



مجلة الباحث

موقع المجلة: <https://journals.uokerbala.edu.iq/index.php/bjh/>



تحليل التغيرات البيئية وآثارها على الغطاء النباتي في قضاء راوه للعامين (2005-2025) م باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

م.د. عهود صالح مهدي

جامعة تكريت/ كلية التربية للعلوم الإنسانية/ قسم جغرافية

التخصص الدقيق للبحث: طبيعية

التخصص العام للبحث: جغرافية

المستخلص باللغة العربية:

معلومات الورقة البحثية

يتمحور البحث حول الرصد النوعي للتدهور المتسارع في الكفاءة الحيوية للغطاء النباتي في قضاء راوة، الذي يمتد على مساحة إجمالية قدرها (5670 كم²)، ما يمثل (4.09%) من المساحة الكلية لمحافظة الأنبار البالغة (138,501 كم²). ويعزى هذا التدهور إلى التقاطع المعقد بين المتطرفات المناخية والهشاشة البيئية للتربة، مما أدى إلى اختلال التوازن الفسيولوجي وتفاقم ظاهرة التصحر. يهدف البحث إلى تقييم الديناميكية المكانية والزمانية للغطاء النباتي للمدة (2005-2025)م، وتحليل الارتباط الوظيفي بين مؤشر الاختلاف الخضري (NDVI) والمتغيرات الجيومناخية لصياغة نموذج إداري مستدام. ولتحقيق ذلك، اعتمدت الدراسة المنهج التحليلي الكمي بتكامل تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، ومعالجة مرئيات الأقمار (Landsat 5 & 8)؛ حيث طُبِّق مؤشر (NDVI) ومعامل الجفاف العالمي (D)، مع إجراء مطابقة مكانية (Overlay Analysis) لربط أصناف الغطاء الأرضي بالأنماط التربوية السائدة. كشفت النتائج عن تحول بنيوي نحو "التطرف الحراري"؛ إذ بلغت الحرارة العظمى (45.3 م°) مع تعمق الانجماد الشتوي عند (-1.6 م°)، مما قوض العمليات الأيضية للنبات وأضعف قدرته الحيوية. وأثبت التحليل المكاني انحسار المسطحات المائية إلى (1.2%)، مقابل تمدد مطرد للأراضي الجرداء لتشغل مساحة (3350.2 كم²) بنسبة (59.10%) من إجمالي المساحة البالغة (5670 كم²)، في حين انكمش الغطاء الكثيف ليصل إلى (3.40%). تثبتت هذه المؤشرات الرقمية سيادة حالة "الجفاف الهيدرولوجي المستدام" ونشوء فجوة عجز مائي تراكمي في الرقعة المدروسة. وبناءً عليه، توصي الدراسة بتبني استراتيجية "الإدارة المكانية المتميزة"، وتفعيل منظومات حصاد المياه وتغذية الخزانات الجوفية، مع تأسيس مرصد محلي متطور للإنذار المبكر لمراقبة زحف التصحر وضمان استدامة التوازن البيئي للأجيال القادمة.

الكلمات الرئيسية:

قضاء راوة – مؤشر
الاختلاف الخضري
(NDVI) – التطرف
المناخي – الديناميكية
المكانية والزمانية – نظم
المعلومات الجغرافية
(GIS)

doi: <https://doi.org/10.63797/bjh>.

المقدمة:

حظيت دراسة التغيرات البيئية وتأثيرها على الغطاء النباتي اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين في الأعوام الأخيرة، نتيجة تعرض الكثير من المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة في العالم لهذه التغيرات، منها ارتفاع درجات الحرارة وتذبذب في كمية الأمطار الهائلة وتزايد فترة الجفاف وتكرار العواصف الغبارية، وجميع هذه الدوافع تُعد من النقاط الهامة التي تشكل نظام بيئي متخلل ذو طاقة بيولوجية محدودة، وله مردود سلبي على التنوع البيولوجي للغطاء النباتي من حيث نوعيتها وكثافتها، فضلاً عن ذلك يسبب فقدان قدرة النباتات على البقاء والاستمرار في عملية النمو على مر السنوات، ويهدف هذا البحث إلى تحليل التغيرات البيئية وانعكاساتها على الغطاء النباتي سواء كانت التغيير سلبي أو إيجابي، وإلى تحليل التغيرات التي طرأت على الغطاء النباتي بالاعتماد على المؤشر (NDVI) للغطاء النباتي. من خلال مرئيتين فضائيتين للعامين (2005 و2025) م بعد خضوعها للمعالجة الآلية وفق برنامج (GIS) يمكن مقارنة الإمدادات الزمانية لمساحات توزيع الغطاء النباتي في قضاء راوه للمدة بين (2005-2025) م، بعد ذلك يتم تحديد المناطق التي تعاني من تدهور في الغطاء النباتي لإيجاد حلول العملية وملائمة لها للحد من عملية تدهور الغطاء النباتي للمنطقة المدروسة.

مشكلة البحث:

تكمن المشكلة في رصد التغيرات البيئية لانحسار الإحيائي المتسارع للغطاء النباتي بقضاء راوه (2005-2025)، وتحديد مسؤولية المتطرفات المناخية عن هذا التدهور، كما يبحث في أثر الاحترار المناخي وعجز الأمطار والعواصف الغبارية في إحداث "انقلاب بنيوي" حول المساحات الخضراء إلى أراضٍ جرداء.

فرضية البحث:

نطلق الدراسة من فرضية مفادها أن الانحسار الهيكلي المتسارع للغطاء النباتي في قضاء راوه للفترة (2005-2025) يعود بشكل رئيس إلى الضغوط البيئية الناتجة عن المتطرفات المناخية؛ حيث أدى تصافر الاحترار المناخي وعجز الإمدادات المطرية مع كثافة العواصف الغبارية إلى تجاوز العتبات الفسيولوجية للنمو، مما أحدث انقلاباً بنيوياً في استعمالات الأراضي حول المساحات الخضراء إلى نطاقات جرداء.

اهداف البحث:

يهدف هذه البحث إلى تحليل الزمانية للتغيرات البيئية الناتجة عن تدهور كثافة الغطاء النباتي لقضاء راوه ما بين فترتين زمنيتين (2005-2025) م، باستخدام مؤشر (NDVI) لتحديد درجة قيم كثافة الغطاء النباتي، كما تسعى الدراسة إلى وضع تدبير جديد لمكافحة التغيرات البيئية وأثرها على الغطاء النباتي، بحيث تتبني إعادة التوازن البيئي بكافة جوانبها المختلفة في قضاء راوه.

أهمية البحث:

تكمن أهمية هذه البحث في معرفة التغيرات البيئية وانعكاساتها الغطاء النباتي من ناحيتي كميته ونوعيتها في قضاء راوه، لكونها من المناطق الجافة وشبه الجافة محدودة الموارد الطبيعية. مما لفت انتباه الباحثون في التعرف على هذه التغيرات البيئية التي تؤثر على الغطاء النباتي المتواجد في المنطقة، من أجل إيجاد حلول ملائمة للتقليل من هذا التأثير.

