



التغير في معدلات الأمطار وأثره في التصحر في منطقة طبرق للفترة بين 1981-2024م

Changes in Rainfall Patterns and Their Impact on Desertification at Tobruk Station for the Period 1981–2024

د. فدوى إبراهيم سالم العقوري

fadwa Ibrahim salem elagori

قسم الجغرافيا - كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة بنغازي

Fadwa.elagori@uob.edu.ly

Received: 15. 11, 2025

Accepted: 22. 11, 2025

Published: 02. 12, 2025

الملخص

تناول هذه الدراسة التغير في معدلات الأمطار وأثره على التصحر في منطقة طبرق خلال الفترة 1981–2024م، مع التركيز على العلاقة بين الهطول المطري، البخر، وخصائص المناخ الموسمية. أظهرت البيانات المناخية أن المنطقة تعاني من شح واضح في الأمطار، حيث يبلغ مجموع المطر السنوي نحو 214.1 ملم، بينما يصل البخر السنوي إلى حوالي 1458 ملم، مما يؤدي إلى عجز مائي دائم. يتركز الهطول المطري في فصل الشتاء ويکاد ينعدم في الصيف، مما يعكس مناخاً جافاً إلى شبه جاف، يرتبط بارتفاع درجات الحرارة الصيفية وزيادة فقدان المياه بالتبخر، ويحد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة. نتيجة ذلك، يقتصر الغطاء النباتي على النباتات المقاومة للجفاف والأعشاب الموسمية، مما يزيد من هشاشة البيئة ويعزز انتشار التصحر. كما يؤثر هذا النمط المناخي على النشاط الزراعي التقليدي واستدامة الموارد الطبيعية. وتشير الدراسة إلى ضرورة تبني استراتيجيات فعالة لإدارة الموارد المائية، بما في ذلك تخزين مياه الأمطار الشتوية واستخدام تقنيات الزراعة المقاومة للجفاف، للتكيف مع الظروف المناخية الصعبة وتقليل آثار التصحر على البيئة والمجتمع.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي – الأمطار – التصحر – العجز المائي – طبرق

Abstract:

This study addresses the changes in rainfall patterns and their impact on desertification in the Tobruk area during the period 1981–2024, focusing on the relationship between rainfall, evaporation, and seasonal climate characteristics. The climatic data show that the region suffers from a significant shortage of rainfall, with an annual total of approximately 214.1 mm, while annual evaporation reaches about 1458 mm, resulting in a permanent water deficit. Rainfall is concentrated in winter and almost absent in summer, reflecting an arid to semi-arid climate, associated with high summer temperatures and increased water loss through evaporation, which limits soil moisture retention. Consequently, vegetation is limited to drought-resistant plants and seasonal grasses, increasing environmental fragility and promoting desertification. This climatic pattern also affects traditional agricultural activities and the sustainability of natural resources. The study highlights the need to adopt effective water management strategies, including winter rainwater harvesting and drought-resistant farming techniques, to adapt to harsh climatic conditions and reduce the impacts of desertification on the environment and society.

Keywords: Climate change – Rainfall – Desertification – Water deficit – Tobruk

مقدمة البحث

تعد منطقة طبرق من المناطق الجافة في شمال شرق ليبيا، حيث يتسم مناخها بشتاء قصير ممطر وصيف طويل حار وجاف، مع عجز مائي مستمر طوال العام. يؤثر نقص الأمطار وزيادة معدلات البحر على الغطاء النباتي والتربة، ما يؤدي إلى التصحر. وتكتسب دراسة العلاقة بين التغيرات المناخية، خصوصاً الهطول المطري، ومخاطر التصحر أهمية كبيرة لضمان استدامة الموارد المائية والزراعية في المنطقة.

مشكلة البحث

يعاني الإقليم من شح الأمطار وارتفاع معدل البحر على مدار السنة، مما يؤدي إلى عجز مائي دائم ويضعف الغطاء النباتي، ويعرضه للتدحرج، كما يسهم في انتشار التصحر وتدحرج الأراضي الزراعية. وتسعى الدراسة إلى فهم العلاقة بين هذه العوامل والإجابة عن سؤال رئيسي حول كيفية تأثير التغيرات في معدلات الأمطار على التصحر في منطقة طبرق.

أهمية البحث

- توفير معلومات دقيقة عن التغير المناخي في طبرق.
- المساعدة في التخطيط الزراعي وإدارة الموارد المائية.
- المساهمة في استراتيجيات الحد من التصحر وحماية البيئة.
- توجيه السياسات المحلية لتعزيز استدامة النشاط البشري والزراعي.

أهداف البحث

1. تحليل التغيرات في معدلات الأمطار على مدى 44 سنة في طبرق.
2. دراسة العلاقة بين الهطول المطري ومعدلات البحر.
3. تقييم تأثير قلة الأمطار على التصحر.
4. تحديد المؤشرات المناخية التي تسهم في الجفاف.
5. اقتراح استراتيجيات لإدارة المياه والحد من التصحر.

أسئلة البحث

1. كيف تغيرت معدلات الأمطار في طبرق خلال الفترة 1981-2024؟
2. ما العلاقة بين الهطول المطري ومعدلات البحر؟
3. كيف يؤثر عجز المياه على الغطاء النباتي؟
4. ما تأثير التغير المناخي على التصحر؟
5. ما الاستراتيجيات الممكنة للتخفيف من آثار الجفاف والتصحر؟

منطقة الدراسة

تقع مدينة طبرق في شمال شرق ليبيا على ساحل البحر الأبيض المتوسط، عند خط طول حوالي 23°54' شرقاً وخط عرض 32°5' شمالاً. تتميز بمناخ متوسطي شبه جاف مع شتاء معتدل ممطر وصيف حار جاف، ما يجعلها منطقة مناسبة لدراسة الراحة والإجهاد الحراري باستخدام القرائن المناخية. وفقاً لـ (World Meteorological Organization (WMO, 2018)، يمثل موقع طبرق مثلاً نموذجياً للمناخ الساحلي المتوسطي في شمال أفريقيا.

شكل (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بناءً على (<https://power.larc.nasa.gov/data-access>)

دراسات سابقة:

- وأشارت دراسات FAO و UNESCO (1979) إلى العجز المائي المستمر في شمال شرق ليبيا.
- صنف طبرق ضمن الأقاليم الجافة اعتماداً على مؤشر الجفاف (AI) (UNEP 1997).
- أبحاث محلية أكدت أن غياب الأمطار الصيفية وارتفاع البحر يساهم في ضعف الغطاء النباتي وتدور التربة.
- **Jumaa Arhumah Jumaa Al-Jali (2023)**

Trends of Change in Rainfall Amounts in Northeastern Libya during the Period 1961-2010.

