تحليل العلاقة بين الهطول المطري ورطوبة التربة في البيئات الجافة وشبه الجافة

دراسة تطبيقية اعتمادًا على بيانات شهرية في اجدابيا بين عامي 2024–1981م

إعداد:
د. فدوي إبراهيم سالم العقوري
قسم الجغرافيا – كلية الآداب والعلوم الابيار - جامعة بنغازي

الاستلام: 11.1.2026 القبول: 19.2.2026

المستخلص:

تستعرض هذه الدراسة العلاقة بين الهطول المطري ورطوبة التربة في أجدابيا خلال الفترة 1981–2024م، مع تحليل للرطوبة الجوية ودرجات الحرارة والإشعاع الشمسي. أظهرت النتائج أن الأمطار تتركز شتاءً (ديسمبر–فبراير) بقيم 46.6 و32.9 و19.3 ملم على التوالي، ويبلغ المجموع السنوي 17.48 مم، بينما تكاد تنعدم صيفًا (يونيو–أغسطس: 0.5–0.0 ملم)، ما يعكس نمطًا شبه جاف. ترتفع رطوبة التربة السطحية شتاءً إلى 0.5 وتنخفض صيفًا إلى 0.1–0.2، بينما تتراوح رطوبة الجذور والطبقات العميقة بين 0.3–0.5 طوال العام. الرطوبة الجوية النوعية (7.2–15.1 جم/كغ) لا تعوّض نقص الأمطار. أظهر تحليل الارتباط أن الهطول يرتبط إيجابيًا بقوة مع الرطوبة السطحية والجذرية، وسلبيًا مع درجات الحرارة والإشعاع الشمسي (-49.9 إلى -29.9 واط/م²). النتائج تؤكد هشاشة النظام المائي وتأثره بالجفاف الصيفي، وتوصي الدراسة بتحسين إدارة المياه، تعزيز الغطاء النباتي، مراقبة الرطوبة العميقة، واستخدام الري المحسوب لدعم النشاط الزراعي في البيئات شبه الجافة

الكلمات المفتاحية: "الهطول المطري، رطوبة التربة، الرطوبة الجوية، درجات الحرارة، الإشعاع الشمسي"

Abstract:

This study examines the relationship between rainfall and soil moisture in Ajdabiya during the period ,2024–1981 with an analysis of atmospheric humidity ,temperature ,and solar radiation .The results showed that rainfall is concentrated in winter) December–February (with values of ,32.9 ,46.6 and 19.3mm ,respectively ,and the annual total reaches approximately 17.48mm, while it is almost absent in summer) June–August 0.0–0.5 :mm ,(reflecting a semi-arid climate pattern .Surface soil moisture rises in winter to 0.5 and decreases in summer to ,0.2–0.1 while root zone and deep soil moisture range between 0.5–0.3 throughout the year .Specific atmospheric humidity 15.1–7.2)g/kg (does not compensate for the rainfall deficit .Correlation analysis indicated that rainfall is strongly positively correlated with surface and root zone moisture ,and negatively correlated with temperature and solar

radiation 49.9-) to 29.9- W/m² .(The results confirm the vulnerability of the water system and its sensitivity to summer drought .The study recommends improving water management ,enhancing vegetation cover ,monitoring deep soil moisture ,and applying calculated irrigation to support agricultural activity in semi-arid environments.

Keywords: "Rainfall, Soil Moisture, Atmospheric Humidity, Temperature, Solar Radiation"

مقدمة الدراسة:

تُعد الموارد المائية من أكثر العناصر البيئية حساسية في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يتسم النظام المناخي بندرة الهطول المطري وعدم انتظامه زمانيًا ومكانيًا، الأمر الذي ينعكس بشكل مباشر على رطوبة التربة، والإنتاج الزراعي، واستدامة النظم البيئية. وتُعتبر رطوبة التربة مؤشرًا أساسيًا لفهم التوازن المائي، إذ تمثل حلقة وصل بين الغلاف الجوي وسطح الأرض والأنظمة الحيوية. وتزداد أهمية دراسة العلاقة بين الهطول المطري ورطوبة التربة في ظل التغيرات المناخية المتسارعة، التي تؤدي إلى زيادة موجات الجفاف وارتفاع درجات الحرارة، خاصة في البيئات الهشة. ومن هذا المنطلق، تسعى هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين الهطول المطري ورطوبة التربة بمستوياتها المختلفة (السطحية، ومنطقة الجذور، والملف العميق) في مدينة أجدابيا، اعتمادًا على بيانات شهرية طويلة المدى للفترة (1981–2024م)

مشكلة الدراسة

مشكلة الدراسة في محدودية الفهم الكمي والدقيق لطبيعة العلاقة بين الهطول المطري ورطوبة التربة في البيئات الجافة وشبه الجافة، لا سيما في المناطق الليبية، ومنها مدينة أجدابيا. فعلى الرغم من توفر بيانات مناخية طويلة المدى، إلا أن الدراسات التطبيقية التي تربط بين الهطول المطري ورطوبة التربة بمستوياتها المختلفة ما تزال محدودة، الأمر الذي يعيق التخطيط السليم لإدارة الموارد المائية والزراعية، ويزيد من مخاطر الجفاف وتدهور التربة

أهمية الدراسة

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من كونها تسهم في فهم السلوك الهيدرولوجي للتربة في البيئات الجافة وشبه الجافة، وتوفر قاعدة علمية لدعم اتخاذ القرار في مجالات إدارة المياه، والتخطيط الزراعي، ومكافحة التصحر. كما تساعد نتائجها في تقييم مدى كفاية الهطول المطري لدعم الأنشطة البشرية والغطاء النباتي، وتبرز تأثير العوامل المناخية، خاصة الحرارة، على استدامة الرطوبة الأرضية

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى:

1. تحليل التوزيع الزمني للهطول المطري في مدينة أجدابيا خلال الفترة (1981–2024م).
2. دراسة التغيرات الشهرية لرطوبة التربة السطحية ومنطقة الجذور والملف العميق.
3. قياس العلاقة الإحصائية بين الهطول المطري ورطوبة التربة باستخدام معامل الارتباط.

4. توضيح أثر درجات الحرارة والرطوبة الجوية على رطوبة التربة.

5. تقييم الوضع المائي للتربة في أجدابيا ضمن إطار البيئات الجافة وشبه الجافة.

