



إمكانية استخدام الطاقة الشمسية في ضخ مياه الري بالتنقيط للمساحات الصغيرة

نسرين المبروك قريميدة^{1*}، نور الدين سالم بلق²، أشرف يعقوب سويدان³
¹ قسم تقنية الميكنة الزراعية، المعهد العالي للتقنيات الزراعية، الغيران، طرابلس، ليبيا
² قسم تقنية إنتاج البساتين، المعهد العالي للتقنيات الزراعية، الغيران، طرابلس، ليبيا
³ قسم الحفر والموارد المائية، المعهد العالي للتقنيات الزراعية، الغيران، طرابلس، ليبيا

The Possibility of Using Solar Energy for Drip Irrigation Water Pumping in Small Areas

Nesrin Elmabrouk Gremida^{1*}, Nourdin Salem Blaq², Ashraf Yaqoub Sweidan³

¹ Department of Agricultural Mechanization Technology, Higher Institute of Agricultural Technologies, Ghiran, Tripoli, Libya.

² Department of Orchard Production Technology, Higher Institute of Agricultural Technologies, Ghiran, Tripoli, Libya.

³ Department Drilling and Water Resources, Higher Institute of Agricultural Technologies, Ghiran, Tripoli, Libya.

*Corresponding author: nesriengremida@yahoo.com

تاريخ النشر: 2025-02-23

تاريخ القبول: 2025-02-18

تاريخ الاستلام: 2024-12-05

الملخص

تم إجراء البحث في منطقة غوط الشعال - طرابلس - ليبيا لمعرفة تأثير مستويات مختلفة من الري على صنفين من الخس واستخدام الطاقة الشمسية كطاقة بديلة لضخ مياه الري، وأثبتت التجربة من خلال النتائج المتحصل عليها أن هناك إمكانية للاعتماد على الطاقة الشمسية كوسيلة لضخ مياه الري وتراوحت كفاءة الألواح الشمسية من 12.3% في شهر مارس إلى 14.8% في شهر يونيو وهذا يعتمد على كمية الإشعاع الشمسي الساقط على وحدة المساحة وزاوية الميل المثلى لكل شهر كما أشار البحث أن عدد الألواح الشمسية تباينت حسب الاحتياج المائي للمحصول ومرحلة النمو والحالة المناخية (درجة الحرارة - الرطوبة - وزاوية الميل - إشعاع الشمسي) ويمكن من خلال هذه التجربة الأولية المرتكزة على مجموعة من المعادلات التجريبية استخدام الطاقة الشمسية كطاقة بديلة في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، الألواح الشمسية، الري بالتنقيط، الخس.

Abstract:

A study was conducted in Got Al-Shaal area, Tripoli, Libya, to investigate the effects of different irrigation levels on lettuce growth and the feasibility of using solar energy as an alternative power source for irrigation. The experimental results demonstrated the potential of relying on solar energy for irrigation, with solar panel efficiency ranging from 12.3% in March to 14.8% in June. This variation depends on the amount of solar radiation per unit area and the optimal tilt angle for each month. The study also indicated that the required number of solar panels varies based on water demand, plant growth stage, and climatic conditions (temperature, humidity, tilt angle, and solar irradiance). The initial experimental results provide a foundation for future studies on utilising solar energy as an alternative power source.

Keywords: solar energy, drip irrigation, irrigation, lettuce.

المقدمة:

تهتم دول العالم سواء المتقدمة أو النامية اهتمام كبير بمجال الزراعة حيث تعتبر من أهم مصادر توفير الغذاء للإنسان والحيوان ولكي نحصل على إنتاجية عالية في أي مشروع زراعي لابد من توفر بيئة زراعية مناسبة سواء كانت من ناحية

المناخ و طبيعة التربة أو مياه الري، حيث ان تقع مساحة كبيرة من ليبيا داخل المناخ الصحراوي وشبه الصحراوي مما يجعلها تعاني من قلة هطول الامطار لذلك تعتبر ضمن اكثر المناطق فقرا في موارد المياه في العالم، وتتجاوز ليبيا مع 12 دولة عربية أخرى خطا لفقر المائي الحاد و يقدر نصيب الفرد في ليبيا حوالي 120 متر مكعب في السنة لكل فرد وذلك وفقا للتقرير العالمي لتنمية المياه لعام 2015، [1]، ونظراً لنقص مصادر مياه الري في الأونة الأخيرة وزيادة طرح الأحمال الكهربائية لابد من وجود حلول بديلة لتوفير الماء والكهرباء إلى جانب وجود بيئة نظيفة خالية من التلوث الناتج عن استخدام الوقود الاحفوري الذي قارب على أن ينضب وعليه يجب علينا الاستفادة من الطاقة الجديدة والمتجددة في مجال الزراعة، وتعتبر الطاقة الشمسية أهم الطاقات المتجددة في دول شمال إفريقيا على سبيل المثال مصر وليبيا وتونس تقع ضمن نطاق الحزام الشمسي الذي يصل فيه معدل مجموع الإشعاع الشمسي السنوي حوالي 2000 إلى 2400 كيلووات. ساعة/ متر مربع، ويقدر الثابت الشمسي حوالي 1367 وات/م²، ويصل قطر الشمس 1.4 مليون كيلومتر، وكتلة الشمس 2×10^{30} كيلوجرام ومن هذا المنطلق تعتبر ليبيا من أهم الدول التي تمتاز بالإشعاع الشمسي الساقط عليها وخاصة في فصل الصيف فلا بد من الاستفادة منه في العديد من المجالات الزراعية وغيرها من المجالات الأخرى، ونظراً للتطابق بين القدرات والضغوط الصغيرة التي تحتاجها أجهزة الري بالتنقيط مع القدرات التي توفرها أجهزة توليد الكهرباء باستخدام الألواح الشمسية Photovoltaic، تمتاز هذه المنظومات بسهولة التركيب والتشغيل والموثوقية في الإنتاج وعدم الاحتياج إلى الصيانة المستمرة وعدم تلوث البيئة وعمرها لتشغيلي أكثر من 25 سنة [2].