يتناول هذا البحث الاتجاهات الزمنية للتغير معدلات الأمطار في شمال شرق ليبيا (بما في ذلك طبرق) خلال الفترة 1961-2010، باستخدام خط الاتجاه العام والمتوسطات المتحركة لتحليل الزيادة أو النقصان في معدلات الأمطار، وقد وجد أن الاتجاهات في معظم محطات المنطقة تمثل نحو انخفاض الهطول المطري مع اختلافات مكانية بين المحطات.

M. M. M. Suleiman (2024) •

تتبع أثر الأمطار على الجفاف المناخي في محطة طبرق: للمدة 1985-2014.

ركزت الدراسة على تحليل بيانات الأمطار في محطة طبرق لتحديد الفترات الجافة والرطبة باستخدام مؤشرات الجفاف المناخي مثل SPI ، وبيّنت وجود فترات جفاف متتابعة تعكس المناخ شبه الجاف في طبرق، مع انعكاسات واضحة على حالات الجفاف والتصحر.

Dr. Mahmoud Mahmoud Suleiman (2023) •

أثر تذبذب شمال الأطلسي على الأمطار في منطقة طبرق للفترة 1985-2018.

درس هذا البحث العلاقة بين مؤشر تذبذب شمال الأطلسي (NAO) ومعدلات الأمطار في طبرق، ووجد ارتباطاً ضعيفاً بينهما في معظم الأشهر، مما يشير إلى أن تغيرات النمط المناخي الإقليمي قد لا تكون العامل الوحيد في تغير الهطول المطري، لكنها جزء من التغيرات المناخية التي تؤثر في التصحر.

Alaa Jaber F. Eldrat (2023) •

Hydrological characteristics of Valley Boualakmal basin west of Tobruk city in northeastern Libya.

أن الدراسة تركز على الخصائص الميدلوجية لواي迪 بو أكمال بالقرب من طبرق، وسلطت الضوء على ضعف مياه الأمطار مقارنة بالتبخر والتنح، وأظهرت أن معظم مياه الهطول تُفقد بالتبخر، مما يؤثر في تصريف المياه السطحية ويزيد من هشاشة الموارد المائية المرتبطة بالتصحر.

• Mahmoud Saad Ibrahim (2023) •

التباین المکانی للتوازن المائی المناخی وعلاقته بالتصحر في شمال شرق لیبیا.
حل البحث التباین المکانی في التوازن المائی في أقالیم شمال شرق لیبیا، موضحاً أن تفوق التبخر على الأمطار يؤدي إلى عجز مائی كبير في معظم الفصول، ما يتسبب في تدهور الغطاء النباتي وزيادة تعرض المناطق للتصحر، مع مقارنة بين موقع متعدد في الإقليم.

• Study on Desertification Rate in Southeast Tobruk (2022) •

Desertification Rate Evaluation Using NDVI and BSI Indicators in Southeast Tobruk.
استخدمت هذه الدراسة مؤشرات الاستشعار عن بعد NDVI و BSI معدل التصحر في جنوب شرق طبرق بين 1986-2020، وأظهرت التغيرات في الغطاء النباتي وعلاقة ذلك بتراجع الرطوبة والتغيرات في الهطول المطري مما يؤثر في انتشار التصحر.

• Global overview contextual study (related methodology) •

Global studies on climate change impacts on extremes of rainfall and drought.
تقديم دراسات عالمية لأثار التغيرات المناخية على التباین المکانی والجفاف في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، وتستخدم مؤشرات مشاهدة لتحليل الترابط بين معدلات الأمطار، الجفاف والتصحر، مما يوفر قاعدة مفيدة لسیاق لیبیا.

منهجية الدراسة

1. نوع الدراسة:

تم اعتماد المنهج الوصفي التحليلي، حيث هدف البحث إلى وصف وتحليل التغيرات المناخية في منطقة طبرق، مع التركيز على الهطول المطري، البحار، والتصحر، واستخلاص العلاقات بين هذه العوامل.

2. فترة الدراسة:

تمت الدراسة للفترة الزمنية الممتدة من 1981 إلى 2024م، لتفصيل التغيرات الموسمية والسنوية الطويلة المدى في الهطول المطري ومعدلات البحار.

4. أساليب جمع البيانات:

تم جمع البيانات المناخية من سجلات رسمية للمحطات المناخية، ومصادر علمية منشورة مثل تقارير FAO و UNESCO و UNEP.

5. طرق التحليل:

• حساب البحار السنوي والشهري باستخدام معادلة إيفانوف (Ivanov).

• تحديد الميزان المائی (الهطول - البحار) لتقدير العجز المائی.

• تحليل العلاقة بين التغيرات في معدلات الأمطار ودرجة التصحر باستخدام الجداول والرسوم البيانية.

• بيانات المناخ (الهطول المطري، درجة الحرارة، الرطوبة، سرعة الرياح) من محطة طبرق.

• بيانات البحار المحتمل وحساب الميزان المائی (الهطول المطري - البحار).

• مؤشرات الجفاف مثل مؤشر الجفاف (AI) من مصادر علمية محلية ودولية.

6. الصيغ والقوانين المستخدمة:

1. معادلة إيفانوف (Ivanov)

$$E = 0.0018 (T+25)^2 (100-RH)$$

• E : البحار - النتح المحتمل (ملم)

• T : درجة الحرارة المتوسطة (°م)

• RH : الرطوبة النسبية (%) (Ivanov, 1954, p. 197)

2. لميزان المائي:

$$(Chow, 1988) \quad WB = P - E$$

مؤشر الجفاف (Aridity Index – AI)

تصنيف المناخ حسب UNEP

< 0.05	0.05 – 0.20	0.20 – 0.50	0.50 – 0.65	0.65	مؤشر الجفاف (AI)
شديد الجفاف	جاف (Arid)	شبه جاف	شبه رطب	رطب	التصنيف المناخي

P

القانون المستخدم حسب برنامج الأمم المتحدة للبيئة: UNEP

E

حيث:

• P = مجموع الهاطل المطري السنوي (ملم)

• E = مجموع البخار-النتح المحتمل السنوي (ملم) (UNEP, 1992, p. 15)

7. أدوات التحليل:

• برامج التحليل الإحصائي والجداول البيانية لتوضيح التغيرات الموسمية والسنوية.

• خرائط توضيحية لتوزيع الهاطل المطري ومناطق التصحر المحتملة.