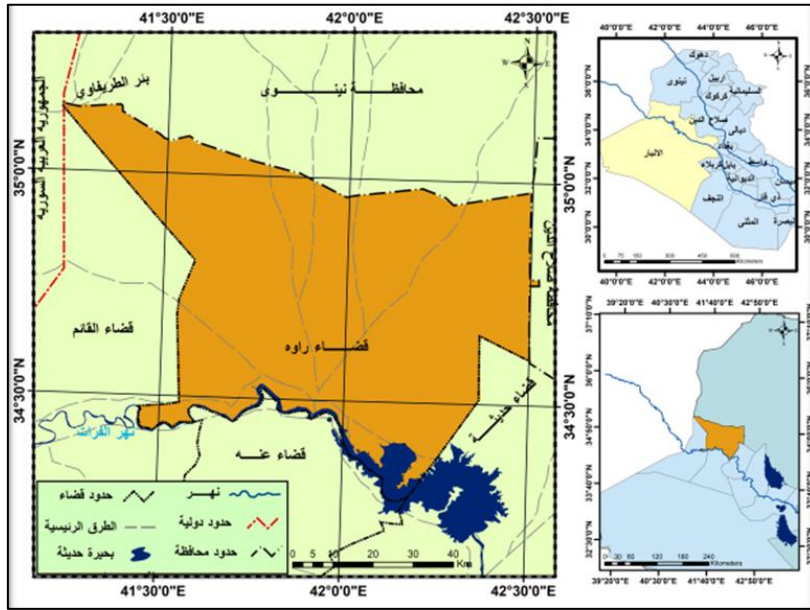
مناهج البحث وأساليبها:

أستخدم في هذا البحث المنهج التاريخي الذي يهتم بدراسة التغيرات البيئية التي حدثت على الغطاء النباتي لمدة زمنية محدودة، قد تكون ذات امداد طويلة أو قصيرة المدى، إذ تم دراسة تحديد التغيرات البيئية التي طرأت على الغطاء النباتي للرقعة المدروسة للمدة ما بين (2005-2025) م. كما استندت الباحثة أيضاً على المنهج التحليلي الذي يعمل على تحليل كثافة الغطاء النباتي (NDVI)، ويتم هذا بالاستعانة بمرئيتين للعامين (2005-2025)م للقمر (Land Sat-TM) و (Land Sat8) لغرض إجراء المقارنة ما بين السنتين للغطاء النباتي الموجود في الرقعة المدروسة، من خلالها تم بناء نموذج خرائطي، ويُعد كمدخلات لتحديد مناطق توزيع الغطاء النباتي فيها. ومن أهم الأساليب التي اتبعتها الباحثة في دراستها هو الكارتوجرافي. من خلال هذا الأسلوب يتم تحويل البيانات الرقمية إلى خرائط توزيعية عن طريقة استخدام برنامج (Arc GIS 10.2).

الموقع الجغرافي لقضاء راوه:

تشير الاحداثيات إلى أن قضاء راوه يقع فلكياً بين دائرتي عرض (34°15'30") شمالاً من جهتها الجنوبية، ودائرة عرض (35°09'00") شمالاً من جهتها الشمالية، وبين خطي طول (41°17'35") شرقاً من جهتها الغربية (42°28'53") شرقاً من جهتها الشرقية، أما بالنسبة للموقع الجغرافي لقضاء راوه فيحدها من الشمال محافظة نينوى، ومن الشرق محافظة صلاح الدين وقضاء حديثة ومن الغرب قضاء القائم ومن الجنوب قضاء عنه، كما تشير خريطة (1). وتبلغ مساحة قضاء راوه (5670) كم² من مجموع مساحة محافظة الانبار.

خريطة (1) الموقع الجغرافي لقضاء راوه



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الخريطة الإدارية للعراق بمقياس 1/1000000 والخريطة الطبوغرافية للمحافظة الانبار بمقياس 1/1000000.

المصطلحات والمفاهيم:

1- الغطاء النباتي

يُعرف الغطاء النباتي بأنه مجموعة من النباتات سواء كانت طبيعية أو مزروعة، والتي تغطي حيزاً مكانياً محدوداً، وتختلف فيما بينها من حيث توزيعها وأنماطها وكثافتها تبعاً لاستجابتها للظروف الطبيعية الملائمة لنموها كدرجات الحرارة وكمية الأمطار والتربة (فايد، 2002، صفحة 291).

2- مؤشر الغطاء النباتي

يعرف هذا المؤشر بأنه معيار رقمي يتم من خلاله تقييم مدى التدهور الذي أصاب الغطاء النباتي، نتيجة التغيرات البيئية الحاصلة بفعل عدة عوامل ومن أهمها التغيرات المناخية التي تُعد مرآة عاكسة للكثافة وتنوع الغطاء النباتي (الجصاني و حمزة، 2023، صفحة 329).

3- العواصف الغبارية

يمكن تعريفها بأنها ظاهرة جوية سائدة في الأقاليم الجافة، تنشأ نتيجة اضطراب في ميكانيكا الرياح يؤدي إلى تذبذبة ورفع الدقائق الناعمة (الغرين والصلصال) من أسطح التربة الهشة والمفككة. وتعمل هذه الظاهرة كعامل ضغط بيئي يؤثر ميكانيكياً وفسولوجياً على النظم الحيوية اعتماداً على سرعة الرياح وكثافة الحمولة العالقة (Middleton, 2019, p. 153).

4- الجفاف

حالة من الخلل الهيدرولوجي المزمّن تنتج عن قصور تراكمي في الإمدادات المطرية مقابل تصاعد قيم التبخر-النتج. ويُعد الجفاف ظاهرة مركبة تؤدي إلى استنزاف الرطوبة النسبي في التربة، مما يسبب إجهاداً أسموزياً يخل بالوظائف الحيوية للنبات ويقوض استدامة الأنشطة الزراعية (العيساوي، 2020، صفحة 15).

المبحث الأول

التحليل الجيومناخي للمتغيرات والظواهر المؤثرة في الغطاء النباتي لقضاء راوة

يُعد رصد التغيرات البيئية الطارئة على العناصر المناخية ركيزة أساسية لفهم وتحليل ديناميكية الغطاء النباتي؛ إذ تساهم التقلبات الحرارية والمطرية، إلى جانب الظواهر الجوية المتطرفة مثل العواصف الغبارية (Dust Storms) وفترات الجفاف الممتدة في تحديد الملامح البيئية للمنطقة وكفاءة خصائصها الحيوية. ويرتكز هذا التحليل على دراسة تلك المتغيرات في منطقة الدراسة وفق المحاور الآتية:

أولاً- تحليل العناصر والظواهر المناخية المتطرفة وانعكاساتها على الاستقرار الفسيولوجي للغطاء النباتي:

1. العناصر المناخية المؤثرة على الغطاء النباتي:

أ- الخصائص الحرارية العظمى والصغرى وأثارها الفسيولوجية على الغطاء النباتي:

تُعد دراسة المتغيرات الحرارية من أولويات البحث البيئي؛ لكونها المحرك الفسيولوجي الأساسي للعمليات الحيوية داخل الأنسجة النباتية، سواء في الأنظمة الطبيعية أو الأراضي الزراعية. وتؤثر القيم الحرارية المتطرفة (Extremes) صعوداً وهبوطاً بشكل مباشر في الدورة الفينولوجية (Phenological Cycle) للنبات، بدءاً من مرحلة الإنبات وصولاً إلى النضج، وإذ إن لكل فصيلة نباتية عتبات حرارية محددة (Thermal Thresholds) للنمو، فإن أي تجاوز لهذه النطاقات يؤدي إلى خلل في عمليات التمثيل الضوئي والنتج، مما قد يسبب تراجع الإنتاجية أو التدهور الإحيائي (جاسم و مطلق ، 2019، صفحة 42). يستعرض الجدول (1) تحليلاً للمعدلات الفصلية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى في محطات الرصد المختارة، متضمناً مقارنة تحليلية بين عامي (2005 و 2025) للكشف عن التوجه العام (Trend Analysis) للتغير المناخي في منطقة الدراسة:

جدول (1) التباين الفصلي والسنوي لمعدلات درجات الحرارة العظمى (م) في محطات منطقة الدراسة

للعامين (2005-2025) م

الفصول المحطات	درجات الحرارة العظمى لعام (2005) م					درجات الحرارة العظمى لعام (2025) م				
	فصل الشتاء	فصل الربيع	فصل الصيف	فصل الخريف	المعدل السنوي	فصل الشتاء	فصل الربيع	فصل الصيف	فصل الخريف	المعدل السنوي
الشعباني	18.7	33.8	43.4	34.2	32.5	19.4	34.6	44.2	35.3	33.4
الطريفايوي	19.6	27.6	42.5	34.7	31.1	20.0	28.8	43.6	35.3	31.9
الميلان	18.9	34.4	43.1	33.5	32.5	19.4	35.2	45.3	34.9	33.7

