficient (Kc), water requirements, Irrigation schedule, Cropwat.

1- المقدمة:

تعد المياه من أهم الموارد الطبيعية التي خلقها الله سبحانه وتعالى على كوكب الارض حيث قال الله تعالى في كتابه العزيز(وجعلنا من المآء كل شيء حي) سورة الانبياء. تزداد الحاجة للمياه كما ونوعا لمختلف الاستعمالات على نطاق عالمي يوما بعد يوم بسبب زيادة عدد سكان العالم وارتفاع مستوى مستوى المعيشة وتطور ونمو الصناعة وزيادة تناقص الرقعة الزراعية الى غير ذلك. تعد الزيادة المطردة في عدد السكان عاملاً ملحاً لزيادة الإنتاج الزراعي لتوفير الغذاء في العالم و لمواجهة هذه الزيادة يتطلب زيادة الإنتاج الزراعي التوسع الأفقي في المساحات المزروعة أو بإضافة أراضٍ جديدة والتي تحتاج بالتالي إلي كميات مياه إضافية لسد الإحتياجات

الإروائية للمحاصيل المختلفة، ويتم ذلك بالبحث عن مصادر جديدة والعمل على ترشيد استخدام المياه المتاحة التي أصبحت من الأولويات التي تهم المخططين والمسؤولين في القطاعات الزراعية والمائية في جميع دول العالم (حسن، 1994).

تزداد مصادر المياه ندرةً عام بعد آخر خصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم مثل ليبيا، ولقلة تلك المصادر بل وندرتها أحياناً بالإضافة إلي التناقص المستمر في نوعية المياه المستخدمة في الري فقد أوجد ذلك حاجة ماسة للدراسة والتطوير في تقنية الري لتوفير المياه والطاقة وتحسين الإدارة الحقلية للمياه والاستخدام الامثل لمصادر المياه ولإن المياه المستخدمة في الزراعة تشكل ما يزيد عن 80% من مجموع المياه عن الأغراض الأخرى (خليل، 1998).

تنبهت العديد من الدول إلى الأهمية في ترشيد استخدامات المياه في الزراعة وخاصة محاصيل الخضر بشكل خاص باعتبارها من أكثر المحاصيل استهلاكاً لمياه الري وذلك للحفاظ على مورد المياه وديمومة استخدامه، و لقد تم تصميم العديد من البرامج البحثية وتنفيذها في مجال الاحتياجات المائية للمحاصيل في المواسم المتتابعة ومراحل نمو المحاصيل المتعددة وذلك للوصول للاستغلال الأمثل للمياه المتوفرة وإدارتها بشكل كفؤ للحد من الهدر في استعمال المياه وزيادة كفاءة استخدامه، وعادة ما يتم تحديد الإحتياجات المائية لمحاصيل الخضر تحت مجالين رئيسيين هما: الطرق مباشرة لتحديد الإحتياجات المائية والطرق غير مباشرة. تعتمد الطرق المباشرة على القياسات الحقلية المستمرة أثناء إقامة التجارب مثل استخدام الليزمترات ومتابعة الرطوبة في التربة وطريقة القطع الحقلية التجريبية لحساب معدل البخر–نتح المرجعي (Eto) Reference evapotranspiration (الهيئة العامة للمياه، 1999)، (حسين وآخرون، 2013). وتعتمد البحوث غير المباشرة على استخدام معلومات الرصد الجوي لحساب (Eto) من سطح ماء حر أو سطح عشبي آخر بإستخدام النماذج الرياضية أو بواسطة جهاز البخر إلى جانب تقدير الاحتياجات المائية للمحصول (ETc) (Allen وآخرون، 1998). تهدف هذه الدراسة إلى تقدير الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس في عدد من المناطق الزراعية المختلفة في ليبيا، وتقييم تأثير التباينات المناخية على تلك الاحتياجات المائية باستخدام Cropwat.

2- مواد وطرائق البحث:

2.1- الموقع الجغرافي وأثره في مصادر المياه.

تقع ليبيا في شـــمال افريقيا على الســـاحل الجنوبي للبحر الأبيض المتوســـط حيث تقع في خط عرض (27°) شمالاً وخط طول (17°) شرقاً وتبلغ مساحتها (1.759.540 كم^2)، الشكل (1) وهي رابع أكبر دولة في أفريقيا من حيث المساحة وتصنف ضمن أكبر عشرين دولة في العالم و يلعب الموقع الجغرافي في ليبيا دوراً بارزاً فى تحديد كميات المياه حيث تقع البلاد في العروض المدارية وفى المنطقة الوسطى لا يوجد أثر للنطاقات الجبلية فيها، مع اختفاء يكاد يكون تاماً لمجارى المياه الدائمة علاوة على ما يســود البلاد من مناخ صـــحراوي يصـل أثره إلى مياه البحر ذاتها هذا يحول بطبيعة الحال دون ظهور نطاق فعلى لمناخ البحر الأبيض المتوسـط بكامل مميزاته من ذلك اقتصـــار نزول كميات المطر في فترة محدودة بين شـــهري أكتوبر وأبريل نتيجة لهبوب