البيانات المناخية:

البيانات المناخية هي مجموعة من القياسات واللاحظات المسجلة للعناصر الجوية، وما يهمنا في هذه الدراسة هو الهاطل المطري، درجات الحرارة، الرطوبة الجوية، سرعة الرياح، درجة حرارة سطح الأرض، لأنها العوامل الأساسية التي تؤثر على رطوبة التربة ودرجة جفاف الأرض في منطقة شحات خلال الفترة 1981-2024م. تحليل هذه البيانات يساعد على تحديد تأثير التغيرات المناخية على النظام البيئي والتصحر، وفهم كيفية استجابة التربة والتغطية النباتية لتقلبات الأمطار والحرارة على المدى الطويل.

اذ ان التغير في معدلات الأمطار هو الاختلاف الزمني في كمية الهاطل المطري على مدى سنوات طويلة، سواء بالزيادة أو النقصان أو التذبذب بين الفترات الرطبة والجافة. يُعد هذا التغير أحد العوامل الرئيسية المؤثرة في التصحر وتدحرج الأرضي، حيث يؤدي انخفاض الأمطار أو تباينها الكبير إلى انخفاض محتوى الرطوبة في التربة، وتراجع الغطاء النباتي، وزيادة فقدان المياه عبر التبخر. في مناطق شبه جافة مثل محطة طبرق شمال شرق ليبيا، يصبح هذا التأثير أكثر وضوحاً، ويؤثر على النظام البيئي والزراعة المحلية. يتيح دراسة هذه العلاقة فهم ديناميكيات التصحر والتخطيط لإدارة الموارد المائية.

(Mahmoud, 2010, pp. 45-50)

جدول (1) الخصائص المناخية الشهرية في محطة طبرق خلال الفترة 1981-2024م

سرعة الرياح (متر/ثانية)	البخار (ملم)	المطر الفعلي (ملم)	درجة حرارة (الصغرى) (°م)	درجة حرارة (العظمى) (°م)	درجة الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (%)	مجموع الهطول المطري (ملم)	العناصر
5.27	66.5	50.3	5	20	11.8	74.3	50.3	يناير
5.28	71.8	37.5	5.5	22.8	12.2	71.8	37.5	فبراير
4.96	89.8	17.3	6.4	27.2	14.2	69	17.3	مارس
4.76	120.3	5.1	8.9	32.5	17.4	63.8	5.1	أبريل
4.37	150.9	5.4	12	36.5	21.1	61.3	5.4	مايو
4.52	179.7	0.6	16	38.4	24.6	60.5	0.6	يونيو
5.13	169.6	0.1	19.4	37.5	26.3	64.6	0.1	يوليو
4.76	166.5	0.3	20.4	36.9	26.7	65.7	0.3	أغسطس
4.29	150.6	4.6	18.6	37	25.3	63.8	4.6	سبتمبر
3.93	124.5	16.9	14.8	33.3	22	65	16.9	أكتوبر
4.35	95.8	27.7	10.1	27.4	17.4	67.7	27.7	نوفمبر
4.98	71.6	48.1	6.4	22	13.6	72.4	48.1	ديسمبر

المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على ([Https://power.lars.nasa.gov/d](https://power.lars.nasa.gov/d))

تحليل البيانات المناخية لمحافظة طبرق للفترة المدروسة يُظهر أن مجموع الهطول المطري (ملم) يبلغ حوالي 214.1 ملم، بينما متوسط المطر الفعلي (ملم) الشهري يصل إلى نحو 17.825 ملم، وهو ما يعكس أن الهطول المطر يتركز بشكل أساسي في فصل الشتاء، مع أعلى كميات في شهري يناير وديسمبر، إذ يصل إلى 50.3 ملم و48.1 ملم على التوالي، بينما تكاد الأشهر الصيفية مثل يوليو وأغسطس لا تشهد سوى كمية ضئيلة جدًا تصل إلى 0.3-0.1 ملم، مما يدل على طبيعة مناخية شبه صحراوية وجفاف صيفي شديد. متوسط درجة الحرارة ($م^0$) السنوي يبلغ حوالي 19.4°م ، إذ يسود الشتاء درجات حرارة معتدلة تصل إلى 11.8°م في يناير، بينما ترتفع الحرارة صيفاً إلى 26.7°م في أغسطس، مع تسجيل درجة حرارة العظمى ($م^0$) الصيفية حتى 38.4°م في يونيو، ما يشير إلى طقس صيفي حار، في حين تصل درجة حرارة الصغرى ($م^0$) الشتوية إلى 5°م ، ما يعكس تفاوتاً حرارياً موسمياً معتدلاً. أما البخار (ملم)، فيترواح بين 66.5 ملم في يناير و179.7 ملم في يونيو، ويظهر أن البخار يفوق الهطول المطري في جميع الأشهر، ما يؤدي إلى عجز مائي دائم ويشير إلى الحاجة المائية العالية للمنطقة. حساب الميزان المائي (المطر الفعلي - البخار) يوضح هذا العجز بوضوح، حيث تسجل أشهر الصيف قيمة سالبة كبيرة

تصل إلى 169.5 ملم في يوليو و-166.2 ملم في أغسطس، مما يعكس افتقار المنطقة لفائض مائي صيفي ويؤكد طبيعة المناخ الجاف. **الرطوبة النسبية (%)** تتراوح بين 60.5% في يونيو و74.3% في يناير، حيث تقل الرطوبة في الصيف، مما يزيد من شدة التبخر وتأثير الحرارة على البيئة والنشاط البشري. **سرعة الرياح (متر/ثانية)** على ارتفاع 10 أمتار، بمعدل سنوي حوالي 4.72 متر/ثانية، معتدلة نسبياً، مع تسجيل أعلى سرعة في يناير وفبراير حوالي 5.27-5.28 متر/ثانية وأدنى سرعة في أكتوبر عند 3.93 متر/ثانية، مما يعني أن الرياح تلعب دوراً في زيادة التبخر وانتشار الغبار وتأثيرها على الزراعة والنشاط البحري. النمط العام للمناخ يظهر أن طبقي تميز بشتاء ممطر قصير وفصل صيف طويل حار وجاف، مع عجز مائي مستمر طوال السنة، وهو ما يؤثر على الموارد المائية والزراعة. بناءً على ذلك، فإن إدارة المياه الجوفية وتخزين مياه الأمطار الشتوية يصبح أمراً ضرورياً، إلى جانب اعتماد المحاصيل المقاومة للجفاف أو الزراعة المروية، ومراعاة تأثير سرعة الرياح (متر/ثانية) وارتفاع درجات الحرارة على التخطيط المائي. كما يشير التحليل إلى هشاشة البيئة تجاه التغيرات المناخية وضرورة وضع استراتيجيات للتكيف مع الجفاف الصيفي وارتفاع البحر، إضافة إلى أهمية متابعة الرطوبة النسبية (%) وتأثيرها على تبخر المياه والموارد الطبيعية. العلاقة بين مجموع الهطول المطري (ملم)، المطر الفعلي (ملم)، البخار (ملم)، درجة الحرارة (م)، الرطوبة النسبية (%) وسرعة الرياح (متر/ثانية) تظهر بوضوح الفجوة المائية الموسمية التي تحدد سلوك الزراعة والمياه، مما يجعل التخطيط المائي واستخدام التقنيات الحديثة ضرورة. بالنظر إلى هذه المعطيات، يمكن القول إن طبقي منطقة مناخية جافة إلى شبه صحراوية، تتميز بموسم أمطار قصير محدود في الشتاء وفصل صيف طويل حار وجاف مع عجز مائي مستمر، مما يؤثر مباشرة على النشاط البشري والزراعي والموارد الطبيعية.