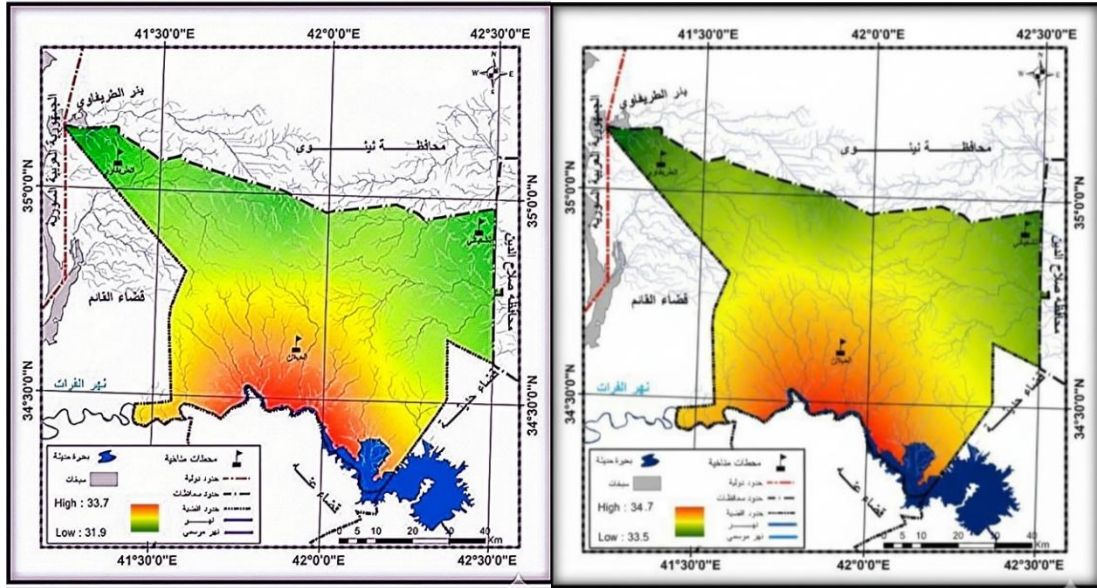
المصدر (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/, n.d.)

وتؤثر تذبذبات درجات الحرارة العظمى بشكل مباشر في العمليات الفسيولوجية للنبات؛ إذ يكشف التحليل المقارن لبيانات الجدول (1) والخرائط (2) و(3) عن تحولات ملموسة في الامتدادات الحرارية الزمانية والمكانية لمحطات منطقة الدراسة بين عامي 2005 و 2025. وبالتركيز على فصلي النمو الأساسيين (الشتاء والربيع)، نجد أن فصل الشتاء لعام (2005) م، شهد تسجيل أقصى معدل حراري في محطة الطريفايوي بواقع (19.6م°)، بينما سجلت محطة الشعباني والميلان أدنى المعدلات (18.7م° و 18.9م°) على التوالي. وبالمقارنة مع عام (2025) م، يُلاحظ ارتفاع تدريجي في القيم الحرارية الشتوية بلغت ذروتها في محطة الطريفايوي عند (20.0م°). أما في فصل الربيع، فقد سجلت محطة الميلان والشعباني أعلى القيم لعام 2005 (34.4م° و 33.8م°)، لترتفع في عام (2025) م وتصل إلى (35.2م° و 34.6م°)، مما يشير إلى اتجاه عام نحو الاحترار الموسمي في المنطقة.

تُعد درجة الحرارة العظمى المحرك الرئيس لعمليات الأيض (Metabolism) داخل الأنسجة النباتية، حيث تبلغ الكفاءة الحيوية ذروتها عند العتبة الحرارية المثلى (30م°). وتؤدي هذه الاختلالات الحرارية إلى ضغوط بيئية (Environmental Stress) تؤثر مباشرة في الكفاءة الحيوية؛ إذ يتسبب الارتفاع المستمر لما بين (35-

45م°) في احتراق القمم النامية للأوراق، وتوقف نمو المجموع الجذري، وإجهاض الثمار (Rykaczewska, 2015, p. 347). بينما يؤدي الانخفاض دون الحدود الحرجة إلى أضرار هيكلية في البروتوبلازم (سليم، 2025، الصفحات 90-91). بالاستناد إلى الخرائط (2) و(3) يظهر بوضوح تحول النطاقات الحرارية نحو الارتفاع المطرد خلال دورة النمو الرئيسية، مما يفسر تراجع الكثافة النباتية وظهور أعراض الجفاف الفسيولوجي في الرقعة المدرسة.

خريطة (2) التوزيع المكاني لمعدلات درجات الحرارة العظمى في قضاء راوة لعام (2005).
خريطة (3) التوزيع المكاني لمعدلات درجات الحرارة العظمى في قضاء راوة لعام (2025).



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات وكالة ناسا للمناخ (NASA POWER) في جدول (1)، والمعالجة الرقمية باستخدام برنامج (ArcGIS 10.8.2).

أما درجات الحرارة الصغرى فتؤدي دوراً جوهرياً في مراحل النمو الفينولوجي، إذ يتراوح النطاق الحراري الأمثل لتحمل أغلب النباتات بين (13-20م°). ويؤدي الانخفاض الحاد في هذه القيم إلى اضطرابات في البروتوبلازم، وصولاً إلى حالة الانجماد الخلوي والموت الإحيائي عند بلوغ درجات حرارة ما دون الصفر المثوي، مما يتسبب في تدهور إنتاجية الغطاء النباتي (الشواربة و الحلاق، 2012، صفحة 316).

تُظهر مراجعة البيانات في الجدول (2) والخريطتين (4) و(5) وجود تباينات واضحة في القيم الصغرى لمحطات للرقعة المدروسة خلال المدة (2005-2025) م. ففي فصل الشتاء لعام 2005، سجلت محطة الميلان والظرفاوي أدنى معدلات حرارية بواقع (-1.6م°) و(-1.5م°) على التوالي، بينما بلغت في محطة الشعباني (-1.3م°). وبحلول عام 2025 م تعمقت قيم الانخفاض الشتوي في محطة الشعباني لتصل إلى (-1.6م°).

أما على مستوى فصل الربيع، فقد أظهرت البيانات اتجاهاً نحو الارتفاع النسبي في القيم الصغرى؛ إذ سجلت محطة الميلان والشعباني (6.6م° و6.0م°) في عام 2005 م، وارتفعت إلى (7.8م° و7.2م°) في عام 2025 م. إن هذا التذبذب في القيم الصغرى، لاسيما الانخفاض تحت عتبة التجمد شتاءً، يشكل عامل ضغط بيئي يحد من كفاءة النمو النباتي ويؤدي إلى خسارة التنوع الخضري في المنطقة. وعند مقارنة هذا التدهور الهيكلي بالواقع الميداني لمنطقة الدراسة، نجد أن التباين الحاد بين درجات الحرارة المرتفعة التي تجاوزت (45م°) صيفاً، والانخفاض الملحوظ في القيم الصغرى شتاءً يزيد من حدة التطرف الحراري اليومي والموسمي؛ الأمر الذي يضعف قدرة النباتات على استعادة توازنها المائي، ويُسرّع من تدهور الخصائص الحيوية للغطاء النباتي في الرقعة المدروسة.