الرياح الغربية أو الشمالية الغربية، وبكميات محدودة لا تقارن بباقي الجهات التي يسودها هذا المناخ وأكثر من ذلك تذبذبها وتباينها بين سنة وأخرى وبين شهر وآخر داخل نطاق المنطقة الواحدة التي كثيراً ما تتعرض لدورة من الجفاف الذي يزيد من فقدان نسب الرطوبة التي يمكن للتكوينات السطحية العالية المسامية تخزينها والاحتفاظ بها وخاصة خلال فترات هبوب الرياح الجنوبية الحارقة. فى هذا الإطار يمكن لنا تقسيم ليبيا إلى جزئين مختلفين وهما:

1- الجزء الشمالي: يمثل الجزء الممتد من ساحل البحر الأبيض المتوسط وحتى منطقة خط العرض 29° درجة شمالاً، في هذه المنطقة يمكن ملاحظة أن معدلات سقوط الأمطار السنوية تتراوح مابين 250 مم في الجبل الغربي و600 مم في منطقة الجبل الأخضر وهى منطقة تمتاز بالكثافة السكانية حيث يتركز فيها وفقاً للإحصائيات السكانية أكثر من 80% في المائة من جملة سكان ليبيا وهى تشكل منطقة ثقل للأنشطة الزراعية والصناعية وعلاوة على أنها تشهد معدلات نمو متزايدة بحيث باتت عاجزة عن الإيفاء بمتطلبات الإستهلاك البشري على الرغم من وجود أكثر من (خزان جوفي) وهى تحتضن تربة جيدة خاصة في سهل الجفارة وسهل بنغازي وسهل المرج. ويلاحظ هنا أن الاستهلاك الزائد لمياه خزاناتها قد أدى إلى انخفاض مستمر في منسوب المياه الجوفية وتداخل مياه البحر وخاصة في أطرافها القريبة من البحر وانعكاس ذلك ارتفاع معدلات الملوحة في التربة.

2-**الجزء الجنوبي** : يمتد جغرافياً بين خط عرض 29° درجة شمالاً إلى الحدود الجنوبية مع كل من السودان وتشاد والنيجر، ويمتاز بوجود خزانات مياه جوفية كبيرة تمتد لعشرات الكيلومترات وتحتوي على أحواض تتوفر بها مياه لها أحواض جيدة ومياه ممتازة النوعية، و أن نوع التربة السائدة في هذا الجزء من النوع الرديء غير الصالح للعمليات الزراعية لكثرة المكونات الرملية فيه، وانعدام شبه كلى لسقوط الأمطار وإرتفاع معدلات درجة الحرارة خاصة خلال فترات الصيف الطويلة، وقلة الكثافة السكانية.

تبلغ المساحة الصالحة للزراعة في ليبيا حوالي 2.2 مليون هكتار والمساحة المزروعة 1.2 مليون هكتار، وتعتمد الزراعة في ليبيا على الأمطار والمياه الجوفية معاً. ليبيا رغم مناخها الصحراوي الجاف تمتلك بعض المناطق الزراعية المهمة التي تعتمد بشكل رئيسي على المياه الجوفية والأمطار الموسمية، فيما يلي أهم المناطق الزراعية في ليبيا:

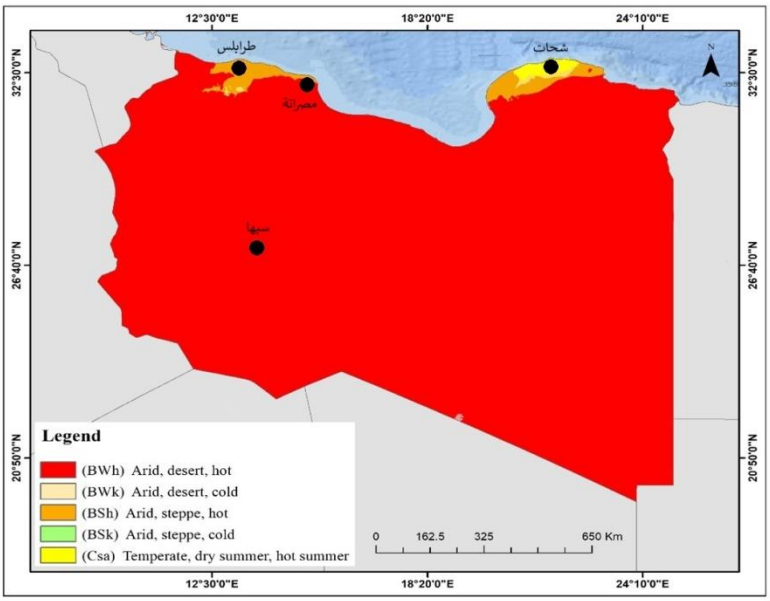
1- **الجبل الأخضر:** (شمال شرق ليبيا)، منطقة مرتفعة ذات مناخ معتدل نسبيًا وأمطار جيدة، يقع بين مدينتي البيضاء ودرنة. من أهم الزراعات الرئيسية: القمح، الشعير، الزيتون، الفواكه (التفاح والعنب وغيره..)، وبعض الخضروات.