هذا التحليل يسلط الضوء على أهمية تطوير استراتيجيات إدارة الموارد المائية والزراعية ومراعاة العوامل المناخية الموسمية لتقليل أثر الجفاف وضمان استدامة النشاط البشري والزراعي في المنطقة.

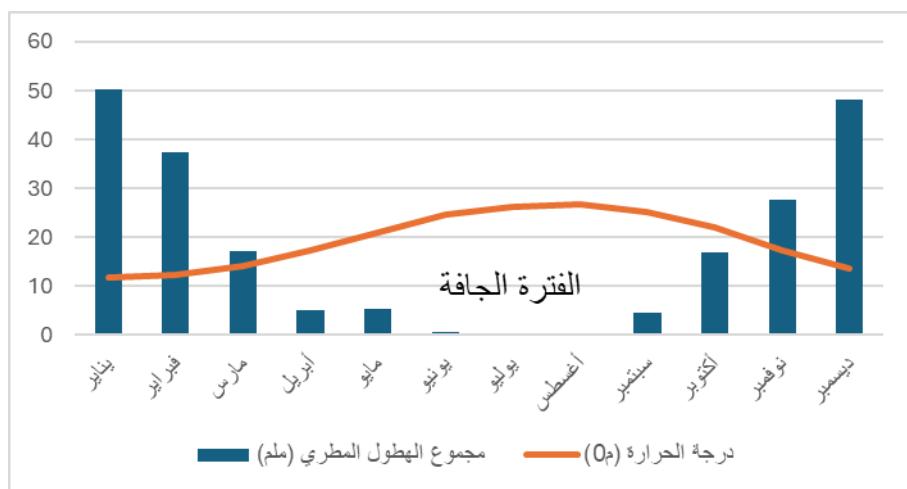
جدول (2) المتوسطات الشهرية للهطول المطري ودرجة الحرارة في محطة طبقي للفترة بين 1981-2024م

نوفمبر	أكتوبر	سبتمبر	أغسطس	يوليو	يونيو	مايو	أبريل	مارس	فبراير	يناير	العناصر
27.7	16.9	4.6	0.3	0.1	0.6	5.4	5.1	17.3	37.5	50.3	مجموع الهطول المطري (ملم)
17.4	22	25.3	26.7	26.3	24.6	21.1	17.4	14.2	12.2	11.8	درجة الحرارة (م)

المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على (<https://power.lars.nasa.gov/d>)

شكل (2) المتوسطات الشهرية للهطول المطري ودرجة الحرارة

في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م



المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على بيانات الجدول رقم (2)

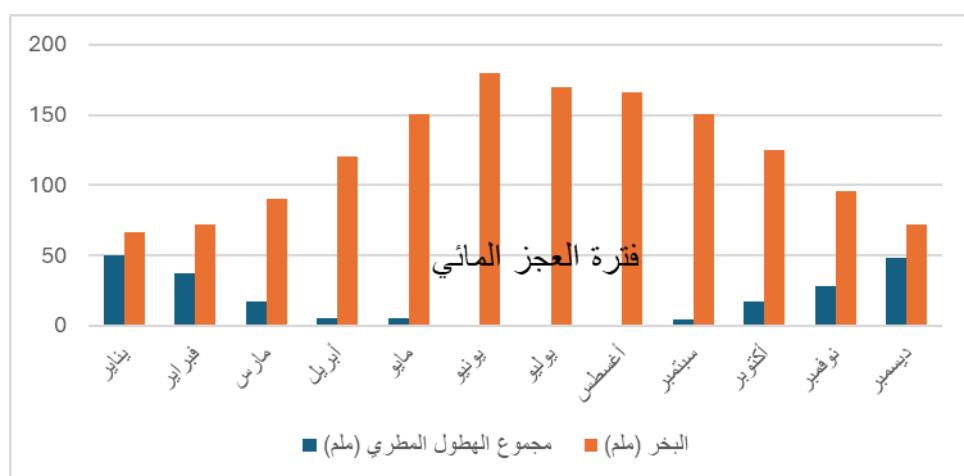
يُبيّن الجدول أن مجموع الهطول المطري يتراكم بوضوح في فصل الشتاء، حيث تسجّل أعلى القيم في شهري يناير (50.3 ملم) وفبراير (37.5 ملم)، ثم يبدأ الانخفاض التدريجي مع الانتقال نحو الربيع، ليصل إلى قيم ضعيفة جدًا في أشهر الصيف، خاصة في يوليо وأغسطس حيث يكاد المطر ينعدم. وفي المقابل، تُظهر درجة الحرارة اتجاهًا تصاعديًا من الشتاء إلى الصيف، إذ ترتفع من 11.8°C في يناير لتبلغ ذروتها في أغسطس بنحو 26.7°C، ثم تبدأ بالانخفاض مجددًا في الخريف. ويعكس هذا التباين الواضح علاقة عكسية بين المطر ودرجة الحرارة، حيث تزامن أعلى درجات الحرارة مع أدنى كميات الهطول المطري. وينظر الشكل البياني المصاحب هذه النتيجة بوضوح، إذ يرتفع منحنى الحرارة في الأشهر التي ينخفض فيها منحنى الهطول المطري، بينما يتراجع في فترة الشتاء التي تتميز بزيادة الأمطار. ويؤكد هذا النمط المناخي سيادة مناخ متواسطي جاف، يتميز بشتاءً معتدلًّا ممطرًا وصيفًّا حارًّا وجافًّا.