أسئلة الدراسة

س1. هـل توجـد علاقـة ارتبـاط موجبـة ذات دلالـة إحصائيـة بين الهطـول المطـري ورطوبـة التربـة السـطحية؟

س2. كيـف تتـغير قـوة العلاقـة بين الهطـول المطـري ورطوبـة التربـة مع زيـادة عمق التربة؟

س3. هـل تـؤدي درجـات الحـرارة المرتفعـة خلال فصـل الصيـف إلى تسريـع فقـدان رطوبـة التربـة، حتـى في حـال وجـود رطوبـة جويـة مرتفعـة نسـبيًا؟

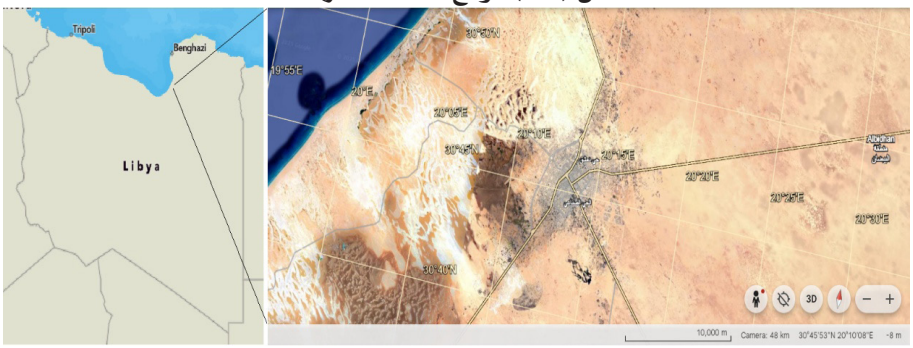
س4. هـل تعتمـد رطوبـة التربـة في منطقـة الجـذور والملـف العميـق أكثر على التراكم الرطـوبي طويـل الأمـد مقارنـة بالهطول المطري الشـهري؟

منطقة الدراسة

تقـع مدينـة أجدابيـا في شمال-شرق ليبيـا عند خـط العرض تقريبـاً 0″ 45′ 30° شمالاً وخـط الطـول 0″ 13′ 20° شرقـاً، مـا يجعلهـا جـزءاً من السـهل السـاحلي للمنطقة. كما تقـع أجدابيـا على بعـد يقـدر بحـوالي 6-7 كـم إلى الجنـوب مـن سـاحل البحـر الأبيـض المتوسـط وبالقـرب مـن حافـة خليـج سرت (Gulf of Sidra)، مما يضعهـا على الهامـش الجنـوبي للمنطقـة السـاحلية الليبيـة. هـذا وتبعـد المدينـة نحـو 150 كـم جنـوب مدينـة بنغـازي الـكبرى على السـاحل، وتمتـد الصحـراء الـكبرى جنوبهـا وشرقهـا، بينـما تمتـد السـهول السـاحلية والبحـر شمالاً منهـا، وتُعد نقطة وصل بين الطريق السـاحلي والطُرق الـداخلي. وترتفـع أجدابيـا فقـط بضعـة أمتـار فوق مسـتوى سـطح البحـر، ويحيط بها سـهول منخفضـة وتربتهـا تابعـة لحـوض سرت، مـع منـاخ صحـراوي جـاف يمتـد نحـو الداخل[1].

(1) El Shawaihdi, M. H., Mozley, P. S., Boaz, N. T., & Triantaphyllou, M. (2016). Geological framework of the As Sahabi region and adjacent areas. Journal of African Earth Sciences.

شكل (1) موقع منطقة الدراسة



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

منهجية الدراسة

تعتمد الدراسة على منهج وصفي وتحليلي تطبيقي، حيث تهدف إلى تحليل العلاقة بين الهطول المطري ورطوبة التربة على مستوياتها المختلفة (السطحية، منطقة الجذور، والملف العميق) في بيئة شبه جافة، باستخدام بيانات مناخية وبيئية شهرية طويلة المدى

1. مصادر البيانات

تم استخدام بيانات شهرية للفترة (1981–2024م) تشمل:

1- **الهطول المطري:** بيانات كمية الأمطار الشهرية المجمعة من محطات الأرصاد الجوية في أجدابيا

2- **رطوبة التربة:** بيانات الرطوبة السطحية ومنطقة الجذور والملف العميق، مأخوذة من محطات قياس التربة أو قواعد البيانات الهيدرولوجية المتاحة

3- **البيانات المناخية:** درجات الحرارة، الرطوبة الجوية، ودرجة حرارة سطح الأرض، لدراسة تأثيرها على الرطوبة الأرضية

2. الأساليب التحليلية

1- التحليل الوصفي:

- دراسة التوزيع الزمني للهطول المطري والرطوبة الأرضية.
- رسم الرسوم البيانية الشهرية والسنوية لتوضيح الفترات الرطبة والجافة.

2- التحليل الإحصائي:

- حساب المتوسطات الشهرية والسنوية للهطول ورطوبة التربة.
- استخدام معامل ارتباط بيرسون (Pearson correlation coefficient) لتحديد قوة العلاقة بين الهطول ورطوبة التربة على المستويات المختلفة.

3- تحليل العلاقة الهيدرولوجية:

- مقارنة استجابة الرطوبة السطحية ومنطقة الجذور والملف العميق للتغيرات

المطريـة.

• دراسة تأثير الحرارة والرطوبة الجوية على فقدان أو تراكم رطوبة التربة.

4- تحليل التباين الموسمي:

• تحديـد أشـهر الشـتاء والصيـف وملاحظـة اختـلاف العلاقـة بـين الهطـول ورطوبـة التربـة حسـب الموسـم.

3. أدوات الدراسة

• برامج Excel و SPSS للمعالجة الإحصائية ورسم المخططات.

• نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتصوير التوزيع المكاني والرطوبي إن وجد.

• الرسـوم البيانيـة الشـهرية والسـنوية لعرض نتائـج الهطول ورطوبة التربـة والتغيرات المناخية.

4. خطوات الدراسة

1. جمع وتجهيز البيانات الشهرية (1981-2024م).
2. إجراء التحليل الوصفي للهطول المطري ورطوبة التربة على المستويات الثلاثة.
3. تطبيق معامل ارتباط بيرسون لتحديد قوة العلاقة بين الهطول ورطوبة التربة.
4. دراسـة تأثـير العوامـل المناخيـة (درجـة الحـرارة والرطوبـة الجويـة) عـلى الرطوبـة الأرضيـة.
5. تفسير النتائج وربطها بالنمط المناخي للبيئة الجافة وشبه الجافة.

5. مخرجات الدراسة

• فهم ديناميكيات العلاقة بين الهطول المطري ورطوبة التربة على أعماق مختلفة.

• تحديد مدى استجابة التربة للرطوبة في ظل اختلاف الهطول ودرجات الحرارة.

• تقديم توصيات لإدارة الموارد المائية والزراعية في بيئات شبه جافة مثل أجدابيا.