2 - سهل الجفارة: (غرب ليبيا)، يمتد من طرابلس إلى الزاوية وصبراتة، حتى الحدود مع تونس ويحتوي على تربة خصبة،ويتميز بقربه من مصادر المياه الجوفية. أهم الزراعات الرئيسية: الزيتون، النخيل، الخضروات، الحمضيات، الحبوب والأعلاف.

3 – فزان: (جنوب غرب ليبيا) يشمل مدن سبها، أوباري ومرزق، ويتميز بالواحات التي تعتمد على المياه الجوفية. من أهم الزراعات الرئيسية: التمور بشكل رئيسي (النخيل)، وبعض الخضروات تحت نظم الري الحديثة.

4 – الواحات: (الصحراء الكبرى)، أشهرها واحة الكفرة، واحة جالو واحة تازربو. من أهم الزراعات: النخيل، بعض الحبوب والخضروات. تعتمد على مشاريع الري الصناعي والمياه الجوفية (مثل مشروع النهر الصناعي).

5 – منطقة المرج: (شرق بنغازي)، تتميز بمناخ جيد وتربة خصبة نسبيًا. من أهم الزراعات: الحبوب، الخضروات، الزيتون والعنب.



الشكل (1) يوضح خريطة الموقع الجغرافي لليبيا وتوزيع الأقاليم و مواقع الدراسة فيها .

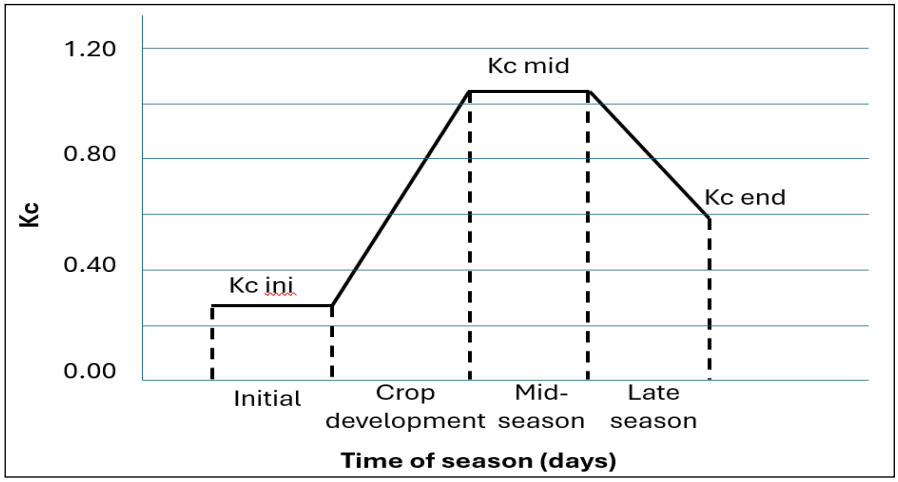
2.2- الإحتياجات المائية للمحاصيل Crop water requirements (CWRs).

يعرف إحتياج المحصول من المياه بأنه مجموع كمية الماء المستهلك خلال عمليتي البخر من التربة والنتح من النبات لإنتاج وحدة واحدة من وزن المادة الجافة للنبات. تختلف الإحتياجات المائية بين أنواع المحاصيل المختلفة وبين أصناف النوع الواحد تبعاً لكثير من العوامل التي تتعلق بالمحصول نفسه والظروف الجوية وظروف التربة. يشير (ETc) إلى بخر–نتح المحصول تحت الظروف القياسية، ويمكن حسابه من المعادلة (1):

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

حيث: ETc احتياجات المحصول المائية (مم)، Kc معامل المحصول، ETo البخر– نتح المرجعي (مم)

يؤدي التباين الموجود في تشريح الورقة وخصائص الثغور والخواص الحركية الهوائية والإشعاع المنعكس من سطح أوراق النبات إلى اختلاف البخر–نتح الفعلي عن البخر–نتح المرجعي للمحصول تحت نفس الظروف المناخية (Allen وآخرون، 1998). نتيجة للتباين في خواص المحصول خلال موسم النموه تتغير قيم (Kc) لمحصول معين من مرحلة الزراعة لغاية الحصاد (Allen وآخرون، 1998)، (Muñoz وآخرون، 2006).