جدول (3) المتوسطات الشهرية للهطول المطري والبخار في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م

المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على ([Https://power.lars.nasa.gov/d](https://power.lars.nasa.gov/d))

العنصر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر
مجموع الهطول المطري (ملم)	50.3	37.5	17.3	5.1	5.4	0.6	0.1	0.3	4.6	16.9	27.7
البخار (ملم)	66.5	71.8	89.8	120.3	150.9	179.7	169.6	166.5	150.6	124.5	95.8

شكل (3) المتوسطات الشهرية للهطول المطري والبخار في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م



المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على بيانات الجدول رقم (3)

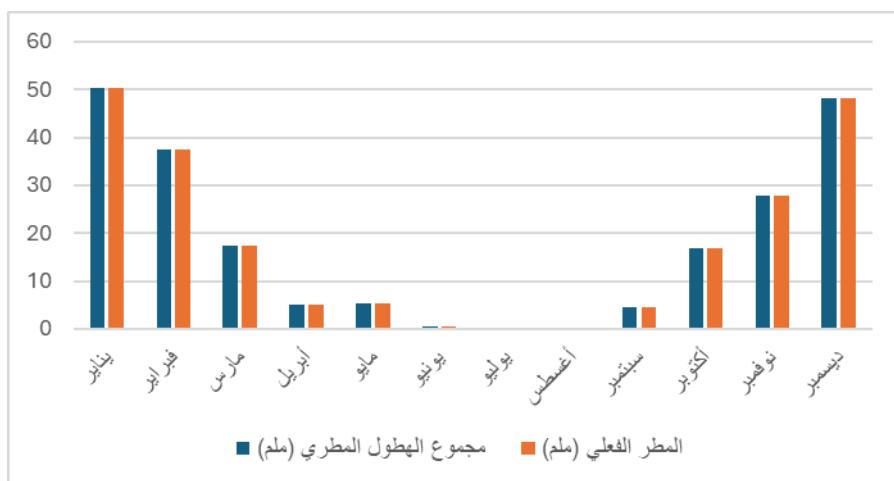
يُظهر الجدول أن مجموع الهطول المطري يتراوح خلال أشهر الشتاء وبداية الربيع، حيث تسجل أعلى القيم في يناير (50.3 ملم) وفبراير (37.5 ملم)، ثم ينخفض الهطول تدريجياً ليصل إلى أدنى مستوياته في أشهر الصيف، خاصة في يوليو وأغسطس حيث تكاد الأمطار تنعدم. في المقابل، يبين عنصر البخار اتجاهه معاكساً تماماً، إذ يكون منخفضاً نسبياً في الشتاء، ثم يرتفع تدريجياً ليبلغ ذروته في فصل الصيف، مسجلاً أعلى قيمة في يونيو (179.7 ملم). ويعكس هذا التباين وجود علاقة عكسية واضحة بين الهطول المطري والبخار، حيث تزامن أقل كميات المطر مع أعلى معدلات البخار. كما يوضح الشكل البياني هذه العلاقة بجلاء، إذ ينخفض منحنى الهطول المطري في الفترة التي يرتفع فيها منحنى البخار. ويؤكد هذا النمط المناخي سيادة عجز مائي واضح خلال معظم أشهر السنة. ويشير ذلك إلى أن المنطقة تتميز بمناخ جاف إلى شبه جاف، حيث يفوق البخار كمية الهطول المطري بشكل مستمر.

جدول (4) المتوسطات الشهرية للهطول المطري والمطر الفعلي في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م

نوفمبر	أكتوبر	أكتوبر	سبتمبر	سبتمبر	أغسطس	أغسطس	يوليو	يوليو	يونيو	يونيو	مايو	مايو	أبريل	أبريل	مارس	مارس	فبراير	فبراير	يناير	يناير	العناصر
27.7	16.9	4.6	0.3	0.1	0.6	5.4	5.1	17.3	37.5	50.3										مجموع الهطول المطري (ملم)	
27.7	16.9	4.6	0.3	0.1	0.6	5.4	5.1	17.3	37.5	50.3										المطر الفعلي (ملم)	

المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على (<https://power.lars.nasa.gov/d>)

شكل (4) المتوسطات الشهرية للهطول المطري والمطر الفعلي في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م



المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على بيانات الجدول رقم (4)

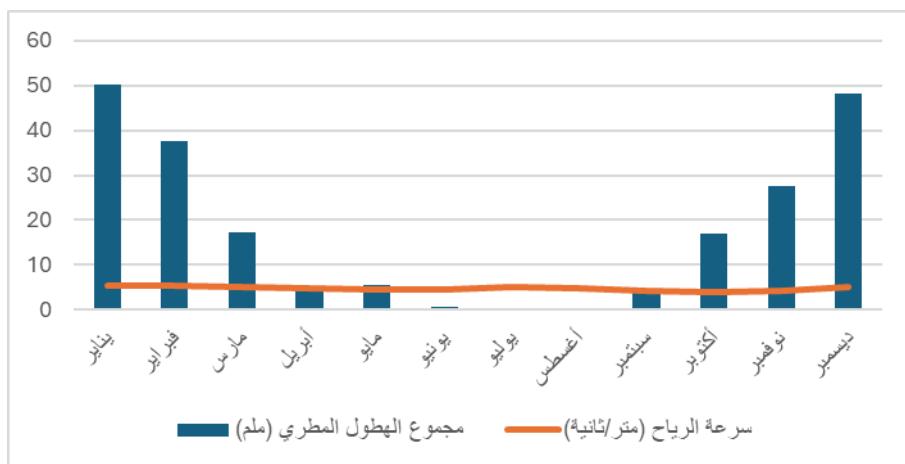
ُ ظهر الجدول تطابقاً كاملاً بين مجموع الهطول المطري والمطر الفعلي خلال جميع أشهر السنة، مما يدل على أن معظم كميات الأمطار المتساقطة تُعد أمطاراً فعلية قابلة للاستفادة. وترتكز أعلى كميات المطر في أشهر الشتاء، خاصة في يناير (50.3 ملم) وفبراير (37.5 ملم)، ثم تنخفض القيم تدريجياً مع الانتقال نحو الربيع، ويصل الهطول المطري إلى أدنى مستوياته خلال فصل الصيف، لا سيما في شهري يوليو وأغسطس حيث تكاد الأمطار تنعدم. ويعكس هذا التطابق طبيعة المنطقة الجافة وشبه الجافة، حيث تقل الفوائد الناتجة عن الجريان السطحي. كما يوضح الشكل البياني هذه النتيجة بجلاء، إذ يتطابق منحنى المطر الفعلي مع منحنى مجموع الهطول المطري دون أي فروق تُذكر. ويؤكد ذلك أن المطر المتساقط يمثل المصدر الرئيسي للمياه الطبيعية في المنطقة خلال الموسم المطير.