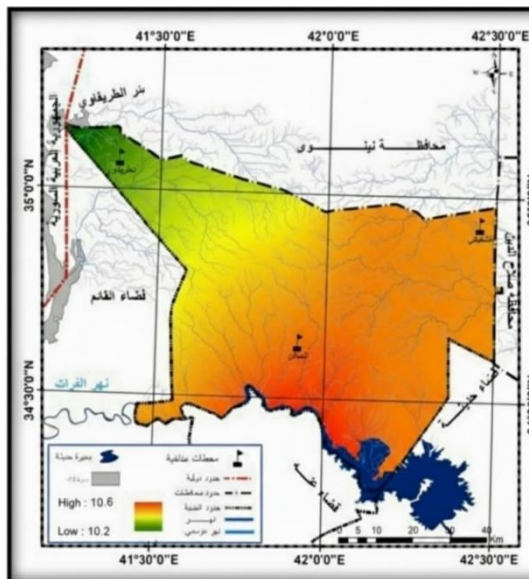
جدول (2) التباين الفصلي والسنوي لمعدلات درجات الحرارة الصغرى (م) في محطات منطقة الدراسة للعامين (2005-2025) م

درجات الحرارة الصغرى لعام (2025) م					درجات الحرارة الصغرى لعام (2005) م					الفصول المحطات
المعدل السنوي	فصل الخريف	فصل الصيف	فصل الربيع	فصل الشتاء	المعدل السنوي	فصل الخريف	فصل الصيف	فصل الربيع	فصل الشتاء	
10.2	11.1	20.9	7.2	1.6	9.8	11.3	20.5	6.0	1.3	الشعباني
10.0	10.5	21.5	6.9	1.3	9.9	10.8	21.9	5.3	1.5	الطريفايوي
10.6	10.9	22.1	7.8	1.4	10.4	11.0	22.4	6.6	1.6	الميلان

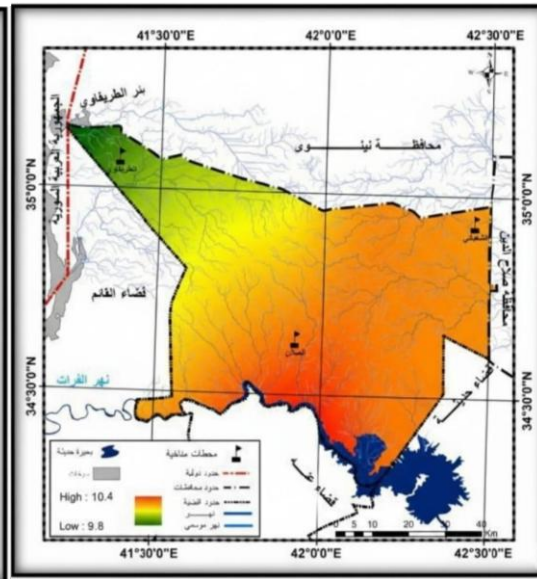
(<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>، 2025-2005 م)

ومن خلال مراجعة البيانات في الجدول (2) والخريطين (4) و(5)، نلاحظ تغيرات ملموسة في درجات الحرارة الصغرى خلال المدة (2025-2005) م؛ ففي شتاء عام (2005)، سُجّلت أدنى المعدلات في محطتي الميلان والطريفايوي بواقع (-1.6°م) و (-1.5°م) على التوالي، بينما كانت محطة الشعباني الأقل برودة بواقع (-1.3°م). أما في ربيع العام ذاته، فكانت أعلى القيم الصغرى في محطتي الميلان والشعباني (6.6°م و 6.0°م). وبالمقارنة مع عام (2025) م، يظهر اتجاه متزايد نحو التطرف الحراري؛ إذ تعمقت البرودة الشتوية في محطة الشعباني لتسجل أدنى معدل لها بواقع (-1.6°م)، بينما شهد فصل الربيع تحولاً نحو الارتفاع في درجات الحرارة الصغرى لتصل إلى (7.8°م و 7.2°م) في محطتي الميلان والشعباني. هذا التذبذب بين اشتداد برودة الشتاء واحترار الربيع يضع الغطاء النباتي تحت إجهاد فيسيولوجي حاد، مما يقلص من كفاءة دورة النمو الطبيعية.

خريطة (5) التوزيع المكاني لمعدلات درجات الحرارة الصغرى في قضاء راءة لعام (2025) م.



خريطة (4) التوزيع المكاني لمعدلات درجات الحرارة الصغرى في قضاء راءة لعام (2005) م.



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات وكالة ناسا للمناخ (NASA POWER) في جدول (2)، والمعالجة الرقمية باستخدام برنامج (ArcGIS 10.8.2).

وُثِّبت المقارنة التحليلية بين المدينتين (2025-2005) م وجود تذبذب حراري حاد في القيم الصغرى للرقعة المدروسة؛ فبينما تتجه درجات الحرارة الشتوية نحو انخفاضات أعمق تحت الصفر المئوي، تشهد حرارة الربيع ارتفاعاً نسبياً. إن هذا التباين المتطرف وتجاوز العتبات الحرجة للنمو يؤديان إلى إضعاف قدرة النبات على التكيف، ويقللان من كثافته النوعية والمجالية؛ مما يعكس بوضوح أثر التغير المناخي المحلي على استدامة النظم البيئية في الرقعة المدروسة.

الخصائص المطرية وآثارها الفسيولوجية على الغطاء النباتي:

تُعد الأمطار المحدد الهيدرولوجي الأول للعمليات الفسيولوجية داخل النبات؛ إذ يتحكم التوزيع الزمني والمكاني للهطول في كفاءة التوازن المائي للنبات ونشاطه الحيوي. ولا تقتصر القيمة البيئية للأمطار على حجمها التراكمي، بل في مدى مواعمة توزيعها الفصلي مع الفترات الحرجة لاحتياجات النبات المائية؛ حيث يؤدي تذبذب الهطول أو انقطاعه إلى اضطرابات في الضغط الأسموزي وعمليات التمثيل الضوئي، مما ينعكس سلباً على التركيب النوعي والكثافة الجغرافية للغطاء النباتي (مسعود، 2025، صفحة 353).

ومن خلال معاينة ومقارنة بيانات الجدول (3) والخرائط المطرية (6) و(7)، نلاحظ تحولات جوهرية في كميات الهطول بين عامي 2005 و2025 م؛ فبالتركيز على فصل الشتاء، سجلت المنطقة تراجعاً ملموساً في معدلاتها، حيث انخفضت في محطة الشعباني من (24.5 ملم) عام 2005 إلى (23.4 ملم) عام (2025) م، وفي محطة الطريفواي من (23.9 ملم) إلى (22.8 ملم). إن هذا التناقص المطرد يضع المنطقة ضمن نطاق الإجهاد المائي، لكونها تقع ضمن خط المطر (150 ملم) (الجيفي، 2023، صفحة 61)، مما يحد من الوظائف الفسيولوجية للمحاصيل الزراعية ويجعل البيئة مقتصرة على النباتات الرعوية الطبيعية ذات الكفاءة العالية في تحمل الجفاف الفيزيولوجي.

تتجلى الآثار الفسيولوجية لتذبذبات الأمطار في اختلال التوازن المائي داخل الأنسجة النباتية؛ إذ يؤدي التناقص المطرد في كميات الهطول -كما أظهرت بيانات المقارنة بين عامي (2005 و2025) م- إلى زيادة حدة الإجهاد الأسموزي (Osmotic Stress). هذا الإجهاد يحفز النبات على إغلاق الثغور التنفسية لتقليل النتح، مما يؤدي بالضرورة إلى خفض كفاءة عملية التمثيل الضوئي وتثبيط الانقسام الخلوي، وهو ما يفسر تراجع النمو الخضري وظهور علامات الذبول الفسيولوجي على النباتات الطبيعية والمزروعة في الرقعة المدروسة.