الدراسات السابقة

تناولـت العديـد من الدراسـات العلاقة بين الهطول المطري ورطوبـة التربة في البيئات الجافـة وشـبه الجافـة، حيـث أشـارت معظمهـا إلى أن رطوبة التربة السـطحية تسـتجيب بسرعـة للتـغيرات المطريـة، بينما تُظهر الطبقات الأعمق اسـتجابة بطيئة وأكثر اسـتقرارًا. كما أكـدت دراسـات أخـرى أن ارتفـاع درجـات الحـرارة يزيد مـن معـدلات التبخر-النتح، مما يقلـل مـن فعاليـة الهطـول المطـري في تحـسين الرطوبـة الأرضيـة. وعلى المسـتوى الإقليمـي، ركـزت بعـض الدراسـات في شمال أفريقيـا وحـوض البحر المتوسـط على تأثير الجفـاف وتذبـذب الأمطـار على التربـة والغطـاء النبـاتي، إلا أن الدراسـات التطبيقيـة المفصلـة على مدينـة أجدابيـا تظـل محـدودة، مما يبرز الحاجـة إلى هـذه الدراسـة لسـد هـذا النقـص المعرفي

- تناولـت دراسـة **عبـد العاطـي أحمـد محمـد الحـداد** بعنـوان **الهطـول المطـري وقيـاس مـؤشر الجفـاف الاسـتطلاعي**، والمنشـورة سـنة 2025، تحليـل الخصائص الكميـة والزمانيـة للهطـول المطـري في مدينـة ترهونـة بشـمال غـرب ليبيـا. اعتمـدت الدراسـة عـلى بيانـات POWER NASA للفـترة 1982-2020 لاسـتخلاص مـؤشر

الجفـاف الاسـتطلاعي (RDI) ومنحنيـات (IDF)، وأظهـرت أن موسـم الأمطـار في ترهونـة يمتـد مـن سـبتمبر إلى أبريـل بمتوسـط سـنوي 259 ملـم مـع عـدم انتظـام واضـح وتكـرار مواسـم جافـة. كـما بينـت النتائـج أن ارتفـاع درجـات الحـرارة أدى إلى زيـادة البخـر وتفاقـم الجفـاف، مما يسـتدعي تبنـي اسـتراتيجيات فعالة لحصـاد مياه الأمطـار والحـد مـن آثـار الجفـاف.

- هدفـت دراسـة **عبـد الصـادق، مفتـاح مـوسى سـعد** (2018) إلى تحليـل خصائـص الأمطـار وعلاقتهـا بتعريـة التربـة في جنـوب الجبـل الأخـضر بليبيـا، معتمـدة عـلى المنهـج الوصفـي والأسـلوب الكمـي، وأظهـرت أن تذبـذب كميـات الأمطـار وهطولهـا بشـكل إعصـاري مـع ضعـف الغطـاء النباتي يـؤدي إلى هشاشـة الأنظمة البيئيـة وزيادة التعريـة. كـما بينـت الدراسـة أن الأمطار اليوميـة، التباين المكاني، عـدم انتظام التوزيع والتركيـز الموسـمي تعـد مـن أهـم العوامـل المؤثـرة في نشـاط التعريـة المائيـة. ووصـت الدراسـة بإنشـاء وتطويـر محطـات مناخيـة لتوفـير بيانـات دقيقـة تسـاعد في وضـع حلـول للحـد مـن التعرية.
- هدفـت دراسـة **سـعد، عـلي منصـور** (2025) إلى تحليـل العلاقـة بـين خصائـص الأمطـار وتدهـور الأراضي والتصحـر في إقليـم الجبـل الغـربي بشـمال غـرب ليبيـا، وأظهـرت النتائـج أن تذبـذب الأمطـار، فـترات الجفـاف الطويلـة، وتركيـز سـقوط الأمطـار في أوقـات غـير مناسـبة سـاهمت في تدهـور الغطـاء النبـاتي وزيـادة تعريـة التربـة وانتشـار التصحـر. كـما بينـت الدراسـة أن العوامـل المناخيـة الطبيعيـة تعد من أهـم أسـباب تدهـور البيئـة، وأوصـت بإجـراء مزيـد مـن الدراسـات لمعرفـة الأسـباب الطبيعيـة والبشريـة لتدهـور الأراضي وتصحرهـا.
- خلصـت دراسـة **سـعد، عـلي منصـور** (2025) إلى أن خصائـص الأمطـار في إقليـم الجبـل الغـربي بشـمال غـرب ليبيـا، مثل تذبذبهـا وفترات الجفـاف الطويلـة وتركيزها الموسـمي، سـاهمت بشـكل كبير في تدهور التربة وانتشـار التصحر. وأوضحت الدراسـة أن هـذه العوامـل المناخيـة أضرت بالغطـاء النباتي الطبيعـي وزادت من ضعف الأراضي. وأوصـت بـضرورة إجـراء المزيد من الدراسـات لفهم الأسـباب الطبيعيـة والبشرية وراء تدهـور الأراضي والتصحـر في المنطقة.
- خلصـت دراسـة **محمود سـعد إبراهيـم** (2024) إلى أن اختلال التـوازن المائي المناخي في شـمال شرق ليبيـا، الناتـج عـن تفـاوت الأمطار وزيـادة التبخـر، أدى إلى عجز مائي كبـير وزيـادة تعـرض الأقاليم شـبه الجافة وشـبه الرطبـة للتصحر. وأظهرت الدراسـة تدهـور الغطـاء النبـاتي، انجـراف التربـة، تكـوّن الكثبـان الرمليـة، وتدهـور الميـاه الجوفيـة نتيجـة الجفـاف والاسـتغلال البـشري. كـما اقترحت الدراسـة تطبيق أسـاليب كمّيـة لتقديـر التبخـر وتصنيـف المنـاخ واتخـاذ إجـراءات للحد مـن انتشـار التصحر.

العناصر الطبيعية للمنطقة

تقـع منطقـة أجدابيـا في شمال شرق ليبيـا ضمـن إقليـم سـهل سرت – الخليـج السِّـدْري على ارتفـاع منخفـض جدًا فوق مسـتوى سـطح البحـر، وتبعد نحـو 6.4 كم عن سـاحل البحـر الأبيـض المتوسـط باتجـاه الـشمال، مـا يجعلهـا قريبـة نسـبيًا من تـأثيرات البحـر لكنـه موقـعٌ صحـراوي جـاف بشـكل عـام مـع منـاخ صحـراوي حـار وجـاف يقل فيـه الهطـول المطري بشـدة مقارنة بالمناطق الشماليـة ذات التضاريـس الأعلى. تضاريس

المنطقة عبارة عن سهل ساحلي منبسط ومنطقة صحراوية تغلب عليها الرمال والسهول الجافة مع وجود سباخ وصحاري منخفضة حولها، وهي جزء من المساحات الصحراوية الممتدة في شرق ليبيا مع تغيرّ طفيف في الارتفاعات بعيدًا عن الساحل نحو الداخل الصحراوي

الغطاء النباتي في محيط أجدابيا هشّ ومحدود، إذ يكاد يقتصر على نباتات شوكية ومسطحة وخشبية متفرقة تتأقلم مع قلة المياه، وتظهر تنوعًا أكبر في محمية البيضان جنوب شرق المدينة التي تحتوي على أنواع نباتية متنوعة تنتمي إلى عائلات مثل الفصيلة المركبة (Asteraceae)، البقولية (Fabaceae)، والصليبية (Brassicaceae)، وقد تم تسجيل77 نوعًا نباتيًا موزعة على24 فصيلة ضمن هذه المحمية، مما يعكس تنوعًا نباتيًا أعلى قليلاً في المناطق المحمية مقارنة بالسهول الصحراوية المحيطة. هذا التنوع يتأثر بشكل كبير بـ الأنشطة البشرية مثل الرعي الجائر الذي يضغط على الموارد النباتية الطبيعية في المنطقة. ومن ناحية الزراعة، فإن الإنتاج الزراعي في منطقة أجدابيا محدود للغاية بسبب انخفاض الهطول المطري وندرة المياه السطحية، ويقتصر غالبًا على الاستفادة من موارد المياه الجوفية في الواحات القريبة لزراعة محاصيل قليلة محدودة، كما أن الأراضي الزراعية تمثل جزءًا ضئيلاً للغاية من المساحة الكلية مقارنة بالمناطق الأكثر رطوبة شمال ليبيا[2].