جدول (5) المتوسطات الشهرية للهطول المطري وسرعة الرياح في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م

الشهر	نوفمبر	أكتوبر	سبتمبر	أغسطس	يوليو	يونيو	مايو	أبريل	مارس	فبراير	يناير	العناصر
	27.7	16.9	4.6	0.3	0.1	0.6	5.4	5.1	17.3	37.5	50.3	مجموع الهطول المطري (مم)
	4.35	3.93	4.29	4.76	5.13	4.52	4.37	4.76	4.96	5.28	5.27	سرعة الرياح على ارتفاع 10 أمتار

المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على ([Https://power.lars.nasa.gov/d](https://power.lars.nasa.gov/d))

جدول (5) المتوسطات الشهرية للهطول المطري وسرعة الرياح في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024 م



المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على بيانات الجدول رقم (5)

يُبيّن الجدول تباينًا واضحًا بين مجموع الهطول المطري وسرعة الرياح على ارتفاع 10 أمتار خلال أشهر السنة. إذ ترکَّز أعلى كميات الهطول المطري في فصل الشتاء، خاصة في شهري يناير (50.3 ملم) وفبراير (37.5 ملم)، حيث تزامن هذه الفترة مع سرعات رياح مرتفعة نسبيًا تصل إلى أكثر من 5 م/ث. ومع الانتقال نحو فصل الربيع والصيف، ينخفض الهطول المطري تدريجيًا ليصل إلى أدنى مستوياته في شهري يوليو وأغسطس، بينما تبقى سرعة الرياح معتدلة إلى مرتفعة نسبيًا. ويلاحظ أن سرعة الرياح تسجل أدنى قيمها في أكتوبر (3.93 م/ث)، في حين يرتفع الهطول المطري نسبيًا مقارنة بالأشهر الصيفية. ويعكس هذا التباين عدم وجود علاقة طردية مباشرة بين المطر وسرعة الرياح، إلا أن الرياح تسهم في التأثير على توزيع الهطول وكفاءة الاستفادة منه. كما يوضح الشكل البياني هذه النتيجة، حيث يظهر تذبذب منحني سرعة الرياح مقابل الانخفاض الحاد في منحني الهطول المطري خلال أشهر الصيف.

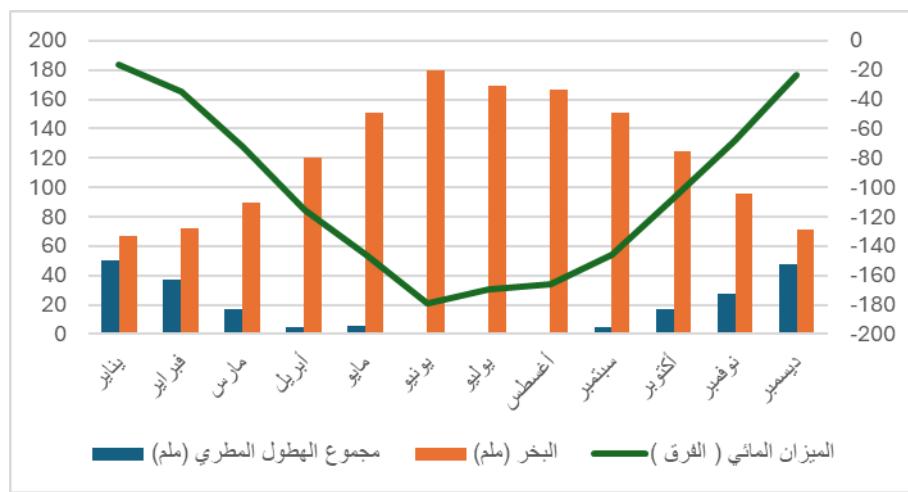
جدول (6) الميزان المائي الشهري (الهطول المطري والبخر) في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024 م

العنصر	مجموع الهطول المطري (مم)	البخر (مم)	الميزان المائي (الفرق)
يناير	50.3	66.5	-16.2
فبراير	37.5	71.8	-34.3
مارس	17.3	89.8	-72.5
أبريل	5.1	120.3	-115.2
مايو	5.4	150.9	-145.5
يونيو	0.6	179.7	-179.1
يوليو	0.1	169.6	-169.5

-166.2	166.5	0.3	أغسطس
-146.0	150.6	4.6	سبتمبر
-107.6	124.5	16.9	أكتوبر
-68.1	95.8	27.7	نوفمبر

المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على (<Https://power.lars.nasa.gov/d>)

شكل (6) الميزان المائي الشهري (الهطول المطري والبخر) في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م



المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على بيانات الجدول رقم (6)

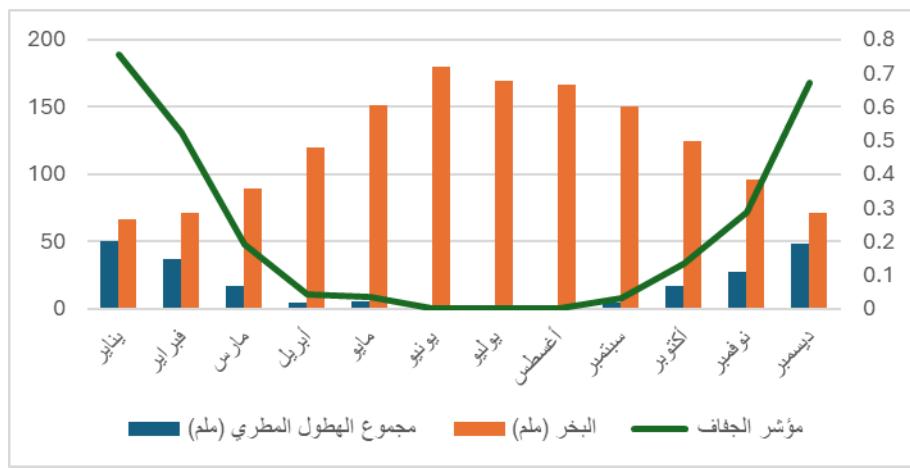
يُظهر الجدول أن مجموع الهطول المطري أقل من البخر في جميع أشهر السنة، مما يؤدي إلى تسجيل ميزان مائي سالب على مدار العام. وتترَّكز أعلى كميات الأمطار في شهري يناير (50.3 ملم) وديسمبر (48.1 ملم)، إلا أنها تظل غير كافية لتعويض معدلات البخر التي تتراوح خلال الشتاء بين 66.5 و71.6 ملم، ويزداد العجز المائي تدريجياً مع ارتفاع البخر خلال فصل الصيف، ليصل إلى أقصاه في يونيو (-179.1 ملم) وиюليو (-169.5 ملم)، وهو ما يعكس تأثير ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الإشعاع الشمسي على معدلات البخر. ويؤكد تحليل الميزان المائي الشهري لمحطة طبرق، اعتماداً على العلاقة $(P-E)(P-E)$ ، أن المنطقة تعاني من عجز مائي مستمر طوال السنة، حيث يفوق البخر كميات الهطول المطري في جميع الشهور، وبلغ مجموع الأمطار السنوي نحو 214.1 ملم مقابل مجموع البخر السنوي حوالي 1458 ملم، ما يؤدي إلى ميزان مائي سنوي سالب قدره 1243.9 ملم/سنة، وهو ما يدل على عجز مائي شديد. ويظهر الشكل البياني هنا التفوق الواضح لمنحنى البخر على منحنى الهطول المطري طوال السنة، وهو دليل على غياب أي فائض مائي يمكن الاستفادة منه. ويعكس هذا النمط المناخي سيادة ظروف الجفاف الساحلي الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الإشعاع الشمسي، ويعُد من السمات المميزة للمناخ المتوسطي الجاف في شمال شرق ليبيا، حيث يقتصر موسم الأمطار على فترة قصيرة مقابل صيف طويل حار وجاف، مما يفرض تحديات كبيرة على الموارد المائية والأنشطة الزراعية في المنطقة.