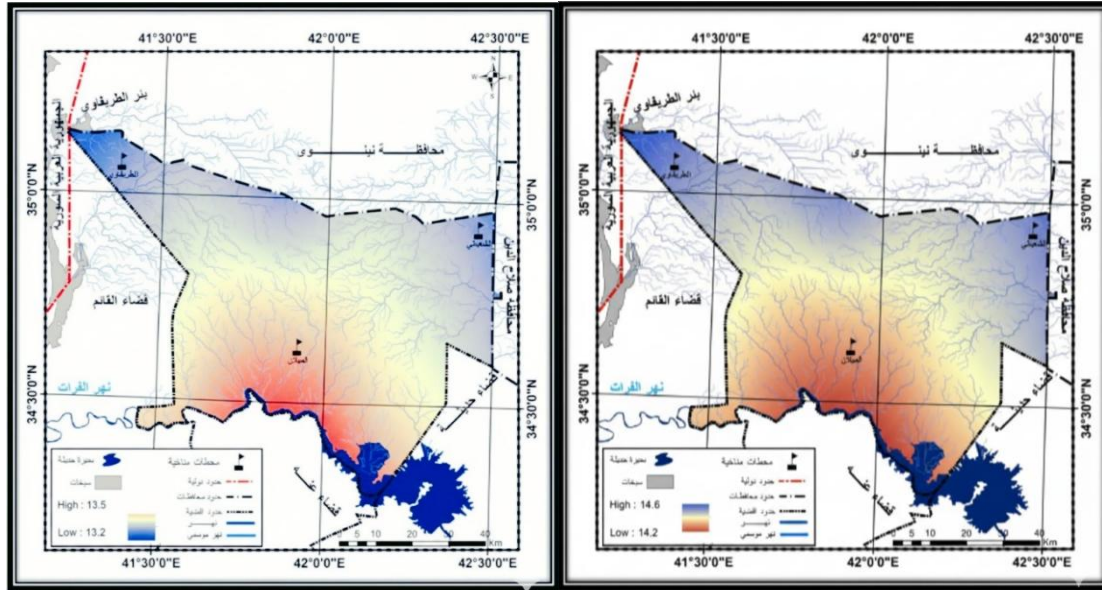
جدول (3) التباين الفصلي والسنوي لمعدلات الأمطار الساقطة (ملم) في محطات منطقة الدراسة للعامين (2005-2025) م

الفصول المحطات	الامطار لعام (2005) م					الامطار لعام (2025) م				
	فصل الشتاء	فصل الربيع	فصل الصيف	فصل الخريف	المعدل السنوي	فصل الشتاء	فصل الربيع	فصل الصيف	فصل الخريف	المعدل السنوي
الشعباني	24.5	11.6	-----	7.4	14.5	23.4	10.7	-----	6.2	13.4
الطريفواي	23.9	11.4	-----	8.4	14.6	22.8	10.3	-----	6.5	13.2
الميلان	23.8	11.4	-----	7.5	14.2	23.3	10.6	-----	6.7	13.5

المصدر: (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/, n.d.)

نستنتج من التحليل المكاني والزمني أن تراجع معدلات الأمطار الشتوية بنسب متفاوتة بين محطات المنطقة، مع وقوعها ضمن خط الهطول (150 ملم)، قد نقل المنطقة من نطاق التذبذب المطري إلى نطاق "الإجهاد المائي المستدام". وهذا التحول يفرض واقعاً بيئياً جديداً يؤدي إلى تدهور الكثافة النوعية للغطاء النباتي، ويحول المنطقة تدريجياً إلى بيئة طاردة للزراعة المستقرة، ومقتصرة على الأنماط النباتية المقاومة للجفاف (Xerophytes) التي تمتلك تكيفات فسيولوجية خاصة للنمو في ظروف الندرة المائية.

خريطة (6) التباين المكاني لكميات الأمطار الساقطة في قضاء راوة لعام (2005) م.
خريطة (7) التباين المكاني لكميات الأمطار الساقطة في قضاء راوة لعام (2025) م.



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات وكالة ناسا للمناخ (NASA POWER) في جدول (3)، والمعالجة الرقمية باستخدام برنامج (ArcGIS 10.8.2).

2. الظواهر المناخية المتطرفة المؤثرة على الغطاء النباتي:

أ- العواصف الغبارية وآثارها الفسيولوجية على الغطاء النباتي:

تُصنف العواصف الغبارية كأحدى أبرز التحديات البيئية في المناطق الجافة وشبه الجافة؛ إذ تساهم الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة، المتمثلة في الارتفاع المطرد لدرجات الحرارة وعجز الهطول المطري، في تنشيط التذرية الريحية وزيادة حدة هذه الظواهر (الصبيحي و الشمري، 2022، صفحة 121). تكشف القراءة التحليلية لبيانات الجدول (4) عن تباين مكاني وزماني واضح في تكرار الظواهر الغبارية بنماذجها الثلاثة (العواصف الترابية، الغبار المتصاعد، الغبار العالق) بين عامي 2005 و 2025 م، ويمكن استقراء النتائج وفق الآتي:

❖ **العواصف الترابية (Dust Storms):** سجلت هذه الظاهرة أعلى معدلات تكرارها خلال فصل الربيع، وتحديداً في شهر نيسان؛ إذ ارتفعت من (20.7%) عام (2005) م إلى (21.6%) عام (2025) م. ويُعزى هذا التركيز الزمني إلى نشاط المنخفضات الجوية الحركية وتفكك التربة السطحية في ظل تناقص الغطاء النباتي.

❖ **الغبار المتصاعد (Blowing Dust):** أظهرت البيانات اتجاهًا تصاعدياً في فصل الصيف، حيث بلغت ذروتها في شهر حزيران بواقع (18.4%) لعام (2025) م مقارنة بـ (17.3%) لعام (2005) م. ويرتبط هذا الارتفاع بالنشاط الحراري العالي للرياح الشمالية الغربية (السموم) التي تعمل على إثارة الأتربة في ظل بيئة جافة وهشة.

❖ **الغبار العالق (Suspended Dust):** سجل شهر أيار أعلى نسب تكرار لهذه الظاهرة، حيث ارتفعت من (16.1%) عام (2005) م لتصل إلى (16.5%) عام (2025) م؛ مما يشير إلى زيادة زمن بقاء الدقائق الغبارية في الجو نتيجة الاستقرار النسبي في طبقات الجو العليا بعد انحسار العواصف الرئيسية، وهو ما يطيل مدة تعرض النباتات للإجهاد الضوئي.

تتجسد الانعكاسات الفسيولوجية لهذه الظواهر المفاجئة على المنظومة الحيوية للنبات من خلال مسارين رئيسيين؛ الأول ميكانيكي: ناتج عن تراكم الجزيئات الصلبة على المسطحات الورقية، مما يسبب انسداد الثغور التنفسية (Stomata) وإعاقة التبادل الغازي، فضلاً عن التأثير الكيميائي للملوثات المرتبطة

بتلك الدقائق. أما المسار الثاني فهو ضوئي: ناجم عن تشتيت وحجب الإشعاع الشمسي، مما يؤدي إلى انخفاض معدلات التمثيل الضوئي (Photosynthesis)، ومن ثم تراجع المرودية الحيوية وتدهور كفاءة الإنتاج في الغطاء النباتي (سلامة، 2010، صفحة 422).

جدول (4) التباين الزمني للنسب المئوية لتكرار الظواهر الغبارية في الرقعة المدروسة للعامين (2005

- 2025) م

العواصف الغبارية لسنة (2025) م			العواصف الغبارية لسنة (2005) م			الاشهر
غبار علق %	غبار متصاعد %	العواصف الترايبية %	غبار علق %	غبار متصاعد %	العواصف الترايبية %	
1	1.1	3.6	1.2	1.4	3.5	كانون الثاني
4.2	2.7	2	5	3.2	1.8	شباط
6.1	6.3	8.5	6.3	6.5	7.8	آذار
13.5	11.9	21.6	12.7	11.1	20.7	نيسان
16.5	13.8	19.1	16.1	14.4	18.2	أيار
14.6	18.4	12	14.1	17.3	11.5	حزيران
13.1	17.2	3.8	13	16.6	3.9	تموز
12.5	11	3.6	12	11.2	3.8	أب
10.2	6.7	9.2	11.2	5.9	9	أيلول
6.3	5	7.3	6.4	5.7	7.5	تشرين الاول
1.3	4.5	5.5	1.2	5.1	5	تشرين الثاني
0.7	1.4	3.8	0.8	1.6	7.3	كانون الاول
100	100	100	100	100	100	المجموع

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على (جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بغداد، (2025) م بيانات غير منشورة).