تم تنفيذ تجربة لضخ مياه الري باستخدام الألواح الشمسية بنظام PMDC وتبين انه لا يمكن تحقيق نتائج جيدة مع الإشعاع الشمسي المنخفض، ويمكن الحصول على نتائج أفضل باستخدام سلسلة من الألواح الشمسية المتصلة على التوالي وعلاوة على ذلك تم تقييم أداء نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية لمجموعتين الأولى ثابتة والمجموعة الثانية كانت متباعدة لأشعة الشمس يدويا لوحظ أن كفاءة الألواح الشمسية المتباعدة لأشعة الشمس تزيد بنسبة 22.6% عن الألواح الثابتة [4].

كان هناك انخفاض كبير في اسعار الوحدات الكهروضوئية خلال العقد الماضي، بأكثر من 80% بينما ارتفعت أسعار البنزين والديزل المتنافسين بأكثر من 250% PVWP هو الأكثر فعالية من حيث التكلفة لتلبية احتياجات الضخ الثابتة مثل إمدادات المياه المجتمعية أو سقي الماشية - سواء متطلبات الضخ على مدار السنة في معظم الحالات، وضخ مياه الري عندما يحدث الري في معظم السنة، وسعت الابتكارات التكنولوجية الجديدة في مجال تكنولوجيا التحكم مجموعة PVWP من خلال حجم يصل إلى ~ 25 كيلووات، مع 100 كيلووات المتوقع في المستقبل القريب، وبالمثل، فقد تم تطوير مضخات مياه حلزونية أكثر كفاءة وموثوقة وسهلة التشغيل [5].

استخدم نظام الري بالتنقيط لري مساحة ألف متر مربع تضم أكثر من 100 شجرة بالاستعانة بمؤقت تلقائي للري ساعتين في اليوم من يونيو إلى أكتوبر، مما يجعل من الممكن الاستفادة من المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية مباشرة بالإضافة لبطارية التي تشحن من قبل الألواح الشمسية طوال اليوم عند توفر الأشعة الشمسية حيث توفر الجهد المستمر في وقت لاحق لأداء أفضل لان لا تعتمد على الظروف الجوية والنتيجة هي نظام أقل تكلفة بالمقارنة مع نظام الري بالتنقيط بالطاقة الشمسية مباشرة، وخفض التكلفة الإجمالية للنظام بنسبة 63% وأداء أفضل عموماً [6].

الزراعة هي القطاع الوحيد الأكثر أهمية في اقتصاد بنغلاديش بسبب نقص الطاقة، وارتفاع أسعار الوقود، يشكل نظام الري تهديدا كبيرا للمزارعين، ولذلك، فإن الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية ستكون مصادر فعالة للطاقة بالنسبة لهم، تمثل أنظمة ضخ المياه الكهروضوئية (PVWP) حلاً قابلاً للتنفيذ ومتجدداً لدعم وتعزيز الإدارة المستدامة للموارد المائية، وتطوير القطاع الزراعي وبناءً عليه تم تقييم أداء المضخة الكهروضوئية فكانت اقصى كفاءة للمضخة هي 5.67% عندما كانت كثافة الطاقة الشمسية 685 وات/م² عند استخدام 10 وات للألواح الشمسية، يتم زيادة كفاءة المضخة مع زيادة كثافة الطاقة الشمسية، وكان متوسط كفاءة المضخة عالية عند استخدام 10 وات و 15 وات الألواح الشمسية، وعند استخدام 20 وات و 25 وات للألواح الشمسية كان متوسط كفاءة المضخة أقل من كفاءة المضخة عند 10 وات و 15 وات للألواح الشمسية، وكان متوسط كفاءة المضخة هو 4.41% ومعدل التصرف 6.09 لتر/دقيقة عند استخدام 20 وات للألواح الشمسية، ويمكن أن يحدث ذلك بسبب انخفاض كفاءة الألواح الشمسية لزيادة درجة حرارة الألواح الشمسية [7].

تم تصميم وتركيب نظام ضخ للمياه بالطاقة الشمسية ليحل محل نظام الطاقة الكهربائية القائمة في نيجيريا عند ظروف جوية معينة حيث كانت درجة حرارة الجو المحيط 34 درجة مئوية، والإشعاع الشمسي 800 وات/م² فكان معدل ضخ المياه 2.6 متر مربع/ساعة [8].

أفضل طريقة لجمع اقصى اشعاع شمسي هي استخدام انظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية المتتبعة أشعة الشمس حيث يمكن ان تزداد كمية الاشعاع الشمسي المتحصل عليها بنسبة 30-40% من استخدام انظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الثابتة [9]، ويمكن أن تتأثر كفاءة الألواح الشمسية الكهروضوئية نتيجة لعدم الصيانة المستمرة ونتيجة لتلوث سطح الألواح الشمسية وهذا يقلل من انتاج الطاقة [10].