عناصر المناخ في أجدابيا للفترة 1981-2024م

"لفهم التغيرات المناخية وتأثيرها على الموارد المائية في مناطق مثل أجدابيا، تم جمع وتحليل متوسطات شهرية لعناصر المناخ للفترة بين 1981-2024م، حيث يشمل الجدول رقم (1) إجمالي الهطول المطري، الرطوبة النوعية والنسبية، رطوبة التربة في أعماق مختلفة، درجات الحرارة، والإشعاع الشمسي، مما يتيح دراسة شاملة للعلاقة بين الهطول المطري ودرجة الحرارة ورطوبة التربة." اذ تُعد دراسة العناصر المناخية أساسية لفهم طبيعة البيئة الجافة وشبه الجافة، حيث يُشكل الهطول المطري عاملاً رئيسيًا في تحديد مدى توفر المياه على سطح الأرض، ويُقاس بإجمالي الهطول المطري ومجموع الهطول الشهري. كما تُعتبر الرطوبة النوعية على ارتفاع مترين مؤشرًا لكمية بخار الماء في الهواء، بينما تعكس الرطوبة النسبية نسبة تشبع الهواء بالرطوبة، وهما عنصران مهمان لفهم التبخر والنتح وتأثيرهما على التربة والنباتات. وتوفر دراسة رطوبة التربة في العمق، ومنطقة الجذور، والسطح معلومات دقيقة عن مخزون الماء في التربة واستجابتها للهطول المطري، مما يساعد في تقييم استدامة المياه في البيئات شبه الجافة. أما درجة الحرارة على ارتفاع مترين ودرجة الحرارة الرطبة ونقطة الندى فهي تعكس حالة التدفئة الجوية والرطوبة المحتملة، وتؤثر مباشرة على تبخر المياه وفقدان الرطوبة من التربة. وتشمل البيانات أيضًا أقصى وأدنى درجة حرارة، ومدى التذبذب الحراري الشهري، لتقدير تأثير الحرارة على النظام المائي والتربة. كما يُعد الإشعاع الشمسي قصير الموجة الهابط عند أعلى الغلاف الجوي ودرجة حرارة سطح الأرض عناصر مهمة لفهم الطاقة المتاحة للتبخر والتسخين السطحي، والتي تؤثر على الرطوبة والتربة بشكل مباشر في البيئات الجافة. تُستخدم هذه العناصر جميعها لتحديد العلاقة بين الهطول المطري ودرجة حرارة الهواء والتربة،

(2) الزربي، عبد الحميد؛ البركي، عبد الناصر؛ الدراوي العائب، محمد (2016). دراسة الغطاء النباتي بمحمية البيضان جنوب شرق أجدابيا، ليبيا. مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، ليبيا. ص1-14

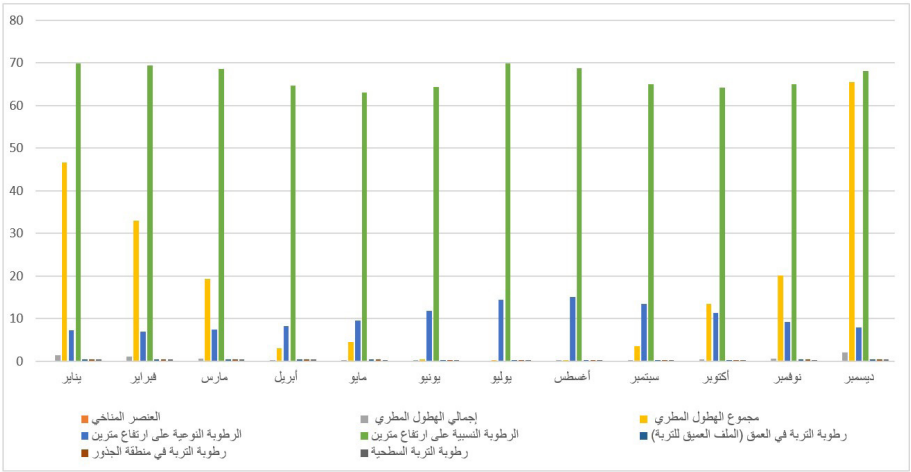
وفهـم التوزيـع الموسـمي للرطوبـة وتـأثير الحـرارة على فقـدان الميـاه في التربـة. ومـن خلال تحليـل هـذه البيانـات، يمكـن وضـع استراتيجيـات لإدارة المـوارد المائيـة والزراعـة في المناطـق الجافـة وشـبه الجافـة. تعـتبر هـذه العنـاصر أداة أساسـية لدراسـة التـغيرات المناخيـة والتخطيـط المسـتدام للغطـاء النبـاتي والنظـام البيئـي في مناطـق مثـل أجدابيا، حيـث يتسـم المنـاخ بنـدرة الهطول وارتفـاع الحـرارة الصيفية، مـا يـزيد من أهميـة تقييم العلاقـة بين الهطـول والرطوبـة الأرضية

جدول (1) المتوسطات الشهرية لعناصر الحرارة والرطوبة والأمطار والإشعاع الشمسي بمحطة أجدابيا (1981–2024)