ب- تحليل مؤشرات الجفاف وانعكاساتها الفسيولوجية على الغطاء النباتي:

تُصنف ظاهرة الجفاف كإحدى أكثر الأزمات المناخية تعقيداً وتأثيراً في النظم البيئية؛ إذ تنشأ نتيجة العجز التراكمي في معدلات الهطول المطري لفترات زمنية ممتدة. وتتضاعف حدة هذه الظاهرة عند تعاقب المواسم الجافة، لا سيما في الأقاليم الجافة وشبه الجافة التي تعاني من اختلال التوازن الهيدرولوجي نتيجة الارتفاع المطرد في درجات الحرارة وتنامي قيم التبخر؛ مما يؤدي إلى استنزاف رطوبة التربة ونقص المخزون المائي. وينعكس ذلك فسيولوجياً في عجز النبات عن تلبية احتياجاته المائية، مما يؤول إلى تدهور الكثافة النباتية وانحسار التنوع الإحيائي (Spinoni, et al., 2023, pp. 251-253).

ونظراً لأهمية دراسة الجفاف الناتج عن التفاعل بين الارتفاع الحراري وانخفاض الهطول المطري، فقد تم اعتماد معايير كمية دقيقة لتقييم مستويات الإجهاد البيئي. وفي هذا السياق اعتمدت الباحثة على معامل الجفاف (D) المقترح من منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO)؛ لكونه من أكثر المؤشرات كفاءة في ربط العجز المائي بالحالة المناخية. وتتمثل الصياغة الرياضية للمعادلة وفقاً لمعايير (FAO, 2023, p. 17).

$$D = \frac{P}{ETO}$$

معطيات المعادلة:

P = تمثل البيانات المناخية الشهرية لمعدلات الامطار الهاطلة مقدره بـ (مم).

ETO = تمثل قيم المعدلات السنوية لكمية التبخر- النتج، والتي تم استخراجها بواسطة أداة تسمى بـ (ETO Calculator) التي تم تطويرها من قبل المنظمة العالمية الفاو (FAO). ويمكن تنصيب هذا البرنامج في الحاسبة. يمكن تقسيم نتائج معامل الجفاف (D) إلى ستة أصناف من الأقاليم المناخية لقياس شدة الجفاف. كما موضح في الجدول (5).

جدول رقم (5) تصنيف مستويات الجفاف وفق مؤشرات معامل (D)

قيم مؤشرات معامل (D)	أقل من 0.030	0.20-0.030	0.50-0.21	0.70-0.51	1-0.071	أكبر من 1
تصنيف الأقاليم المناخية	جفاف شديد	جاف	شبه جافة	شبه رطبة	رطبة	مبللة

(جبور، 2003، صفحة 48)

تُشير المعطيات التحليلية الواردة في الجدول (6) إلى تباين مكاني وزماني واضح في قيم معامل الجفاف (D) ضمن الرقعة المدروسة؛ إذ كشفت النتائج عن هيمنة الخصائص المناخية (الجافة وشبه الجافة) خلال فصلي الربيع والخريف لجميع المحطات. ورغم الأهمية الحيوية لفصل الربيع في دعم الدورة الفينولوجية للغطاء النباتي، إلا أن قيم المعامل أثبتت تعرض المنطقة لموجات جفاف متواترة حدّت من الفاعلية البيئية لهذا الفصل، مما يعكس حالة عدم الاستقرار المطري والتذبذب المناخي الحاد في الرقعة المدروسة.

تُظهر النتائج التحليلية هيمنة واضحة للمناخ الجاف وشبه الجاف على كافة محطات منطقة الدراسة خلال فصلي الربيع والخريف. فبالرغم من الأهمية الفينولوجية لفصل الربيع، إلا أن انخفاض قيم المعامل إلى مستويات حرجة (0.03 - 0.20) يؤكد تعرض الغطاء النباتي لإجهاد مائي حاد. وفي المقابل، يسجل شهر شباط ذروة التحسن بمقدار (0.63)، مما يضع المنطقة ضمن النطاق 'شبه الرطب' مؤقتاً، قبل الدخول في مرحلة العجز الصيفي المطلق (0.00) التي تفرض سيادة الجفاف التام.

تؤكد النتائج المستخلصة من تطبيق معامل (D) وقوع منطقة الدراسة تحت تأثير تحول مناخي نحو النطاق الجاف، نتيجة الاختلال الجوهرى في التوازن بين تصاعد القيم الحرارية وتراجع كفاءة الهطول المطري. إن هذا التباين في العناصر المناخية يُصنف المنطقة ضمن الأقاليم الجافة وشبه الجافة، مما يشير بوضوح إلى تنامي ظاهرة التصحر المناخي (Climatic Desertification). وقد انعكس هذا الواقع سلباً على المنظومة الحيوية من خلال تدهور الغطاء النباتي نتيجة عجز الإمدادات المائية عن تلبية متطلبات النمو الفسيولوجي، فضلاً عن الآثار الهيدرولوجية المتمثلة في نضوب واستنزاف مياه الآبار الجوفية؛ مما فرض تحديات حادة على النشاط الزراعي دفعت بالمزارعين إلى البحث عن مصادر مائية بديلة لتعويض تناقص إنتاجية الآبار.

جدول رقم (6) مؤشرات الجفاف للمحطات المناخية المنطقة المدروسة وفقاً لقيم معامل (D)

محطة المناخية الشعباني												
الاشهر	كانون الثاني	شباط	أذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	أب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول
الامطار(مم)	28.3	24.3	11.0	12.4	5.7	0.0	0.0	0.0	5.2	6.7	13.3	12.7
التبخّر(مم)	43.7	56.9	70.8	100.6	130.1	154.3	167.1	166.3	145.5	116.7	72.2	51.3
معامل (D)	0.56	0.63	0.15	0.20	0.03	0.00	0.00	0.00	0.4	0.06	0.16	0.28
محطة المناخية الطريقاوي												
الاشهر	كانون الثاني	شباط	أذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	أب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول
الامطار(مم)	28.4	24.2	11.2	12.4	5.7	0.0	0.0	0.0	5.4	6.4	13.5	12.7
التبخّر(مم)	39.8	48.1	71.9	102.3	128.8	151.5	163.4	163.1	143.2	116.4	72.4	45.7
معامل (D)	0.41	0.62	0.16	0.19	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.18	0.27

محطة المناخية الميلا												
الاشهر	كانون الثاني	شباط	أذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	أب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول
الامطار(مم)	17.5	33.8	10.6	10.7	17.5	3.5	0.0	0.0	4.3	5.8	12.6	11.8
التبخّر(مم)	44.3	54.7	71.8	102.2	129.4	150.8	160.1	143.2	115.8	71.7	43.1	43.1
معامل (D)	0.41	0.62	0.16	0.18	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06	0.18	0.27

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على معامل (D) في جدول (5) وعلى البيانات المناخية للمنطقة من مواقع <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>, n.d

ثانياً- خصائص التربة وآثارها على التنوع النوعي للغطاء النباتي في الرقعة المدروسة
تُشكل التربة في الرقعة المدروسة نظاماً فيزيو-كيميائياً معقداً، وتمثل نطاقاً بينياً (Interface Zone) للتفاعلات الوظيفية بين الأغلفة الصخرية، والجوية، والحيوية. وبنوياً تُعد هذه التربة نتاجاً لعمليات تجوية (Weathering) مكثفة للصخر الأم، أفرزت مزيجاً غير متجانس يدمج بين المكونات المعدنية (الرمل، الغرين، والطين) والمادة العضوية (Humus) (الراوي، 2000، صفحة 42)؛ حيث تخضع كفاءتها الوظيفية للمؤثرات الهيدرولوجية والتهوية المسامية، مما يمنح كل نمط خصائص مورفولوجية متفردة تحت تأثير المحددات المناخية السائدة. واستناداً إلى معايير منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO) (FAO W. R., 2014, p. 85)، تم تصنيف النطاق البيئي للرقعة المدروسة إلى ثلاثة أصناف رئيسية، تتباين في توزيعها المكاني وديناميتها البنيوية كما توضحها المعطيات الإحصائية في الجدول (7) والخريطة (8)، ويُظهر التحليل المورفو-ديناميكي ارتباطاً وظيفياً وثيقاً بين خصائص التربة والتركيب النوعي للغطاء النباتي وفقاً للاتي (IUSS, pp. 153-163):