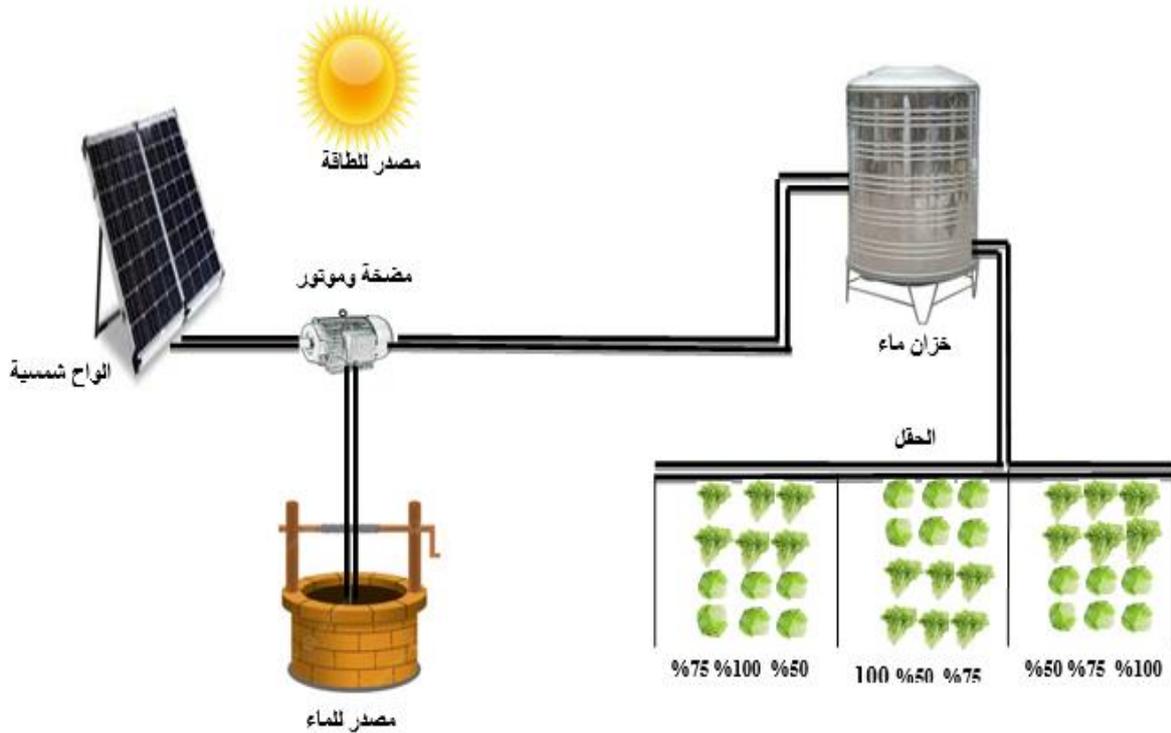
نبات الخس: نبات الخس هو النوع الوحيد في جنس الخس الذي يزرع لأغراض تجارية (10)، حسب منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة فاو فقد بلغ حجم الإنتاج العالمي من الخس في سنة 2010 بلغ 23.622.366 طن/م² متري، وقد كانت الصين الأولى في الإنتاج، إذ شغلت وحدها 53% من هذه النسبة، ثم الولايات المتحدة بـ 17% فالهند بـ 4% [11]، ومع أن الصين هي المنتج العالمي الأول للخس، إلا أن غالبية محاصيلها تستخدم في إطعام الماشية، وأما على صعيد التصدير فإن إسبانياً تحتل المرتبة الأولى، تليها الولايات المتحدة في الثانية. [12].

شبكة الألواح تتكون من:

1. ألواح شمسية ذات أبعاد (5.4×68×140) سم.
2. يتم توصيل لوحين على التوالي بزاوية تم حسابها بناء على الشهر وخط العرض وكانت كما هو مبين في جدول (1).
3. القدرة للشبكة الواحدة (150 وات) وبفرق جهد (17.5 فولت) تعطي تيار مستمر DC.
4. تم ربط الألواح بمضخة غاطسة على عمق (23 م) من سطح الأرض.
5. تم توصيل الخلايا بالمضخة الغاطسة على تيار مستمر.
6. المحصول تم زرع شتلات من محصول الخس) بمعدل 253 لكل صنف.
7. المساحة المروية (220 م²).
8. تم إضافة السماد على ثلاث فترات بداية الزراعة الأولى وبعد الشتل الثانية 2 أسبوع وبداية المرحلة الثالثة من خلال مياه الري (بواسطة خزان المياه).
9. تم قياس شدة الإشعاع الشمسي بواسطة جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي.
10. تم استخدام المسدس الحراري (330/50 م²) لمعرفة درجة حرارة الألواح.
11. جهاز GPS لتحديد خطوط الطول، العرض والارتفاع.

الجدول (1): زوايا الميل المثلى التي تم حسابها خلال البحث.

أشهر السنة	زاوية الميل المثلى β°	N عدد ساعات السطوع المحسوبة
مارس	34.99°	11.79
أبريل	23.16°	12.81
مايو	13.76°	13.67



الشكل (2): رسم تخطيطي للتجربة.