العنصر المناخي / الشهور	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المجمل السنوي
إجمالي الهطول المطري	1.50	1.17	0.62	0.10	0.14	0.02	0.00	0.01	0.12	0.43	0.67	2.11	0.57
مجموع الهطول المطري	46.6	32.9	19.3	3.0	4.5	0.5	0.1	0.2	3.5	13.4	20.2	65.5	17.48
الرطوبة النوعية على ارتفاع مترين	7.2	7.0	7.5	8.2	9.6	11.9	14.5	15.1	13.5	11.4	9.2	7.9	10.3
الرطوبة النسبية على ارتفاع مترين	69.9	69.4	68.6	64.7	63.1	64.3	69.9	68.7	65.0	64.2	65.0	68.1	66.8
رطوبة التربة في العمق (العمق الجذري)	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
رطوبة التربة في منطقة الجذور	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
رطوبة التربة السطحية	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.3
درجة الحرارة على ارتفاع مترين	14.7	14.5	15.7	18.3	21.4	24.5	26.2	27.1	26.2	23.6	19.8	16.5	20.7
درجة حرارة نقطة الندى على ارتفاع مترين	9.1	8.7	9.6	10.9	13.3	16.4	19.7	20.4	18.6	15.9	12.7	10.4	13.8
درجة الحرارة الرطبة على ارتفاع مترين	11.9	11.6	12.7	14.6	17.3	20.4	22.9	23.8	22.4	19.8	16.3	13.5	17.3
أقصى درجة حرارة على ارتفاع مترين	19.4	20.7	24.0	28.8	32.7	34.7	33.7	33.9	33.8	31.3	26.2	21.6	36.1
أدنى درجة حرارة على ارتفاع مترين	9.9	9.7	10.3	12.1	14.8	18.4	21.6	23.2	21.2	18.3	14.7	11.5	9.2
مدى (نطاق) درجة الحرارة على ارتفاع مترين	3.9	4.7	5.8	6.8	7.2	6.9	5.8	5.5	5.7	5.4	4.6	3.7	5.5
الإشعاع الشمسي قصير الموجة الهابط عند أعلى الغلاف الجوي	-48.5	-44.1	-38.6	-33.8	-30.9	-29.9	-30.6	-33.0	-37.1	-42.5	-47.4	-49.9	-38.8
درجة حرارة سطح الأرض	16.0	15.5	16.3	18.3	21.2	24.5	26.9	28.2	27.2	24.5	21.0	17.9	21.5

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

شكل (2) المتوسطات الشهرية لعناصر المناخ (الرطوبي) في محطة اجدابيا للفترة بين 1981-2024م

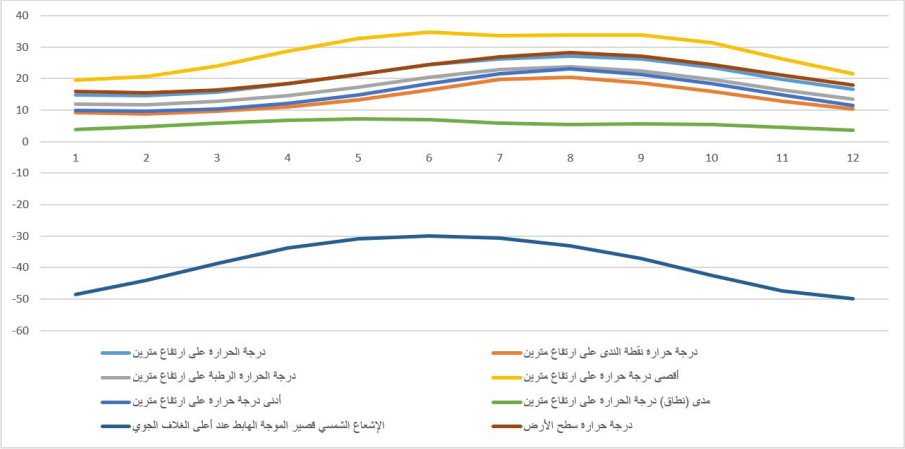


المصدر : من إعداد الباحثة بناءً علي جدول رقم (1)

تشير بيانات جدول رقم (1) إلى أن الهطول المطري يتسم بتركيز واضح في فصل الشتاء، حيث بلغت قيم إجمالي الهطول المطري أعلى مستوياتها في ديسمبر (2.11 مم) ويناير (1.50 مم) وفبراير (1.17 مم)، بينما تكاد الأمطار تنعدم خلال أشهر الصيف من يونيو إلى أغسطس (0.00–0.02 مم)، ويعكس ذلك نمطًا مناخيًا شبه جاف متوسطي–صحراويًا، يتميز بندرة الأمطار وصعوبة انتظامها زمنيًا، ما يؤثر مباشرة على استجابة التربة للرطوبة. وبالنسبة للرطوبة الجوية، تُظهر الرطوبة النوعية على ارتفاع مترين أعلى قيمها في أشهر الصيف (يوليو: 14.5، أغسطس: 15.1) على الرغم من انخفاض الهطول، نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر، بينما تبقى الرطوبة النسبية معتدلة نسبيًا على مدار العام (63–70%)، مما يشير إلى أن الرطوبة الجوية وحدها لا تعوّض ندرة الهطول خلال الصيف. أما رطوبة التربة، فتُظهر مستويات مختلفة حسب العمق، حيث تستجيب الرطوبة السطحية بشكل مباشر للهطول، مع قيم عالية في الشتاء (0.5–0.4) وانخفاض حاد في الصيف (0.1–0.2)، مما يعكس تأثرها المباشر بالجفاف والتبخر السطحي، بينما تبقى رطوبة منطقة الجذور شبه مستقرة (0.3–0.5) وتعتمد على تراكم الرطوبة طويل الأمد أكثر من الهطول الشهري، وكذلك الملف العميق للتربة الذي يحتفظ بقيم شبه ثابتة (0.3–0.5) ويظهر استجابة بطيئة للهطول، إذ تتأثر هذه الطبقات فقط بالأمطار المستمرة والمتكررة. ويُستنتج من ذلك أن العلاقة بين الهطول ورطوبة التربة تختلف حسب العمق، فالرطوبة السطحية ترتبط ارتباطًا مباشرًا وقويًا بالأمطار، بينما الرطوبة في منطقة الجذور والملف العميق تعتمد على تراكم الهطول السنوي وتكون أقل تأثرًا بالتغيرات الموسمية القصيرة، كما تلعب الحرارة العالية في الصيف دورًا كبيرًا في فقدان الرطوبة حتى مع وجود رطوبة جوية نسبية متوسطة، مما يبرز أهمية الهطول المطري المستمر لإعادة شحن التربة والحفاظ على الرطوبة في البيئات

شبه الجافة مثل أجدابيا

شكل (3) المتوسطات الشهرية لعناصر المناخ(الحراري) في محطة اجدابيا للفترة بين 1981-2024م



المصدر : من إعداد الباحثة بناءً علي جدول رقم (1)