الشكل (2) منحنى معامل المحصول (Kc) ، المصدر (Fao 56)

تم تطوير معادلة Penman–Monteith من طريقة Penman–Monteith ومعادلة حركة الهواء (Aerodynamic) ومقاومة الغطاء النباتي على النحو التالي:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

حيث R_n: صافي الإشعاع الشمسي ميغا جول/متر^2/ثانية. G: تدفق حرارة التربة ميغا جول/متر2/ثانية. γ: ثابت السيكرومتر كيلو باسكال/درجة مئوية. Δ: ميل منحنى ضغط البخار كيلو باسكال/درجة مئوية. u_2: سرعة الرياح متر/يوم عند ارتفاع 2متر. e_s: الضغط المشبع لبخار الماء كيلو باسكال. e_a: الضغط الفعلي لبخار الماء كيلو باسكال. T: متوسط درجة الحرارة عند ارتفاع 2 متر ْم. $(e_s - e_a)$: عجز ضغط البخار المشبع كيلو باسكال.

تحدد معادلة Penman–Monteith البخر–نتح من سطح عشبي مرجعي، وتؤمن مرجعاً للمقارنة مع فترات مختلفة من العام أو مع مناطق أخرى ويمكن بواسطتها إيجاد العلاقة مع البخر–نتح لمحاصيل أخرى (Valiantzas وآخرون، 2013).

2.3- نموذج Cropwat.

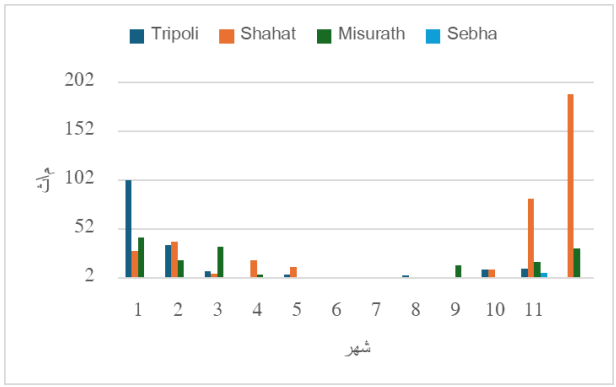
Cropwat نموذج طورته منظمة الأغذية والزراعة (FAO) لحساب البخر–نتح المرجعي (ETo)، والإحتياجات المائية للمحاصيل (CWRs)، وجدولة الري، ومتطلبات مياه الري (IR)، بإستخدام بيانات المناخ وهطول الأمطار والتربة، وبيانات المحاصيل. يتضمن النموذج بيانات عامة عن خصائص المحاصيل المختلفة والمناخ المحلي وخصائص التربة ويساعد على تحسين جداول الري وحساب مخطط إمدادات المياه لمختلف أنواع المحاصيل، تحت الظروف المروية والبعلية (Allen وآخرون، 2005)، (Muñoz وآخرون، 2006) .

2.3- البيانات المناخية.

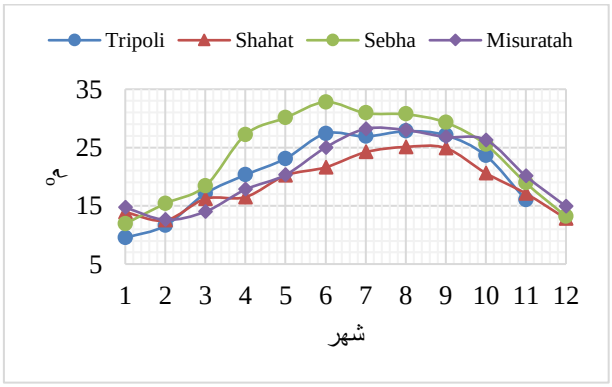
في هذه الدراسة تم استخدام البيانات المناخية من مجموعة بيانات AgERA5 للأرصاد الجوية السطحية والتي تم تحميلها من المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى(ECMWF). يوفر المركز مجموعة واسعة من

البيانات وبدقة عالية منذ 1979 وحتى هذه اللحظة. هذه المجموعة من البيانات تُقدَّم جاهزة وليست بحاجة للمعالجة، وتوفّر المتغيرات المناخية الأساسية التي تتوافق مع احتياجات النماذج الزراعية والبيئية المختلفة. متوسطات البيانات الشهرية التي تم الحصول عليها هي (الأمطار، الرياح، درجات الحرارة، الرطوبة الجوية، الإشعاع الشمسي) للفترة الزمنية 1979–2024. كانت السنوات الممثلة