لا بد من تقدير بخر النتج القياسي لتقدير الاحتياجات المائية للخس وسوف يتم اعتماد أهم المعادلات التي تم اعتمادها من قبل منظمة الأغذية والزراعة (FAO 56) [13] وتسمى معادلة الفاو/ بنمن مونتنت وتساغ على الصورة التالية:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n + G)\gamma \frac{C_n}{T+273}}{\Delta + \gamma(1+C_d u_2)} \cdot u_2(e_s - e_a) \dots\dots\dots (1)$$

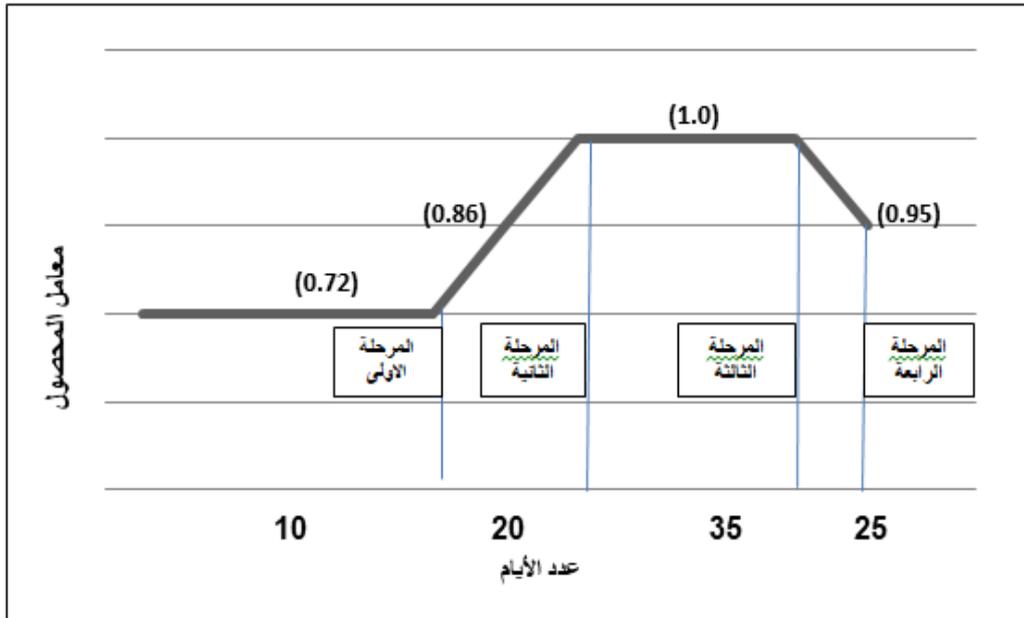
حيث أن:

- (ET_0): بخر النتح القياسي (مم/يوم).
(Δ): ميل منحنى الضغط البخاري المشبع (كيلو بسكال).
(R_n): صافي الإشعاع الشمسي الأفقي (ميغاجول /م²/يوم).
(G): كثافة تدفق حرارة التربة (عند سطح التربة) (ميغاجول /م²/يوم).
(γ): ثابت رطوبة الهواء (ضغط البخار المشبع) (كيلو بسكال).
(u_2): متوسط سرعة الرياح عند ارتفاع 2 م (م/ث).
(e_s): متوسط بخار الماء المشبع عند ارتفاع 2 م (كيلو بسكال).
(e_a): متوسط ضغط بخار الماء الفعلي عند ارتفاع 2 م (كيلو بسكال).
(T): متوسط درجة الحرارة عند ارتفاع 2 م (م °).
(C_n): ثابت البسط يتغير بتغير المحصول المرجعي والفترة الزمنية سوف يحسب (900) (حشيشة السودان).
(C_d): ثابت المقام ويتغير حسب المحصول والفترة الزمنية وسوف يحسب (0.34).
حساب نتح البخر المحصولي سوف يحسب من المعادلة التالية :

$$ETC = Kc \cdot ET_0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

حيث أن :

- (ETC): بخر النتح المحصولي (مم/يوم).
(Kc): معامل المحصول (جداول خاصة حسب المحصول) (24، 56 FAO) [13] [14]، كما مبين في الشكل التالي:



الشكل (3): منحنى مراحل نمو محصول الخس (FAO 24).

سوف يتم استخدام الري بالتنقيط (drip - irrigation) فهو يتناسب مع كمية الطاقة اللازمة لتشغيل شبكات الري من الطاقة الشمسية حيث يجب تقدير إجمالي مياه الري المطلوبة وتحسب من المعادلة التالية (FAO 36) [15][22].

$$IRg = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot ETC \quad \dots\dots\dots (3)$$

حيث أن:

- (IRg): إجمالي مياه الري لكل نبات (لتر/يوم).
(ETC): بخر النتح القياسي(مم/يوم).
(D^2): خط كل النبات عند الساعة (12 ظهر).

$$\dots\dots\dots (4) Kr = \frac{Gc}{0.85} \leq 1$$

(Ea): كفاءة شبكة الري (86%).

(LR): معامل الغسيل.

(Pi) : كمية الهطول الفعال.
ويقدر زمن الري من المعادلة (FAO 36) [15]:

$$IRt = \frac{TRg \cdot A}{IRg} \dots\dots\dots (5)$$

حيث أن :

(IRt) : زمن الري (ساعة).