جدول (7) الميزان المائي الشهري (الهطول المطري والبخر) في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م

مؤشر الجفاف	البخر (ملم)	مجموع الهطول المطري (ملم)	العناصر
0.757	66.5	50.3	يناير
0.522	71.8	37.5	فبراير
0.193	89.8	17.3	مارس
0.042	120.3	5.1	أبريل
0.036	150.9	5.4	مايو
0.003	179.7	0.6	يونيو
0.001	169.6	0.1	يوليو
0.002	166.5	0.3	أغسطس
0.031	150.6	4.6	سبتمبر
0.136	124.5	16.9	أكتوبر
0.289	95.8	27.7	نوفمبر

المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على ([Https://power.lars.nasa.gov/d](https://power.lars.nasa.gov/d))

شكل (7) الميزان المائي الشهري (الهطول المطري والبخر) في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م



المصدر: من إعداد الباحثة بناءً على بيانات الجدول رقم (7)

يُظهر الجدول أن مؤشر الجفاف (AI) في طبق منخفض طوال أشهر السنة، مما يعكس سيطرة الجفاف الشديد على المنطقة. وتظهر أعلى قيم المؤشر في يناير (0.757) وديسمبر (0.672). نتيجة زيادة الهاطل المطري في فصل الشتاء مقارنة بالبخر، ما يشير إلى فترة قصيرة شبه رطبة. أما في أشهر الصيف، خاصة يونيو (0.003) ويوليو (0.001) وأغسطس (0.002)، فتنخفض قيم المؤشر إلى الحد الأدنى بسبب ارتفاع معدلات البخر وانخفاض الأمطار، ما يدل على جفاف شبه كامل وفقدان كامل للفائض المائي. ويُظهر تذبذب المؤشر خلال الربيع والخريف بشكل تدريجي، مع قيم معتدلة في نوفمبر (0.289) وأكتوبر (0.136)، نتيجة تحسن نسبي في الهاطل المطري مقارنة بالبخر. ويؤكد الشكل البياني هذه النتائج بوضوح، حيث يوضح تفوق منحنى البخر على الهاطل المطري خلال معظم شهور السنة، وانخفاض مؤشر الجفاف صيفاً. ويعكس هذا النمط المناخي الطابع المتوسطي الجاف لطريق، مع موسم أمطار قصير وفترة جفاف طويلة تؤثر على الموارد المائية والنشاط الزراعي.

من قانون مؤشر الجفاف (Aridity Index – AI) ينبع عن القيم السنوية لبيانات محطة طريق
مجموع المطر السنوي 214.1 = (P) ملم ومجموع البخر السنوي 1458 ≈ (E) ملم

ومن حساب مؤشر الجفاف

214.1

$$\frac{AI}{1458} = 0.147$$

في منطقة طريق، يُظهر مؤشر الجفاف المحسوب قيمة $AI = 0.147$ ، مما يصنفها ضمن الأقاليم الجافة (Arid) حسب تصنيف UNEP.

هذا المؤشر له تأثير مباشر واضح على الغطاء النباتي في المنطقة. أولاً، يتميز الغطاء النباتي في هذه الأقاليم بأنه فقير الكثافة ومتقطع وغير متصل. تسود فيه الشجيرات القصيرة التي تحتمل الظروف الجافة. كما تنتشر الأعشاب الجولية الموسمية التي تنمو خلال فترات الأمطار القصيرة. بالإضافة إلى ذلك، تظهر نباتات مقاومة للجفاف تعرف باسم *Xerophytes*، قادرة على البقاء في ظروف نقص المياه. ثانياً، تسم الخصائص البيئية لمناطق AI بين 0.05 - 0.20 بقصر موسم النمو. يمتد موسم النمو عادةً من الشتاء إلى بداية الربيع فقط. ويعتمد الغطاء النباتي بشكل مباشر على أمطار الشتاء، التي تشكل المصدر الرئيسي للرطوبة. كما يعتمد على الرطوبة الأرضية المؤقتة التي تتوفر بعد هطول الأمطار. ان غياب الغابات الطبيعية من السمات المميزة لهذه المناطق، مما يزيد من هشاشة البيئة. ثالثاً، الإنتاجية الحيوية في هذه الأقاليم منخفضة جداً بالمقارنة مع المناطق الرطبة. يصبح الغطاء النباتي هشاً وسهل التأثير بالعوامل الخارجية. من أبرز هذه العوامل الجفاف المستمر، الذي يقلل من نمو النباتات ويحد من تنوعها. كما يؤثر الرعي الجائر بشكل كبير على استقرار الغطاء النباتي وكثافته. والتعرية الناتجة عن الرياح والأمطار بالختصار، الغطاء النباتي في طريق ضعيف ومتقطع بسبب الظروف الجافة. كلما انخفض مؤشر الجفاف AI، أصبح الغطاء النباتي أقرب إلى الصحراء الفقيرة نباتياً. وهذا يعني تراجع كثافة النباتات وتتنوعها بشكل ملحوظ. وبالتالي، فإن طريق تمثل نموذجاً للأقاليم الجافة ذات الغطاء النباتي الضعيف والموسمي.