تشير البيانات المناخية لمحطة أجدابيا جدول رقم (1) إلى أن درجات الحرارة على ارتفاع مترين تتبع نمطًا موسميًا واضحًا، حيث تكون منخفضة في الشتاء (يناير: 14.7°م، فبراير: 14.5°م، ديسمبر: 16.5°م) وترتفع تدريجيًا خلال الربيع لتصل إلى 27.1°م في أغسطس، ثم تنخفض مرة أخرى مع قدوم الخريف، بينما تظهر درجة حرارة نقطة الندى اتجاهًا مشابهًا، منخفضة شتاءً (7.8–9.1°م) وترتفع صيفًا (20.4°م في أغسطس)، مما يعكس زيادة الرطوبة الجوية النوعية مع ارتفاع درجات الحرارة الصيفية. أما درجة الحرارة الرطبة على ارتفاع مترين، فتمثل متوسط التأثير الحراري والرطوبي على الهواء، حيث تتراوح بين 11.6–23.8°م، وتوضح بشكل مباشر العلاقة بين الحرارة والتبخر والنتح في التربة والنباتات، وهي أعلى خلال الصيف وتنخفض شتاءً. وتُظهر البيانات أيضًا أن أقصى درجات الحرارة الشهرية على ارتفاع مترين تصل إلى أعلى قيمها في يونيو–أغسطس (34.7–33.7°م)، في حين تسجل أدنى القيم خلال ديسمبر–يناير (9.7–9.9°م)، مما يوضح مدى التذبذب الحراري الموسمي الكبير في هذه البيئة شبه الجافة، ويؤكد تأثير الحرارة الصيفية على فقدان رطوبة التربة والتبخر العالي. ويبين المدى الحراري الشهري (3.7–7.2°م) تفاوت درجات الحرارة اليومية، حيث يكون أقصى التفاوت في مايو ويونيو، وهو مؤشر على تقلبات الحرارية اليومية الكبيرة في فصل الصيف، مما يزيد الضغط على النظام المائي للتربة. أما الإشعاع الشمسي قصير الموجة الهابط عند أعلى الغلاف الجوي، فيتراوح بين -29.9 إلى -49.9 وحدة، ويُظهر زيادة الإشعاع في فصلي الربيع والصيف، مع انخفاضه في الشتاء، مما يؤكد شدة الإشعاع الصيفي وتأثيره على التبخر السطحي وفقدان الرطوبة. وأخيراً، توضح درجة حرارة سطح الأرض الاتجاه الموسمي ذاته، حيث تبدأ منخفضة شتاءً (16.0°م) وتصل إلى أقصى قيمها في أغسطس (28.2°م)،

مـا يعكـس التسـخين المبـاشر للسـطح خلال الصيف وتـأثيره على تبخر المياه مـن التربة، وهـو مـا ينسـجم مع انخفـاض رطوبة التربة السـطحية في نفـس الـفترة، وبالتالي تؤكد هـذه المعطيـات أن درجـات الحـرارة العاليـة والإشـعاع الشـمسي المكثـف في الصيـف تعمل على زيـادة فقـدان الرطوبـة مـن التربة، بينما تسـاهم درجات الحـرارة المعتدلة شـتاءً مع الهطـول المطـري في تعزيـز تراكم الرطوبة السـطحية والعميقة على حد سـواء، مما يبرز التبايـن الموسـمي في الاسـتجابة المائيـة للتربـة في بيئـة شـبه جافة مثـل أجدابيا

تـشير البيانـات إلى أن الهطـول المطـري يتركـز في فصـل الشـتاء، ويشـكل العامـل الرئـيسي في رفـع رطوبـة التربة السـطحية والجذرية والعميقة خلال هـذه الفترة، حيث ترتفـع قيـم الرطوبـة السـطحية مبـاشرة بعـد الأمطـار، بيـنما تبقـى الطبقـات العميقـة أكثر اسـتقرارًا وتعتمـد على تراكـم الهطـول الطويـل الأمـد. ومـع حلول الصيـف، تنعدم الأمطـار تقريبًـا، بيـنما تظـل الرطوبـة الجويـة النوعيـة مرتفعـة نسـبيًا نتيجـة الحرارة العاليـة والتبخـر السـطحي، إلا أن ذلـك لا يمنـع انخفـاض الرطوبـة السـطحية للتربـة بشـكل حـاد إلى 0.1–0.2، في حين تسـتمر الرطوبـة العميقـة والجذريـة عنـد مسـتويات 0.3–0.4، مما يـدل على مقاومـة الطبقـات العميقـة لتقلبـات الهطـول الموسـمية. تسـاهم درجـات الحـرارة المرتفعـة على ارتفـاع مترين وارتفاع الإشـعاع الشـمسي في الصيف (28–34°م وارتفـاع الإشـعاع قـصير الموجة) في زيـادة فقدان الرطوبة من التربـة عبر التبخر والنتـح، مـا يزيـد الضغـط المائي على النظـام البيئـي. ومـن ثـم، يظهـر أن العلاقـة بين الهطـول ورطوبـة التربـة تتناسـب طرديًـا في الشـتاء، بيـنما تتراجـع قوتهـا في الصيـف بسـبب الحـرارة العاليـة والجفـاف السـطحي. كما أن الرطوبة الجوية تؤثر بشـكل معتدل على الطبقـات السـطحية فقـط، لكنهـا لا تعـوّض نـدرة الهطـول، في حين أن الطبقـات العميقـة تعتمـد على الهطـول التراكمـي لـفترات طويلـة. هـذه العلاقـة المتداخلـة بين الهطـول والرطوبـة الجويـة ودرجـات الحـرارة تحـدد قـدرة التربـة على تخزيـن الميـاه، وتوضـح أهميـة التوزيـع الموسـمي للأمطـار وتأثير الحـرارة الصيفيـة على النظـام المائي للتربة

جدول (2) تحليل معاملات الارتباط بين الهطول المطري ودرجة الحرارة والرطوبة ورطوبة التربة في بيانات محطة اجدابيا للفترة بين 1981-2024م

ت	العـــــــلاقة بيـــــن العناصر	علاقة الارتباط	نوع العلاقة
1	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري والرطوبة النوعية على ارتفاع مترين	-0.7	قوية سلبية
2	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري والرطوبة النسبية على ارتفاع مترين	0.4	معتدلة إيجابية
3	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري ورطوبة التربة في العمق (الملف العميق للتربة)	0.6	قوية إيجابية
4	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري ورطوبة التربة في منطقة الجذور	0.6	قوية إيجابية
5	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري ورطوبة التربة السطحية	0.7	قوية إيجابية

تابع جدول (2)

ت	العـــــــلاقة بيـــــن العناصر	علاقة الارتباط	نوع العلاقة
6	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين ودرجة حرارة نقطة الندى على ارتفاع مترين	1.0	قوية جدًا/كاملة إيجابية
7	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين ودرجة الحرارة الرطبة على ارتفاع مترين	1.0	قوية جدًا/كاملة إيجابية
8	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين وأقصى درجة حرارة على ارتفاع مترين	0.9	قوية جدًا إيجابية
9	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين وأدنى درجة حرارة على ارتفاع مترين	1.0	قوية جدًا/كاملة إيجابية
10	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين ومدى (نطاق) درجة الحرارة على ارتفاع مترين	0.5	معتدلة إيجابية
11	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين والإشعاع الشمسي قصير الموجة الهابط عند أعلى الغلاف الجوي	0.7	قوية إيجابية
12	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين ودرجة حرارة سطح الأرض	1.0	قوية جدًا/كاملة إيجابية
13	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين ومجموع الهطول المطري	-0.7	قوية سلبية
14	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين والرطوبة النوعية على ارتفاع مترين	1.0	قوية جدًا/كاملة إيجابية
15	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين والرطوبة النسبية على ارتفاع مترين	-0.3	ضعيفة سلبية
16	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين ورطوبة التربة في العمق (الملف العميق للتربة)	-0.9	قوية جدًا سلبية
17	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين ورطوبة التربة في منطقة الجذور	-0.9	قوية جدًا سلبية
18	علاقة ارتباط بين درجة الحرارة على ارتفاع مترين ورطوبة التربة السطحية	-1.0	قوية جدًا/كاملة سلبية
19	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري ودرجة حرارة نقطة الندى على ارتفاع مترين	-0.7	قوية سلبية
20	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري ودرجة الحرارة الرطبة على ارتفاع مترين	-0.7	قوية سلبية
21	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري وأقصى درجة حرارة على ارتفاع مترين	-0.9	قوية جدًا سلبية
22	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري وأدنى درجة حرارة على ارتفاع مترين	-0.7	قوية سلبية
23	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري ومدى (نطاق) درجة الحرارة على ارتفاع مترين	-0.8	قوية جدًا سلبية
24	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري والإشعاع الشمسي قصير الموجة الهابط عند أعلى الغلاف الجوي	-0.9	قوية جدًا سلبية
25	علاقة ارتباط بين مجموع الهطول المطري ودرجة حرارة سطح الأرض	-0.7	قوية سلبية

المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (1)

يوضـح الجدولرقـم (2) قـوة واتجـاه العلاقـة بين عنـاصر المنـاخ المختلفـة في أجدابيا خلال الـفترة المدروسـة، مـع التركيـز على الهطـول المطـري، درجـات الحـرارة، الرطوبـة الجويـة ورطوبـة التربـة. تـشير النتائـج إلى أن مجموع الهطـول المطري يرتبـط ارتباطًا قويًـا إيجابيًـا مـع رطوبـة التربـة في العمـق ومنطقـة الجذور والسـطح، حيـث تراوحت معـاملات الارتبـاط بين 0.6 و0.7، مما يعنـي أن زيـادة الهطـول المطـري تـؤدي مبـاشرة إلى رفـع مسـتويات الرطوبـة في جميـع طبقـات التربـة، وهـو أمـر مهـم لفهـم التـوازن المائي في البيئـات شـبه الجافـة. بالمقابـل، يظهـر الهطـول المطـري ارتباطًـا سـلبيًا قويًا مع الرطوبـة النوعيـة على ارتفـاع مترين ومـع درجـات الحـرارة المختلفـة، بمـا فيهـا درجـة حـرارة النقطـة النـدى، الحـرارة الرطبـة، أقصى وأدنى درجـة حـرارة، مـدى الحـرارة، الإشـعاع الشـمسي ودرجـة حرارة سـطح الأرض، مع معـاملات تصل أحيانًـا إلى -1.0. هذا يـشير إلى أن فترات انخفـاض الهطـول عادةً تصاحـب ارتفاع درجات الحـرارة وانخفاض الرطوبـة النسـبية في الجـو، مما يزيـد الضغـط المائي على التربـة

مـن جهـة أخـرى، تظهـر درجة الحـرارة على ارتفـاع مترين ارتباطًـا إيجابيًـا قويًا جدًا مـع درجـات حـرارة النقطـة النـدى، الحـرارة الرطبـة، أدنى درجة حـرارة، ودرجـة حرارة سـطح الأرض، حيـث بلغـت معـاملات الارتبـاط 1.0، مـا يعكـس الترابـط المتكامـل بين هـذه العنـاصر الحراريـة وتأثيرهـا المباشر على التبخـر وفقدان المياه. في المقابل، ترتبط درجـة الحـرارة ارتباطًـا سـلبيًا قويًـا مـع الرطوبـة التربـة في العمـق والجذور والسـطح، ومـع الهطـول المطـري، وهـو مـا يـدل على أن ارتفـاع الحـرارة يقلل مـن تراكـم الرطوبة في التربـة ويزيـد مـن فقـدان المياه عـن طريـق التبخر

أمـا الرطوبـة النسـبية، فهي تظهـر ارتباطًا معتـدلًا إيجابيًـا مع الهطول المطـري (0.4) وارتباطًـا ضعيفًـا سـلبيًا مـع درجـة الحـرارة (-0.3)، مـا يوضـح أن تـأثير الهطـول على تشـبع الهـواء بالرطوبـة أكثر وضوحًـا مـن تـأثير التـغيرات الحراريـة. بشـكل عـام، يبين الجـدول أن العلاقـات بين الهطـول المطـري ورطوبـة التربـة قويـة بشـكل عـام، بينـما تمثـل العلاقـة بين درجـات الحـرارة وعنـاصر الرطوبـة الجويـة والسـطحية مزيجًـا من العلاقـات الإيجابيـة الكاملـة والسـلبيات القوية، ما يعكـس الطبيعة المعقـدة للنظام المائي والمناخـي في المنطقـة

هـذا التحليـل يؤكـد أهميـة مراقبـة كل مـن الهطـول المطـري ودرجـة الحـرارة معًـا لفهـم توزيـع الرطوبـة في التربة، كما يـشير إلى ضرورة التخطيط المائي الموسـمي وإدارة الـري وفـق التـغيرات الحراريـة لـضمان اسـتدامة المـوارد المائيـة والزراعـة في البيئـات شـبه الجافـة. علاوة على ذلـك، يظهـر الجـدول أن الهطـول المطري الشـتوي هـو العامل الحاسـم في تعزيـز رطوبـة التربـة، بينـما تزيـد الحـرارة والإشـعاع الشـمسي المكثـف في الصيـف مـن الضغـط المائي، مما يجعـل التخطيـط للغطـاء النبـاتي واسـتراتيجيات حفظ الرطوبـة أمـرًا ضروريًا

يـشير تحليـل الهطـول المطري السـنوي في أجدابيا إلى أن الأمطار تتركز بشـكل واضح خلال أشـهر الشـتاء (ديسـمبر-يناير-فبراير)، حيـث بلـغ المجمـوع السـنوي نحـو 17.48 مـم، بينـما تـكاد تنعـدم الأمطـار خلال أشـهر الصيـف (يونيو-أغسـطس)، وهـو نمـط مناخي شـائع في المناطق شـبه الجافة ذات الطابع المتوسـطي أو الصحراوي الهامشي. هذا التوزيـع غير المتـوازن ينعكـس مبـاشرة على رطوبة التربـة، إذ ترتفع الرطوبة السـطحية إلى نحـو 0.5 في الشـتاء نتيجـة التـأثير المبـاشر للهطـول المطـري، بينـما تنخفض بشـدة

صيفًا لتصل إلى حوالي 0.1، ما يعكس فقدًا سريعًا للرطوبة بسبب ارتفاع الحرارة (26.2–27.1 °م) وزيادة التبخر. وتؤكد نتائج معامل ارتباط بيرسون أن الهطول المطري يرتبط ارتباطًا قويًا إيجابيًا مع رطوبة التربة السطحية والجذرية والعميقة (0.6–0.7)، بينما يظهر ارتباط سلبي قوي مع الرطوبة النوعية والحرارة والإشعاع الشمسي، ما يوضح تأثير الحرارة الصيفية على فقدان المياه