(A) : المساحة المطلوب ريها.

(IRg) : اجمالي مياه الري (لتر/ساعة).

ويجب تقدير فاقد الاحتكاك لأنه يؤثر على كمية الطاقة اللازمة ويحسب من معادلة هينز ويليامز (إسماعيل 2015) وهي المعادلة الأكثر إستخدام في الري لسهولة إستخدامها[3].

$$\Delta h = \frac{1.22 \times 10^{10} \text{ LF}}{D^{4.871}} \cdot \left(\frac{G}{ch \times 36} \right)^{1.852} \dots\dots\dots (6)$$

حيث أن:

(Δ h) : الفاقد المسموح به (م).

(L) : طول أنبوب الري (م).

(D) : قطر الأنبوب الداخلي (مم).

(G) : التصريف المطلوب (لتر/ثانية).

(ch) : ثابت هينزوليامز حسب نوع وقطر الأنبوب ويؤخذ من الجداول الخاصة بالمعادلات.

حساب الطاقة الهيدروليكية (W) PH [16]:

$$P_H = Q \cdot TDH \cdot \rho \cdot g \dots\dots\dots (7)$$

حيث أن:

(Q) : معدل سريان الماء (م³ / ساعة).

(TDH):الضاغط الديناميكي الكلي (م).

(ρ) : كثافة الماء 1000 Kg/m³ عند درجة حرارة (4 م°)

(g) : عجلة الجاذبية الأرضية (9.81 م/ث²).

الضاغط الديناميكي من المعادلة التالية[13]:

$$TDH = H_s + H_d + H_w + H_f \dots\dots\dots (8)$$

(TDH): الضاغط الديناميكي الكلي (م).

(Hs): ضاغط السحب (23 م).

(Hd): ضاغط الطرد (1.25 م).

(Hw): ضاغط التشغيل (1.0 لتر).

(Hf): ضاغط الاحتكاك (0.93 م).

الطاقة الكهربائية المحتاجة PE (KW) [18] :

من الممكن حساب الطاقة الكهربائية المحتاجة من خلال المعادلة التالية:

$$P_{EL} = \frac{P_H}{\eta_{MP}} \dots\dots\dots (9)$$

حيث أن:

(η MP) : كفاءة المضخة.

من الممكن حساب الطاقة الكهروضوئية المحتاجة للخلية الضوئية باستخدام طريقة مبسطة وفقا للمعادلة التالية [16]

[19]:

$$P_{PV} = \frac{(P_{EL} \times G_{REF})}{(G_{Glob} \times F_Q)} \dots\dots\dots (10)$$

حيث أن:

(PPV): الطاقة القصوى الناتجة من اللوح الشمسي تحت الظروف القياسية، الاشعاع الشمسي 1000 وات/ م²، درجة حرارة اللوح الشمسي 25 م°.

(GGlob): الاشعاع الشمسي الساقط على السطح الأفقي (كيلووات / م²).

(GREF) : الإشعاع الشمسي الساقط عند ظروف التجربة (كيلووات / م²).

(FQ): معامل جودة النظام.

في حال الحسابات النظرية (FQ = 1) ، أما في حال القيمة مقاسة على سبيل المثال FQ = 0.75 تعني أن 75% من الطاقة الكهربائية يتم تحويلها من الطاقة الشمسية و25% من الطاقة الكهربائية ضاع بين الخلية الشمسية وإخراج النظام أو لم يتم استخدامه.

من الممكن حساب كفاءة الخلية الضوئية من المعادلة التالية [20]:

$$\eta_{PV} = \frac{P_{PV}}{G_{Glob} \times A_{array}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (11)$$

حيث أن:

(A_{array}): مساحة اللوح (م²).

كفاءة نظام الضخ الفرعي (η_{MP}) تعرف بأنها النسبة بين الطاقة الهيدروليكية المطلوبة لرفع حجم من الماء ومدخلات الطاقة الكهربائية للنظام الفرعي ويتوقف على نوع المضخة المستخدمة في النظام.

يتم الحصول على الكفاءة الكلية لنظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية بواسطة المعادلة التالية [20] [21]:

$$\eta_{total} = \eta_{PV} \times \eta_{MP} \quad \dots\dots\dots (12)$$

النتائج والمناقشة:

الجدول (2) : كمية الطاقة الشمسية اللازمة والقدرة المستهلكة من النبات وكفاءة الألواح المحسوبة.

الشهر	الإشعاع الشمسي الساقط كيلووات/يوم	الطاقة الكهربائية اللوحية وات/ساعة	البخر النتج المحصولي مم/ يوم	الكفاءة %
مارس	5.00	0.615	3.7	12.3%
أبريل	5.97	0.818	5.2	13.7%
مايو	6.49	0.909	6.7	14.1%
يونيو	7.09	1.045	7.9	14.8%

الجدول (3): يوضح كمية الإشعاع الشمسي على مدينة طرابلس حسب وكالة ناسا (NASA).