تشير الدراسة إلى أن مناخ طريق يتميز بتباين موسمي واضح، حيث يلاحظ شتاء قصيراً تتساقط فيه الأمطار بوتيرة محدودة، بينما يسود صيف طويل حار وجاف يزيد من فقدان الرطوبة. تؤدي هذه الظروف إلى إجهاد الموارد المائية وتحد من توافر المياه السطحية

والجوفية بشكل طبيعي. ضعف التساقط المطري الصيفي يخلق فترات طويلة تعتمد فيها التربة على الرطوبة المؤقتة الناتجة عن الأمطار الشتوية. ارتفاع درجات الحرارة خلال الصيف يعزز البحر الشمسي، مما يزيد من هشاشة التربة ويقلل من قدرتها على دعم الغطاء النباتي. البيئة النباتية في المنطقة تعتمد بشكل رئيس على النباتات المقاومة للجفاف، مما يجعل النظام البيئي حساماً لأي تغيرات مناخية. فترات الجفاف الطويلة تؤدي إلى زيادة تعرض الأراضي للتعرية الهوائية والمائية، وتحد من استقرار النباتات. شح الموارد المائية يفرض تحديات كبيرة على الأنشطة الزراعية التقليدية، مما يستدعي تبني تقنيات زراعية مرنة ومتعددة. إدارة المياه من خلال التخزين والاستفادة من الأمطار الشتوية تصبح أمراً ضرورياً لاحفاظ على التوازن البيئي. كما أن مراقبة التغيرات المناخية الموسمية تساعد في التنبؤ بفترات الجفاف وتحسين استراتيجيات التكيف. في المجمل، تواجه طرقاً خطيرة مستمرة للتتصحر، مما يجعل التخطيط المائي والزراعي المتكامل أولوية لاحفاظ على استدامة البيئة والنشاط البشري.

نتائج البحث :

1. يبلغ مجموع المطر السنوي في طبرق حوالي 214.1 ملم.
2. يبلغ مجموع البحر السنوي نحو 1458 ملم، ما يؤدي إلى ميزان مائي سلبي يبلغ -1243.9 ملم.
3. ترکز معظم الأمطار في فصل الشتاء، خاصة يناير وديسمبر.
4. تكاد الأشهر الصيفية تكون خالية من المطر، خصوصاً يوليو وأغسطس.
5. أعلى درجات الحرارة تصل إلى 38.4°C في يونيو، مع صيف طويل وجاف.
6. مؤشر الجفاف السنوي $AI = 0.147$ ، مما يصنف طبرق ضمن الأقاليم الجافة.
7. العجز المائي الصيفي يصل إلى -179 ملم، مما يفاقم التتصحر.
8. الرطوبة النسبية تتراوح بين 60-74%. وتقل في الصيف، مما يزيد التبخر.
9. الغطاء النباتي فقير ومتقطع، مع شجيرات قصيرة ونباتات مقاومة للجفاف.
10. سرعة الرياح معتدلة وتؤثر على توزيع المطر وكفاءة الاستفادة من المياه.

توصيات البحث :

1. تحسين إدارة المياه الجوفية وتخزين مياه الأمطار الشتوية.
2. تبني تقنيات الزراعة المقاومة للجفاف (مثل الزراعة المروية).
3. متابعة التغيرات المناخية للتكيف مع التتصحر المستقبلي.
4. تشجيع زراعة الأعشاب والشجيرات المقاومة للجفاف.
5. الحد من الرعي الجائر لاحفاظ على الغطاء النباتي.
6. تطوير برامج لمراقبة مؤشر الجفاف وتوزيع المطر.
7. استخدام تقنيات الحد من التبخر وزيادة كفاءة المياه.
8. تعزيز التوعية بأهمية حماية التربة من التعرية.
9. اعتماد نظم الزراعة المائية عند الضرورة.
10. دمج الدراسات المناخية في التخطيط العمراني والزراعي لضمان الاستدامة.

المراجع

المراجع العربية :

- (1) علاء جابر فتح الله الضراط، الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي بوالقمل غرب مدينة طبرق شمال شرق ليبيا، مجلة البيان العلمية، ليبيا، 2023.
- (2) محمود سعد إبراهيم، البيان المكانى للتوازن المائي المناخي وعلاقته بالتصحر في شمال شرق ليبيا، مجلة المنارة العلمية، جامعة بنغازي - كلية التربية قميس، ليبيا، 2020.

- (3) محمود محمد سليمان، أثر تنبدب شمال الأطلسي على الأمطار في منطقة طبرق للفترة 1985-2018م، مجلة كلية الآداب - جامعة بنغازي، ليبيا، 2023م.
- (4) محمود محمد سليمان، تبعثر الأمطار على الجفاف المناخي في محطة طبرق: للمدة 1985-2014، مجلة جامعة درنة للعلوم الإنسانية والاجتماعية، ليبيا، 2024م.
- (5) يوسف ف. عبد الرحمن وصالح عياد اجباري، تقييم معدل التصحر باستخدام مؤشر NDVI و BSI في جنوب شرق طبرق، مجلة سيلفيوم للعلوم والتكنولوجيا (Silphium Journal of Science and Technology)، ليبيا، 2023م.

المراجع الأجنبية:

1. Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
2. FAO (1996). *Agro-ecological zoning guidelines*
3. FAO (Food and Agriculture Organization), *Agroclimatology Series*
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Libya — Country Profile: Water Resources and Scarcity*, FAO, Rome, 2022.
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis — Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate*, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report, Cambridge University Press, 2021.
6. Ivanov, I. (1954). *Evapotranspiration in the soil-plant-atmosphere system*. Moscow: Scientific Publishing House, p. 197.
7. Ivanov, N. N. (1954). *Methods of calculating evaporation*.
8. Jumaa Arhumah Jumaa Al-Jali, *Trends of Change in Rainfall Amounts in Northeastern Libya during the Period 1961–2010*, *Al-Mukhtar Journal of Social Sciences*, Libya, Vol. 39 No. 1 (2021), 117–102. ص ص <https://doi.org/10.54172/8xb88p28>
9. Mahmoud Saad Ibrahim (2010). *The impact of rainfall variability on desertification in northeastern Libya*. M.Sc. Thesis, University of Benghazi, Libya, pp. 45-50.
10. UNEP (1997). *World Atlas of Desertification*
11. UNESCO (1979). *Hydrological balance and water resources*
12. UNESCO (1979). *Hydrological balance and water resources*
13. United Nations Environment Programme (UNEP), *World Atlas of Desertification* (-FAO و UNESCO) .Edward Arnold / UNEP ,London & Nairobi, 1997.
14. United Nations Environment Programme (UNEP), *World Atlas of Desertification* (Aridity Index) . Nairobi/Paris, 1992.
15. United Nations Environment Programme (UNEP). (1992). *World Atlas of Desertification* (defining Aridity Index as P/PET). Nairobi: UNEP, p. 15.
16. United Nations Environment Programme, *World Atlas of Desertification: Second Edition*, UNEP, Nairobi/Paris, 1997.

17. World Meteorological Organization (WMO), *Climatological Normals for Tobruk Station, Libya*, Geneva, Switzerland, 2018.

موقع الكترونية:
<https://power.larc.nasa.gov/data-access>(.1