1. التربة الفيضية الكلسية (Calcic Fluvisols - Je):

تنتشر في النطاقات الرسوبية المحاذية لمجرى نهر الفرات، بمساحة قدرها (169.2 كم²)، أي ما يعادل (3.0%) من إجمالي الرقعة المدروسة وفقاً للمعطيات الجدول (7)، وتتميز جينياً بتكوينها من الرواسب الغرينية النهرية الحديثة (Recent Alluvial Deposits)، مما خلق بيئة ذات كفاءة معدنية ورطوبة عالية. وانعكس هذا الاستقرار الهيدرو-بدولوجي في دعم غطاء نباتي كثيف ودائم (Perennial Vegetation) بكتلة حيوية مرتفعة، لا سيما في الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية التي تظهر كأكثر النطاقات حيوية وإنتاجية، وفقاً للخريطة (8).

2. التربة الصحراوية الكلسية (Calcic Yermosols Yk):

يرتبط توزيعها بضوابط طوبوغرافية واضحة؛ إذ تتركز في المناطق الانتقالية (أقدام الجبال والتلال) التي تفصل بين السهل الفيضي جنوباً والهضبة الصحراوية شمالاً، كما هو مبين في الخريطة (8). وتؤدي معدلات الانحدار الحادة في هذه النطاقات، والتي تتجاوز (30%)، إلى تسريع عمليات التعرية الميكانيكية (Denudation). وتشغل هذه التربة مساحة (471.1 كم²) بنسبة (8.3%) من إجمالي مساحة الرقعة المدروسة. كيميائياً، يهيمن الأفق الكلسي على بنيتها، مما يجعلها بيئة هشة تدعم نمطاً حيوياً متذبذباً تسود فيه النباتات الحولية (Ephemerals) سريعة الاستجابة للأمطار، مع ضعف في استدامة الكساء الخضري وقدرة محدودة على الاحتفاظ بالمياه.

3. التربة الصحراوية الجبسية (Gypsic Yermosols - Yy):

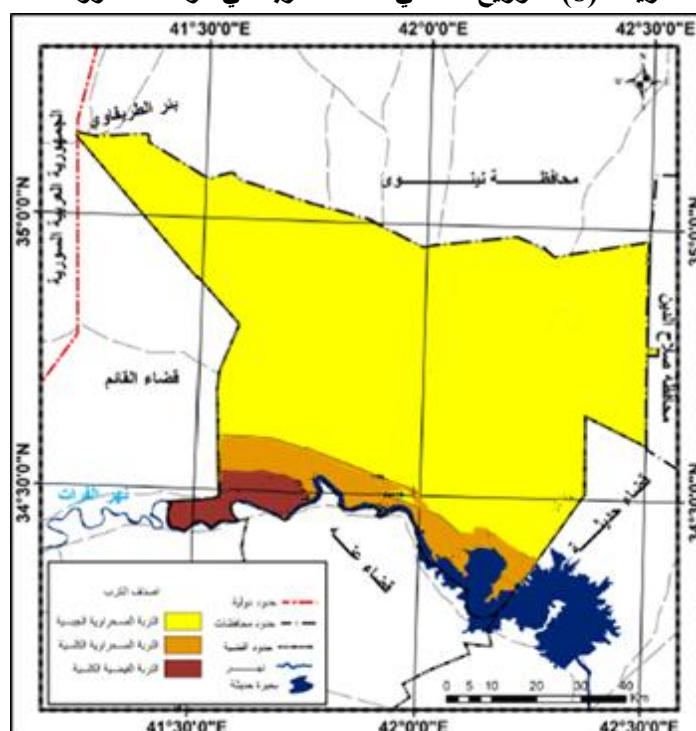
يُعد هذا النمط الأكثر سيادة وانتشاراً، حيث يغطي الهضبة الصحراوية الواسعة الممتدة شمالاً وغرباً، كما تُظهر الخريطة (8) والبيانات الرقمية في الجدول (7) باستحواذها على (88.7%) من المساحة الكلية بواقع (5030 كم²). تطورت هذه التربة في ظروف شديدة القحولة، مما أدى إلى تشكل أفق جبسي عميق (50-125 سم). يمثل هذا المحتوى الملحي محدداً فسيولوجياً حرجاً أدى لسيادة النباتات "المحبة للجبس" (Gypsophiles) المتكيفة مع الضغط الأسموزي العالي. وبالرغم من فقرها العضوي، إلا أن النطاقات التي يتجاوز عمقها (70 سم) تتيح آفاقاً للاستغلال الزراعي المعتمد على الآبار، مع بقاء النشاط الرعوي هو النمط الأكثر توافقاً مع خصائصها.

جدول (7) التحليل الإحصائي والمكاني لأنماط التربة وعلاقتها بالغطاء النباتي في الرقعة المدروسة

نمط التربة حسب تصنيف (FAO)	الرمز الدولي	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية (%)	النمط الحيوي المرتبط (BIOTIC PATTERN)
التربة الفيضية الكلسية	Jc	169.2	3.0	غطاء نباتي دائم (Perennial) وكتلة حيوية عالية
التربة الصحراوية الكلسية	Yk	471.1	8.3	نباتات حولية (Ephemerals) واستجابة موسمية
التربة الصحراوية الجبسية	Yy	5,030	88.7	نباتات أليفة للجيبس (Gypsophiles) متفرقة
المجموع		5670	100	

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الخريطة (8) باستخدام برنامج (ArcGIS V.10.8).

خريطة (8) التوزيع المكاني لأنماط التربة في الرقعة المدروسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات خريطة تربة العالم الرقمية (FAO)، والمعالجة الرقمية باستخدام برنامج (ArcGIS V.10.8).

ثالثاً- التحليل الجيومكاني لديناميكية استعمالات الأراضي وأثرها على الغطاء النباتي

أن تحليل أنماط استعمالات الأراضي وانعكاساتها الديناميكية على الغطاء النباتي ضمن منطقة الدراسة، وذلك استناداً إلى مخرجات التصنيف الموجه (Supervised Classification). وقد أظهرت نتائج المعالجة الرقمية تصنيف الرقعة المدروسة إلى خمس أصناف مكانية رئيسية، كما يجسدها الجدول (7) والخرائط (8) و(9). وتكشف لنا مقارنة البيانات للفترة الزمنية المحددة بين عامين (2005-2025) م عن التغيرات البنوية الواضحة للغطاء الأرضي، إذ سُجل انتكاس ملحوظ لدى المساحات الرعوية والزراعية مقابل توسع مطرد في الأراضي الجرداء، مما يشير إلى تزايد الضغوط البيئية أدت إلى تدهور الغطاء النباتي خلال العامين. بناءً على تحليل الأرقام الواردة في جدول (8) وخريطة (9) و(10)، يمكن إيجاز النقاط التالية:

- 1 اتساع الأراضي الجرداء: سجلت الأراضي الجرداء نمواً متسارعاً ضمن الرقعة المدروسة، حيث ازدادت من (3540.3) كم²، بنسبة (62.4) % من إجمالي المساحة للرقعة المدروسة للعام (2005) م، وتصل مساحتها إلى (4220.3) كم² بنسبة (74.4) % من إجمالي المساحة للرقعة المدروسة للعام (2025) م، ومقدار التغير (680) كم²، وتكون هذه الزيادة للأراضي الجرداء مرآة عاكسة للتدهور الذي أصاب

خصائص التربة بنوعها (الفيزيائية والكيميائية)، كما تعرضت المنطقة إلى الرعي الجائر من جهة والجفاف من جهة أخرى، مما أدى إلى فقدان الغطاء النباتي مما نتج عنه اتساع ظاهرة التصحر.