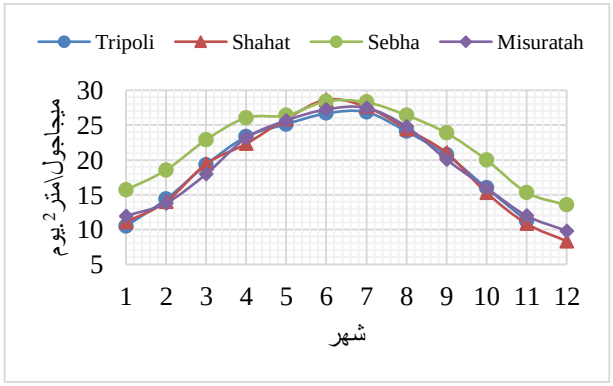
عن كل هذه الفترة



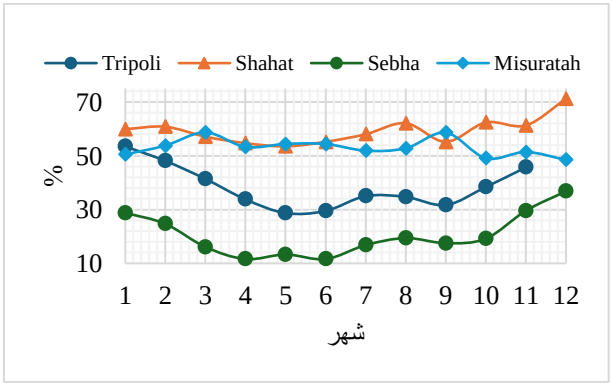
الشكل 3 المتوسط الشهري للهطول 1979–2024



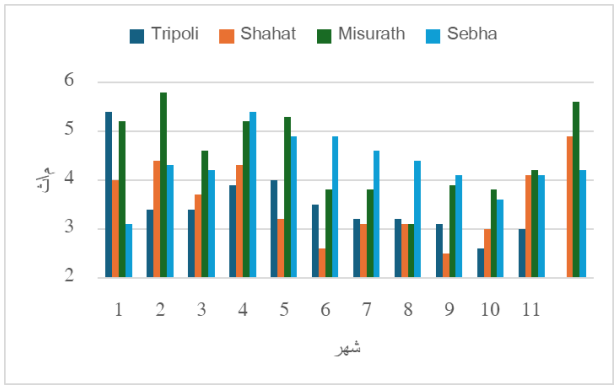
الشكل 4 المتوسط الشهري لدرجات الحرارة 1979–2024



الشكل 5 المتوسط الشهري للإشعاع الشمسي 1979–2024



الشكل 6 المتوسط الشهري للهطول 1979–2024



الشكل 7 المتوسط الشهري لسرعة الرياح 1979–2024

(1981، 2003، 2016، 2024) للمناطق (شحات، طرابلس، مصراتة، سبها) على التوالي، الأشكال (3، 4، 5، 6، 7).

أهم المناطق التي تُزرع فيها البطاطس في ليبيا:

لا توجد بيانات دقيقة جداً في المصادر المتاحة تحدد كل مدينة أو منطقة حسب المساحة المزروعة، لكن يمكن تحديد بعض المناطق البارزة مثل الساحل الليبي: الأراضي الساحلية المُروية تُستخدم بشكل رئيسي لزراعة الخضروات والبطاطس. الجبل الأخضر: منطقة مهمة للزراعة بشكل عام بما فيها البطاطس، لوجود أمطار أفضل وتربة مناسبة. وبعض المزارع القريبة من المدن الساحلية مثل طرابلس وما حولها يُزرع فيها البطاطس بسبب توفر المياه والبنية التحتية الزراعية.

تعتبر الزراعة في ليبيا عنصرا حيويا في اقتصاد البلاد، وكان النشاط الاقتصادي الأساسي في ليبيا قبل تطور صناعة النفط . هناك الآن جدل قوي حول الاتجاه الذي يجب أن تسلكه الزراعة ، من أجل إنعاشها والمساهمة في تطويرها، مع الأخذ بعين الاعتبار المنافسة الإقليمية المتزايدة على الموارد المائية الشحيحة وتحديات تغير المناخ، وتعتبر من اهم تحديات الزراعة في ليبيا هي نقص المياه بسبب قلة الامطار واعتماد الزراعة على المياه الجوفية وتدهور الاراضي نتيجة للاستخدام غير المستدام للمياه والاساليب الزراعية ومشاريع الري التي تعتمد على المياه الجوفية التي قد تنضب في المستقبل.

تتطبق ممارسات الري في ليبيا منذ أكثر من 100 سنة وتشير تقديرات منظمة الأغذية والزراعة إلى أن 75% من المساحات المروية هي على الأقل متوسطة الملوحة، مع ما يصل إلى 20 إلى 30% من الأراضي الصالحة للري غير مزروعة بسبب الملوحة.

تعتبر خسائر المياه في جميع أنحاء ليبيا كبيرة في مشاريع الري الزراعية حيث يتم نقل المياه عمومًا إلى حقول المزارعين من خلال أنظمة توزيع سيئة الصيانة للغاية وتعاني من فقدان كبير للمياه بسبب التسرب حيث يتم استخدام الري لزراعة الذرة والتمور والخضروات والفواكه في الصيف في ليبيا بما في ذلك ، المحاصيل الشتوية المروية الرئيسية هي القمح والشعير حيث يتراوح الإنتاج من ثلث (33٪) إلى النصف (50٪) من إجمالي الإنتاج الزراعي في ليبيا.