أشهر سنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
كيلووات/يوم	2.95	3.87	5.00	6.46	7.69	7.09	7.05	6.47	5.48	4.00	3.15	1.83	4.64

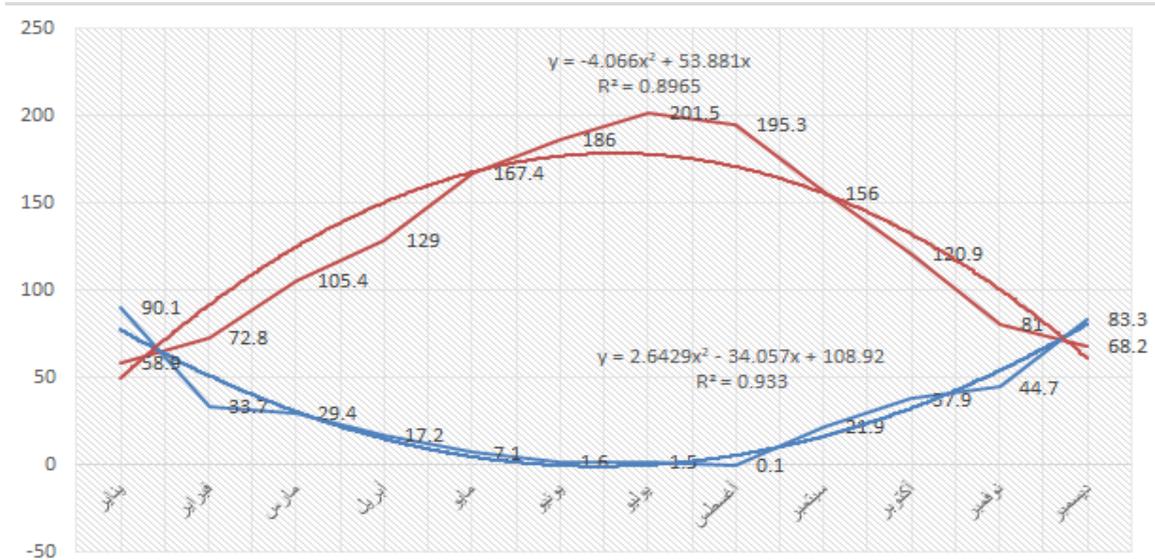
الجدول (4): يوضح كمية الإشعاع الشمسي على مدينة طرابلس حسب المنظمة العالمية للمناخ.

أشهر سنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
كيلووات/يوم	2.426	4.361	6.199	6.846	7.370	7.878	7.877	7.450	6.698	6.695	5.784	4.621

الجدول (5): يوضح عدد الألواح والمساحة اللوحية باستخدام الطاقة الشمسية الساقطة الاحتياجات المانية للمحصول.

أشهر السنة	بخر النتج المحصولي مم/يوم	ساعات السطوع الممكنة ساعة / يوم	كمية الإشعاع الشمسي الساقط على الأفقي كيلووات/يوم	كمية الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح وات/م ² /ساعة	مساحة الألواح المطلوبة م ² /هـ	عدد الألواح في مجمع شمس*	عدد الألواح
يناير	2.0	8.3	3.0	4.3	153.33	17-19	82
فبراير	2.7	10.2	3.8	5.2	163.42	18-20	99
مارس	3.7	12.8	5.0	7.93	170.20	16-18	103
أبريل	5.2	15.0	6.0	8.21	1.99.33	14-16	120
مايو	6.7	16.5	6.4	9.35	240.78	13-15	145
يونيو	7.9	17.0	7.1	11.4	255.91	13-15	155
يوليو	8.0	16.8	7.1	10.6	259.15	14-16	157
أغسطس	7.5	15.6	6.5	9.3	265.38	17-19	160
سبتمبر	6.4	13.6	5.5	6.1	267.63	20-22	162
أكتوبر	4.7	11.2	4.0	4.5	368.0	23-26	223
نوفمبر	3.0	9.0	3.1	3.8	222.3	22-25	135
ديسمبر	2.2	7.8	2.1	4.0	211.57	18-21	126

*ملاحظة: يتم تركيب كل 20 لوح شمسي في مجموعة متصلة على التوالي بما يسمى بالمجمع الشمسي ويتناسب عدد الألواح الشمسية طرديا مع الاحتياج المائي للمحصول حسب كل شهر وعكسيا مع كمية الإشعاع الشمسي الساقط على وحدة المساحة.

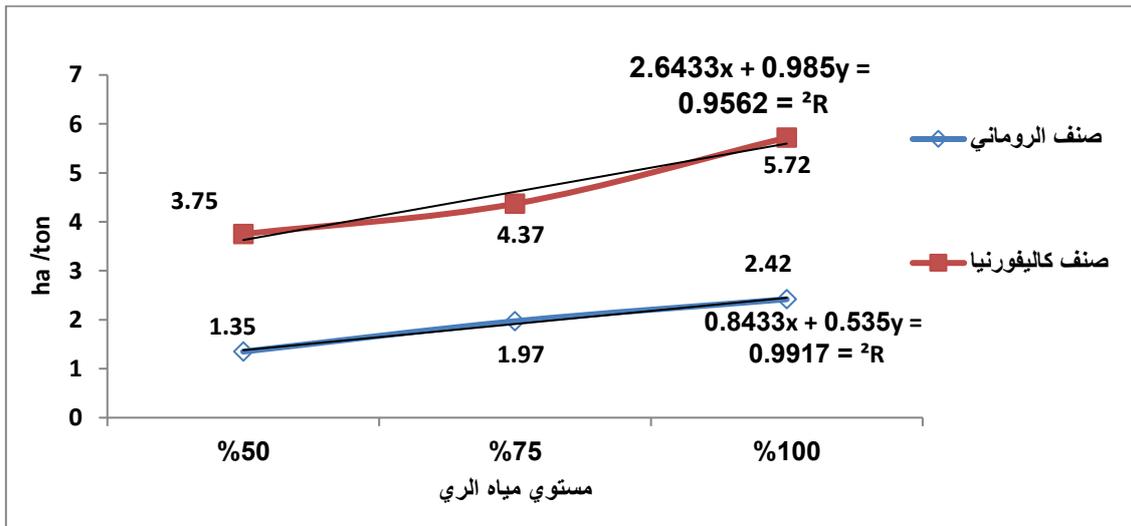


الشكل (4) : العلاقة بين متوسط بخر النتح القياسي وقياس كمية الهطول الشهري لمدينة طرابلس لمدة سنة.