رطوبة التربة في منطقة الجذور تراوحت بين 0.5 شتاءً و0.3 صيفًا، ما يدل على استقرار نسبي واعتماد هذه الطبقة على تراكم الهطول طويل الأمد وليس على الأمطار اللحظية، بينما سجلت رطوبة التربة العميقة قيمًا شبه ثابتة بين 0.3 و0.5 على مدار السنة، ما يعكس محدودية تغذية المياه الجوفية وضعف نفاذ الأمطار إلى الأعماق

من ناحية أخرى، تبين أن درجة الحرارة على ارتفاع مترين مرتبطة إيجابيًا جدًا مع درجات حرارة النقطة الندى، الحرارة الرطبة، وأدنى درجة حرارة، ودرجة حرارة سطح الأرض (معاملات ارتباط 1.0)، بينما ترتبط سلبًا مع الهطول ورطوبة التربة العميقة والجذرية والسطحية (معاملات تصل إلى -1.0)، ما يؤكد الدور الحاسم للحرارة في زيادة فقدان الرطوبة وتسريع عمليات التبخر–النتح. الرطوبة الجوية النوعية، رغم ارتفاعها صيفًا (7.2–15.1 جم/كغ)، لا تعوّض ندرة الأمطار، والارتباط مع الهطول ضعيف نسبيًا، ما يبرز محدودية تأثير الرطوبة الجوية على الطبقات الأرضية خلال الصيف

توضح هذه النتائج أن العلاقة بين الهطول ورطوبة التربة قوية في الشتاء وضعيفة في الصيف، مما يؤكد هشاشة النظام المائي وتأثره بالجفاف الصيفي. بناءً على ذلك، تصبح إدارة الموارد المائية الموسمية ضرورة لضمان استدامة المخزون المائي، وتشمل توصيات الدراسة تعزيز الغطاء النباتي، تطبيق الري المحسوب، مراقبة الرطوبة العميقة، واعتماد تقنيات الزراعة المحافظة على الرطوبة

خلاصة التحليل تكشف أن الهطول المطري الشتوي هو العامل الرئيس في تعزيز الرطوبة السطحية للتربة، بينما تلعب الحرارة والإشعاع الشمسي دورًا حاسمًا في فقد المياه، وأن الموارد المائية في البيئات شبه الجافة محدودة وتعتمد على فترات قصيرة من الأمطار، مع انخفاض تدريجي لتأثير الهطول مع العمق، ما يبرز أهمية التخطيط المائي والري الاستراتيجي لدعم النشاط الزراعي المستدام

نتائج البحث:

1. الهطـول المطـري السـنوي في أجدابيـا يصـل إلى 17.48 مـم، ويتركز في أشـهر الشـتاء (ديسـمبر–فبراير) ويـكاد ينعـدم صيفًا.
2. الرطوبـة السـطحية للتربـة تـتراوح بـين 0.5 شـتاءً و0.1 صيفًـا، وتظهـر اسـتجابة مبـاشرة للهطـول المطـري.
3. رطوبـة منطقـة الجـذور تـتراوح بـين 0.5 شـتاءً و0.3 صيفًـا، وتعتمـد عـلى تراكـم الهطـول طويـل الأمـد.
4. رطوبـة التربـة العميقـة شـبه ثابتـة بـين 0.3–0.5، مـا يشـير إلى ضعـف نفـاذ الميـاه العميقـة وقلـة التغذيـة الجوفيـة.
5. ارتفـاع درجـات الحـرارة الصيفيـة (حتـى 27.1°م) ودرجـة حرارة سـطح الأرض (حتى 28.2°م) يزيـد مـن معـدلات التبخر–النتـح ويقلل فاعليـة الرطوبة.
6. العلاقة بين الهطول ورطوبة التربة قوية جدًا في الشتاء وضعيفة صيفًا.
7. الرطوبـة الجويـة النوعيـة لا تعـوّض نـدرة الأمطار الصيفيـة، وتأثيرهـا محدود على الطبقات السـطحية.
8. درجـات الحـرارة مرتبطـة إيجابيًـا جـدًا مـع بعضهـا (درجـة حـرارة الهـواء، النقطـة النـدى، الحـرارة الرطبـة)، وسـلبية مـع الرطوبـة والتربـة.

توصيات البحث

1. اعتماد إدارة مائية تعتمد على تخزين مياه الأمطار الشتوية لدعم التربة الصيفية.
2. تعزيـز الغطـاء النبـاتي وتقنيـات الزراعـة المحافظـة عـلى الرطوبـة للحـد مـن فقدان الميـاه بالتبخر.
3. مراقبة الرطوبة العميقة للتربة لتقييم المخزون المائي خلال الجفاف الصيفي.
4. اسـتخدام طـرق الري المحسـوبة والموجهة لتقليل التأثير السـلبي للحـرارة العالية على المحاصيل.
5. التخطيط لإعادة تأهيل التربة وتعزيز التراكم الرطوبي في المناطق شبه الجافة.

المراجع

المراجع العربية

1. الحداد، عبد العاطي أحمد محمد (2025)، الهطول المطري وقياس مؤشر الجفاف الاستطلاعي لمدينة ترهونة – شمال غرب ليبيا، مجلة روافد المعرفة، المجلد 5، العدد 9.
2. الزربي، عبد الحميد؛ البركي، عبد الناصر؛ الدراوي العائب، محمد (2016)، دراسة الغطاء النباتي بمحمية البيضان جنوب شرق أجدابيا، ليبيا، مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، ليبيا، المجلد 2، العدد 1.
3. سعد، علي منصور (2025)، خصائص الأمطار في إقليم الجبل الغربي وأثرها على البيئة والتصحر، مجلة الجبل للعلوم الإنسانية والتطبيقية، المجلد 6، العدد 2.
4. عبد الحميد خليفة الزربي، عبد الناصر سعيد البركي، محمد الدراوي العائب (2016)، دراسة الغطاء النباتي بمحمية البيضان جنوب شرق أجدابيا، ليبيا، مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، ليبيا، المجلد 2، العدد 2.
5. عبد الصادق، مفتاح موسى سعد (2018)، بعض خصائص الأمطار وعلاقتها بتعرية التربة في جنوب الجبل الأخضر (ليبيا)، مجلة JSSA، المجلد 16، العدد 1.
6. عبد العاطي أحمد محمد الحداد (2025)، الهطول المطري وقياس مؤشر الجفاف الاستطلاعي لمدينة ترهونة – شمال غرب ليبيا، مجلة روافد المعرفة، المجلد 5، العدد 9.
7. محمود، سعد إبراهيم (2024)، تحليل التباين المكاني للتوازن المائي المناخي وعلاقته بالتصحر في شمال شرق ليبيا، مجلة المنارة العلمية، العدد1.

المراجع الأجنبية

1. El Shawaihdi, M. H., Mozley, P. S., Boaz, N. T., & Triantaphyllou, M. (2016). Geological framework of the As Sahabi region and adjacent areas. Journal of African Earth Sciences.
2. Gouma, R. A. A. (2025). “Surman Journal of Science and Technology”. Libya.

موقع اكتروني

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