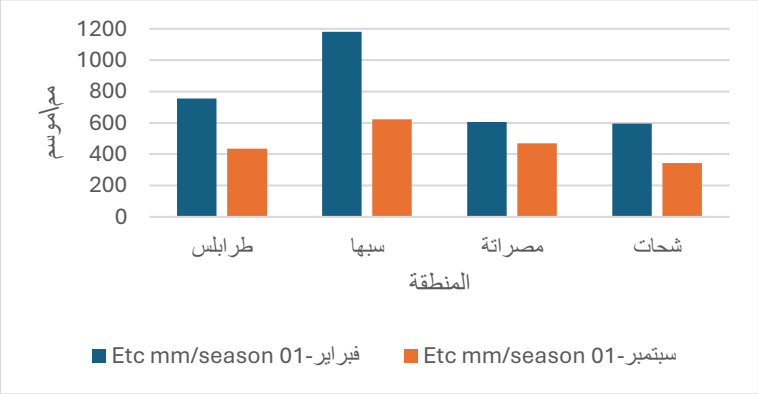
النتائج والمناقشة:

تم تقدير الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس باستخدام Cropwat لمناطق مختلفة من ليبيا وتم اختيار محصول البطاطس باعتباره من المحاصيل الرئيسية التي تزرع في ليبيا، يوضح الجدول (1) بيانات المحصول في هذه الدراسة.

الجدول (1) يوضح بيانات ومعايير محصول البطاطس

المحاصيل	الصنف	موعد الزراعة والحصاد	نسبة الاستنزاف المسموح	عمق الجذور(سم)	فترات نمو المحصول (يوم)			
(العروة الربيعية)	*Solanum tuberosum*	15 فبراير – 24 يونيو	0.55	60	25	30	45	30
(العروة الخريفية)	*Solanum tuberosum*	1 اكتوبر – 07 فبراير	0.55	60	25	30	45	30

الإحتياجات المائية للري (ETc) لمحصول البطاطس في هذه الدراسة كانت على النحو التالي: شحات تسجل أدنى القيم وذلك في العروة الربيعية (596 مم\موسم) والعروة الخريفية كانت (342مم\موسم). فيما سجلت سبها أعلى قيمة (1180مم\موسم)، الشكل (8) يوضح الإحتياجات المائية للمحصول لمناطق الدراسة ومواسم الزراعة المختلفة.



الشكل (8) الإحتياجات المائية لمحصول البطاطس (مم / موسم) في مناطق مختلفة من ليبيا.

تم استخدام نتائج التحليل الإحصائي (اختبار T للأزواج) الجدول (10) لمقارنة أثر المواسم والمناطق الجغرافية المختلفة على الإحتياجات المائية كالتالي:

أولاً: مقارنة الاختلافات الموسية. بلغ متوسط ETc لمحصول البطاطس في موسم الربيع 783.3 مم\موسم، بينما كان 467 مم\موسم الخريف. بلغ الفارق بين المتوسطين 316.8 مم\موسم، أي أن ETc في موسم الربيع بحاجة لكميات أكبر من المياه. كانت P–value=0.038 عند الدلالة الإحصائية α=0.05، هذا يدل على وجود فروقات معنوية بين المواسم ويفسر ذلك بزيادة درجات الحرارة والإشعاع الشمسي في موسم الربيع الذي يتداخل مع فصل الصيف، وبالتالي زيادة ETc، بينما تكون الحرارة والسطوع أكثر اعتدالاً في موسم الخريف مما يقلل من معدلات فقد الماء من التربة والنبات.

ثانياً: مقارنة الاختلافات المكانية. بلغت نسبة الزيادة في موسم الربيع 89% مقارنة بموسم الخريف في سبها، ذلك بسبب المناخ الصحراوي الذي يتميز بارتفاع درجات الحرارة وانخفاض شديد في الرطوبة الجوية ،

وتصل الفروقات إلى 74% في كل من طرابلس وشحات، حيث لازال تأثير درجات الحرارة واضحاً في طرابلس رغم ارتفاع الرطوبة الجوية، أما في شحات تظهر هذه الإختلافات الكبيرة نسبياً بسبب الفروقات الموسمية الكبيرة في الإشعاع الشمسي في مصراتة تعطي النتائج أقل نسبة تغير بين المواسم وكانت 29%، يشير ذلك إلى استقرار في الظروف المناخية بالمنطقة .

وفي العموم يحتاج موسم الربيع لكميات أكبر من المياه للري ويفضل فيه الزراعة عند توفر المصادر المائية الكافية. ويمكن أن يكون موسم الخريف بديلاً جيداً لزراعة البطاطس في المناطق التي تعاني شحاً مائياً.

تتفق نتائج هذه الدراسة مع الكثير من الدراسات الإقليمية، حيث سجلت مدى اختلافات المتوسطات فيها 60–90% في المناطق الجافة مقارنة بالمناطق المعتدلة. إن تطبيق جدولة الري محلياً (In–situ) هام جداً في إدارة مياه الري بدلاً عن تطبيق معدلات موحدة لجميع المناطق.

الجدول 2 الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس (العروة الخريفية) في منطقة طرابلس.