الشكل (4) السابق المتحصل عليهم من معادلة (FAO/P.M) بواسطة برنامج (CROPWAT V.8) نلاحظ معدل بخر النتح القياسي الشهري يصل لأعلى قيمة له في فصول الصيف (يونيو، يوليو و أغسطس) وهذا منطقي بينما يصل أقل قيمة له في شهري يناير و ديسمبر.

كانت أعلى قيمة في شهري (يوليو ، أغسطس) (201.5 / 195.3م/شهر) علي التوالي و أقلها في شهري يناير و ديسمبر (58.9 / 68.2 م/شهر) علي التوالي وكان معدل البخر النتح الكلي (1542.4م/سنة) وكان المتوسط الشهري السنوي (128.53م/شهر)، وهذا يعطي مؤشر أول لكمية المياه التي يحتاجها المحصول ويمكن ربط ذلك بالطاقة الشمسية المتحصل عليها.

أفادت الهيئة العامة للمياه من خلال دراسات لمدة لا تقل عن 20 سنة أن المتوسط الشهري لهطول الامطار في مدينة طرابلس (30.70م/شهر) وأن الهطول الكلي لا يزيد عن (368.49م/سنة).



الشكل (5): منحنى تأثير كميات مياه الري على إنتاجية صنفين من محصول الخس.

يلاحظ من الشكل (3) المتحصل عليه بناء على منظمة الفاو (FAO24) أن أعلى مراحل الاحتياجات المائية في المرحلة الثالثة والرابعة وهي مرحلة حرجة لمحصول الخس، ومن خلال الشكل (5) يلاحظ أن صنف كاليفورنيا الكرنبى تفوق على الصنف الروماني المتناول في كل معاملات الري بفارق معنوي عند مستوى معنوي (5%) كما لوحظ وجود علاقة خطية

مع زيادة كمية الماء المضاف في كلا الصنفين حيث بلغ معامل الارتباط الإحصائي 0.9562 لصنف كاليفورنيا وكان 0.9917 للصنف الروماني.

من خلال النتائج المتحصل عليها يلاحظ أن أكثر كمية مياه ري في الفترة ما بين شهر مايو وأغسطس وهي تحتاج إلى كميات أكبر من الطاقة وفي هذه الفترة تزداد كمية الطاقة الشمسية حيث الذروة ما بين شهر يونيو وأغسطس وبذلك يمكن الاستغناء عن الطاقة التقليدية وهو موضوع يحتاج إلى إدارة رشيدة للمحافظة على الماء وهو ما أكدته منظمة الفاو [23]، حيث أن الكثير من البلدان النامية ضغطت على الموارد المائية بسبب رخص الطاقة. لذلك يمكن الاستفادة من الطاقة الرقمية حيث يمكن مراقبة المحتوى الرطوبي للتربة بشكل أوتوماتيكي [24]، وبذلك يمكن المحافظة على التنمية المستدامة من خلال مصطلح (الماء- الطاقة - الغذاء - البيئة) [25]، وذلك بالاستفادة من الري بالتنقيط كوسيلة فعالة للحفاظ على الماء والطاقة وزيادة الكفاءة الاقتصادية للزراعة [22].

الخلاصة والتوصيات:

الخلاصة:

1. بالإمكان الاستفادة من الطاقة الشمسية كطاقة بديلة لضخ مياه الري باستخدام شبكات الري بالتنقيط لقلّة إحتياجها للطاقة مقارنة بطرق الري الأخرى.
2. عند استخدام مستويات منخفضة من مياه الري (50-75%) تزداد كفاءة استخدام مياه الري وكفاءة استخدام الطاقة.
3. الاستفادة من أصناف المحاصيل تساعد الحصول على الطاقة حيث تفوق الصنف كاليفورنيا بزيادة لا تقل عن 30% من إعطاء نفس كميات مياه الري وتوفير الطاقة.
4. تحتاج لمساحات أكبر من ألواح الكهروضوئية في بعض أشهر السنة وهي (ديسمبر، يناير، فبراير، أكتوبر) بسبب قلة عدد ساعات السطوح الفعلية وانخفاض شدة الإضاءة.

التوصيات:

1. إجراء المزيد من الأبحاث في هذا المجال لدعم اتخاذ القرار بما يسمى متصلة الماء- الطاقة - الغذاء - البيئة.
2. الاستفادة من تقنية الطاقة الكهروضوئية - الزراعية للاستفادة من المساحات المزروعة حيث توفر 80% من المساحة.
3. الاتجاه لاستخدام الألواح الشمسية المتحركة التي تتبع الطاقة الشمسية لرفع كفاءة الألواح الشمسية.
4. التوجه لاستخدام الطاقة الذكية في مجال الري والزراعة.