Peff mm/dec	Irr Req mm/dec
0.00	10.81
0.00	15.59
0.00	7.90
0.00	1.00
0.00	5.94
0.00	1.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	1.00
0.00	0.00
0.00	3.97
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	1.00

الجدول 3 الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس (العروة الربيعية) في منطقة طرابلس.

Peff mm/dec	Irr Req mm/dec
10.81	0.19
15.59	−2.59
7.90	4.10
1.00	20.00
5.94	31.06
1.00	64.00
0.00	63.00
0.00	60.00
1.00	75.00
0.00	72.00
3.97	72.03
0.00	103.00
0.00	91.00
1.00	33.00
0.00	41.00

Irr Req mm/dec	Peff mm/dec	ETc mm/dec	Month / Decade
18.00	0.00	18	Feb / 1
28.00	0.00	28	Feb / 2
25.00	0.00	25	Feb / 3
39.00	0.00	39	Mar / 1
50.00	0.00	50	Mar / 2
91.00	0.00	91	Mar / 3
98.00	0.00	98	Apr / 1
119.00	0.00	119	Apr / 2
122.00	0.00	122	Apr / 3
109.00	0.00	109	May / 1
125.00	0.00	125	May / 2
117.00	1.00	118	May / 3
130.00	0.00	130	Jun / 1
58.00	0.00	58	Jun / 2
50.00	0.00	50	Jun / 3

الجدول 4 الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس (العروة الخريفية) في منطقة سبها.

الجدول 5 الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس (العروة الربيعية) في منطقة سبها.

Irr Req mm/dec	Peff mm/dec	ETc mm/dec	Month / Decade
33.00	0.00	33	Jan / 1
16.00	0.00	16	Jan / 2
40.00	0.00	40	Sep / 1

Sep / 2	41	0.00	41.00
Sep / 3	43	0.00	43.00
Oct / 1	53	0.00	53.00
Oct / 2	63	0.00	63.00
Oct / 3	61	0.00	61.00
Nov / 1	72	0.00	72.00
Nov / 2	47	0.00	47.00
Nov / 3	40	6.92	33.08
Dec / 1	39	0.00	39.00
Dec / 2	39	1.99	37.01
Dec / 3	36	0.00	36.00

الجدول 6 الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس (العروة الخريفية) في منطقة شحات.

Month / Decade	ETc mm/dec	Peff mm/dec	Irr Req mm/dec
Jan / 1	20	14.64	5.36
Jan / 2	10	11.7696	-1.7696
Sep / 1	24	2.9856	21.0144
Sep / 2	23	0	23
Sep / 3	23	0	23
Oct / 1	26	0.9984	25.0016

الجدول 7 الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس (العروة الربيعية) في منطقة شحات.

Month / Decade	ETc mm/dec	Peff mm/dec	Irr Req mm/dec
Feb / 1	16	4.96	11.04
Feb / 2	12	8.87	3.13
Feb / 3	12	6.92	5.08
Mar / 1	19	16.54	2.46
Mar / 2	29	7.90	21.10
Mar / 3	40	7.90	32.10
Apr / 1	51	2.99	48.01
Apr / 2	50	1.99	48.01
Apr / 3	58	0.00	58.00

25.04	4.96	30	Oct / 2
29.04	4.96	34	Oct / 3
-14.6144	42.6144	28	Nov / 1
32.0064	1.9936	34	Nov / 2
-7.9264	33.9264	26	Nov / 3
-82.5744	97.5744	15	Dec / 1
-16.44	37.44	21	Dec / 2
1.2544	26.7456	28	Dec / 3

64.00	0.00	64	May / 1
55.00	1.00	56	May / 2
67.00	1.00	68	May / 3
67.00	0.00	67	Jun / 1
28.00	1.00	29	Jun / 2
33.00	0.00	33	Jun / 3

الجدول 8 الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس (العروة الخريفية) في منطقة مصراتة.

Irr Req mm/dec	Peff mm/dec	ETc mm/dec	Month / Decade
17.00	0.00	17	Jan / 1
12.01	1.99	14	Jan / 2
32.00	0.00	32	Sep / 1
12.16	9.84	22	Sep / 2

الجدول 9 الاحتياجات المائية لمحصول البطاطس (العروة الربيعية) في منطقة مصراتة.

Irr Req mm/dec	Peff mm/dec	ETc mm/dec	Month / Decade
11.04	4.96	16	Feb / 1
3.13	8.87	12	Feb / 2
5.08	6.92	12	Feb / 3
2.46	16.54	19	Mar / 1

Sep / 3	22	4.96	17.04
Oct / 1	26	0.00	26.00
Oct / 2	21	1.99	19.01
Oct / 3	23	0.00	23.00
Nov / 1	18	9.84	8.16
Nov / 2	16	6.92	9.08
Nov / 3	16	1.00	15.00
Dec / 1	16	1.00	15.00
Dec / 2	13	15.59	−2.59
Dec / 3	14	14.64	−0.64