المراجع العربية:

- [1] حميدان، ريما إبراهيم (2017) سياسات إدارة الموارد المائية في ليبيا الواقع والتحديات والاستراتيجيات المستقبلية، المنظمة الليبية للسياسات والاستراتيجيات.
- [2] حمودي، علي ناجي (2009) دراسة وتنفيذ وتحسين أداء محطة ضخ مياه تعمل بالطاقة الشمسية، جامعة تشرين كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية قسم القوى الميكانيكية، دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة القوى الميكانيكية.
- [3] إسماعيل، سمير (2015) نظم الري المتطور، الدار العربية للنشر- القاهرة- مصر.

المراجع الانجليزية:

- [4] Minai, A. F.; Tariq, A. and Alam, Q. (2011) "Theoretical and experimental analysis of photovoltaic water pumping system," I Proceedings of the India International Conference on Power Electronics (IICPE '10).
- [5] Foster, R. and Cota, A. (2014) Solar water pumping advances and comparative economics Energy Procedia 57 (1431 – 1436).
- [6] Deveci, O.; Onkol, M.; Unver, H. O.; and Ozturk, Z. (2015) Design and Development of a Low-Cost Solar Powered Drip Irrigation System Using Systems Modelling Language. J. Clear. Prod.(102: 526-544).
- [7] Suzauddin, Y.; Shariful Islam, M.d.; Rubel, R. I.; Abu ShaidSujon, M.d. and Beg, M.d. (1995) ,Design, Construction, and Performance Test of a Portable Solar Photovoltaic Water Pumping System for Irrigation and Household Water.
- [8] Yahya, H.N; Sambo, A.S.(1995) Design and installation of solar photovoltaic powered water pumping system at Usmanu Danfodiyo University, Sokoto. Renew Energy; [http://dx.doi.org/10.1016/0960-1481\(95\)00029-J](http://dx.doi.org/10.1016/0960-1481(95)00029-J).

- [9] Pillay, A.; Stephen, R.; Geldenhuys, H.; Eskom; J.v. Coller; and Witwatersrand, U.O.(2016) Solarphotovoltaic energy output forecasting for the South African power system. *RenewableEnergy Supplement 4* (25-27) .
- [10] Koike, S. T.; Gladders, P.; Paulus, A. O. (2006). *Vegetable Diseases: A Coror Handbook*, Gulf Professional Publishing, pp.296, ISBN .
- [11] FAO Statistics Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012).
- [12] Boriss, H. and Brunke, H.(2012) *Commodity Profile: Lettuce (PDF)*. University of California.
- [13] FAO(36), 1980. *Localized irrigation and drainage pepper*, Rome Italy.
- [14] FAO(24), 1982. *Crop water requirements irrigation and drainage pepper*, Rome Italy.
- [15] FAO(56), 1993. *Crop erapotranspiration. Guid lines for computing crop water requirements*, Rome Italy.
- [16] Chandel, C. R;. and Nagaraju, N. M. (2015) *Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies*, Elsevier 49 (1084-1099).
- [17] Barlow, R.; McNelis, B.; and Derrick, A. (1993) *Solar pumping: An introduction and update on the technology, performance, costs, and economics*, World Bank technical paper: WTP 168 .
- [18] Adapted from Galaxy Energy Systems.(2018) *Solar Pumping Systems*. Digital Image. [http:// galaxyenergysystems. In/ solar-pumping-systems. html](http://galaxyenergysystems.com/solar-pumping-systems.html).
- [19] Bengtsson, N.; and Nilsson, j.(2015) *Solar Water Pumping for Irrigation: Case Study of the Kilimanjaro Region in Tanzania*, Minor Field Studies Scholarship Programme, Halmstad University, <https://www.divaportal.org/smash/get/diva2:822995/FULLTEXT01.pdf>.
- [20] World Bank. *Solar Water Pump: Ready for Mainstreaming!* Digital Image. Accessed October 25,2018. <http://pubdocs.worldbank.org/en/588661492006666777/Solar-Water-Pumping-full.pdf>.
- [21] Modor Intelligence.(2023) *Solar Water Pumps Market Size – Segmented by Product (DC Surface Suction, AC Submersible, DC Submersible AC Floating), By End User (Agriculture, Drinking Water Industrial), and Geography – Growth Trends, and Forecast Last modified*,[https://www.mordorintelligence.com/industry-rwports/solrts/solar – water-pumps-market](https://www.mordorintelligence.com/industry-rwports/solrts/solar-water-pumps-market).
- [22] Kumar, S.; and Palanisami, K.; (2010): *Impact of Drip Irrigation on Farming System: Evidence from Southern India*, in *Agricultural Economics Research Review* 23 (265-272.)
- [23] FAO, *The benefits and risks of solar – powered irrigation – a global overview*, 25.lbid,25 Rome Italy.
- [24] Walrdon, Daniel and Faz, Xavier. *Digitally Financed Energy* (2016). *How Off-Grid Solar Providers Leveraga Digital Payments and Drive Financial Inclusion*. Washington DC, Consultative Group to Assist the Poor (CGAP), <http://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/24566/Digitally00financial0inclusion.pdf>.
- [25] Sharma, P., Sindekar A.S.(2016) *Suitability and comparison of electrical motors for water pump application*.<https://www.ijareeie.com>.