Mar / 2	29	7.90	21.10
Mar / 3	40	7.90	32.10
Apr / 1	51	2.99	48.01
Apr / 2	50	1.99	48.01
Apr / 3	58	0.00	58.00
May / 1	64	0.00	64.00
May / 2	56	1.00	55.00
May / 3	68	1.00	67.00
Jun / 1	67	0.00	67.00
Jun / 2	29	1.00	28.00
Jun / 3	33	0.00	33.00

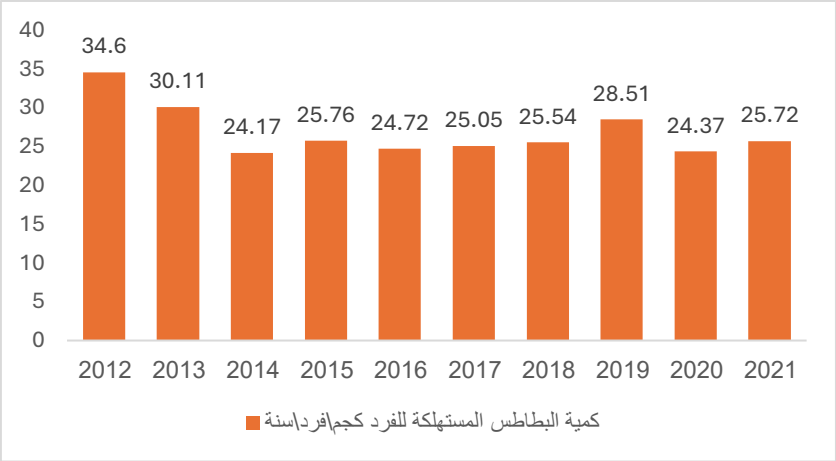
جدول (10) نتائج اختبار T للأزواج

المتغير	المتوسط الربيع	المتوسط الخريف	الفرق	T- value	P-value	الدلالة الإحصائية
احتياجات البطاطس (ETc, mm/season)	783.8	467	316.8	3.56	0.038	فرق معنوي عند α = 0.05

جدول (11) نسبة التغير في الإحتياجات المائية لفصل الربيع نسبة لفصل الخريف.

المنطقة	نسبة الزيادة %
طرابلس	74%
سبها	89%

مصراتة	29%
شحات	74%



شكل (9) كمية البطاطس المستهلكة للفرد (كجم/ فرد.السنة) في ليبيا

نتائج هذه الدراسة تعزز فهمنا للإحتياجات المائية لمحصول البطاطس وهو من المحاصيل الرئيسية في ليبيا، مما سيساعد بالتالي على تحسين إدارة الموارد المائية والإنتاجية من خلال السياسات المبنية على هذه النتائج. و يمكن أن يؤدي استخدام الأدوات العلمية مثل CROPWAT و CLIMWAT إلى تقييم CWRs بدرجة عالية من الدقة وإقتراح نمط المحاصيل ودورة المحاصيل التي يمكن للمزارعين قبولها بسهولة.

توصي الدراسة بترشيد استخدام المياه في الزراعة عبر تحسين كفاءة الري واختيار المحاصيل المناسبة، مع الحفاظ على جودة المياه وصيانة الشبكات. كما تؤكد على نشر الوعي والتدريب على التقنيات الحديثة لرفع كفاءة إدارة الموارد المائية.

المراجع:

1 – حسن، أحمد عبدالمنعم (1994). أساسيات أنتاج الخضر في الأراضي الصحراوية، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، مصر.

2 – خليل، محمود عبدالعزيز إبراهيم (1998). العلاقات المائية ونظم الري. كلية الزراعة – جامعة الزقازيق.

3 – الهيئة العامة للمياه (1999). دراسة حول الإحتياجات المائية المحصولية والحقلية للمزروعات الأكثر أهمية في بالجماهيرية العظمى.

4 – حسين، فؤاد؛ يعقوب، عبدالله؛ جانات، مصدق (2013). تقييم اداء النموذجين Cropwat , Aqua crop في محاكاة تأثير ري الناقص لمحصول القطن، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية (29): 361 – 373.

5 – الباروني، سليمان ؛ (2023). مصادر المياه في ليبيا. دار الحكمة، طرابلس – ليبيا

6 - Allen, R.G ; Pereira, L.S ; Raes, D. ; Smith, M. Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Rééquipements—FAO Irrigation and Drainage Paper 56 ; FAO : Rome, Italy, 1998.

7 – Allen, R.G ; Pereira, L.S ; Smith, M.; Raes, D.; Wright, J.L. FAO-56 dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. J. Irrig. Drain. Eng. 2005, 131, 2–13.

8 - Muñoz, G ; Grieser, J. CLIMWAT 2.0 for CROPWAT; Water Resources, Development and Management Service, Environment and Natural Resources Service, FAO: Rome, Italy, 2006.

9-Valiantzas, J.D. Simplified forms for the standardized FAO-56 Penman–Monteith reference evapotranspiration using limited weather data. J. Hydrol. 2013, 505, 13–23.