2 **انحسار الأراضي الرعوية:** جاءت الأراضي الرعوية في المرتبة الثانية من حيث المساحة، إلا أنها شهدت تراجعاً ملحوظاً، بعد أن كانت تشغل مساحتها (1932.7) كم²، بنسبة (34.1) % لعام (2005) م، وانكسرت مساحتها إلى (1261.2) كم²، بنسبة (22.2) %، لعام (2025) م، وبمقدار التغير (-) 671.5 كم²، ويُعزى هذا التدهور في الأراضي الرعوية بشكل مباشر وتحويلها إلى صنف الأراضي المتروكة (الأراضي الجرداء) إلى التغيرات البيئية واختلال توازن النظام البيولوجي.

3 **تراجع النشاط الزراعي:** أظهرت النتائج التي وردت في جدول (7) انكماشاً لمساحة الأراضي الزراعية أثناء الفترة الزمنية المدروسة (2005-2025) م، وصلت مساحتهما (93.1-99.5) كم²، بنسبة (1.8-1.6) % على التوالي، مقدار التغير (-) 6.4 كم²، ويُعد هذا التراجع مؤشراً سلبياً يشير إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل الزراعية ونتيجة تكرار سنوات الجفاف التي تعرضها الرقعة المدروسة وشحة مواردها المائية.

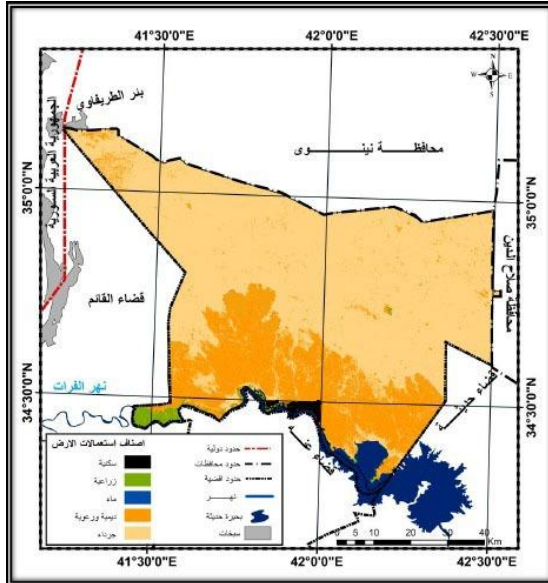
4 **الاستقرار النسبي للمساحات السكنية والمائية:** اختلاف الديناميكية المكانية المتفاقمة التي رصدتها الدراسة للغطاء النباتي. شهدت المناطق السكنية (العمرائية) والمساحات المائية استقراراً مورفولوجياً ملموساً مع تباينات طفيفة تفتقر للدلالة الإحصائية. إذ تشغل المساحة العمرانية (16.7) كم²، بنسبة (0.3) % لعام (2005) م، واتسعت مساحتها إلى (17.3) كم²، بنسبة (0.3) %، لعام (2025) م، ومقدار التغير (0.6) كم²، وفي حين كانت المساحات المائية تشغل مساحتها (80.8) كم²، بنسبة (1.4) % لعام (2005) م، فقد انخفضت مساحتها إلى (78.1) كم²، بنسبة (1.4) %، لعام (2025) م، ومقدار التغير (-) 2.7 كم²، أثبتت هذه النتائج أن التغير الجوهري في الرقعة المدروسة هو التحول من أراضي رعوية إلى أراضي جرداء، وأن التوسع العمراني ليس له دور فعال في هذا التغير. أن العامل السائد المسبب لهذا التغير هو الخصائص المناخية وتدهور النظم الحيوية التي تساهم في تكوين المشهد الأرضي الحالي.

جدول (8) توزيع مساحات ونسب ومقدار التغير لأصناف استعمالات الأراضي للرقعة المدروسة خلال الفترة (2005-2025) م.

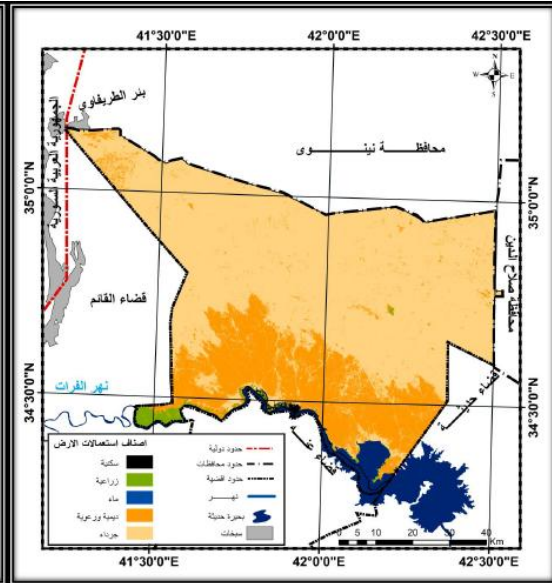
أصناف استعمالات الأراضي	عام (2005) م		عام (2025) م		مقدار التغير كم ²
	المساحة (كم ²)	%	المساحة (كم ²)	%	
الأراضي السكنية	16.7	0.3	17.3	0.3	0.6
الأراضي الزراعية	99.5	1.8	93.1	1.6	6.4-
الأراضي الرعوية	1932.7	34.1	1261.2	22.2	671.5-
الأراضي الجرداء	3540.3	62.4	4220.3	74.4	680
المساحات المائية	80.8	1.4	78.1	1.4	2.7-
المجموع الكلي	5670	100.0	5670	100.0	0

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الخريطين (2)(3) باستخدام برنامج (GIS).

خريطة (10) تصنيف استعمالات الاراضي
للرقعة المدروسة لعام (2025م)



خريطة (9) تصنيف استعمالات الاراضي للرقعة
المدروسة لعام (2005 م)



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على المرئية الفضائية (Landsat8) ذات دقة (30)م بتاريخ 09/04/2005 وتاريخ 31/03/2005 باستخدام برنامج (ARM MAP).

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على المرئية الفضائية (Landsat8) ذات دقة (30)م بتاريخ 09/04/2025 وتاريخ 31/03/2025 باستخدام برنامج (ARM MAP).

المبحث الثاني التوزيع الزمني والمكاني للغطاء النباتي لقضاء راوه

تحليل الغطاء النباتي في قضاء راوه لفترتين زمانيتين (2025-2005) م

تنبثق أهمية دراسة الغطاء النباتي بشقفة المزرع والطبيعي، بكونه ركيزة أساسية في تحقيق التوازن البيئي، وتعد مرآة تعكس فيها الظروف الطبيعية والمناخية السائدة في المنطقة خصوصاً المناطق التي تقع ضمن الأقاليم جافة وشبه جافة، غالباً ما تتعرض تلك المناطق إلى تغير مستمر نتيجة أسباب عدة منها طبيعية وأخرى بشرية في آن واحد. (العبدلي، 2023، صفحة 15).

وتعتمد هذه الدراسة على مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) كمعيار أساسي لرصد الكفاءة الإحيائية، من خلال معالجة المرئيات الفضائية للقمرين (Landsat 5-TM) و(Landsat 8-OLI) للأعوام (2005، 2015، و2025) م، وباستخدام برمجية (ArcGIS) لإجراء التحليل المكاني والمطابقة الرقمية (Overlay Analysis). للرقعة المدروسة، كما يبين جدول (9).

جدول (9) أصناف كثافة الغطاء النباتي حسب مساحتها ونسبتها المئوية ومعدل التغير للفترات والرقعة المدروسة للمدة (2025- 2005) م

مقدار التغير (2015-2025) م	عام (2025) م		معدل التغير للفترة (2005-2015) م	عام (2015) م		عام (2005) م		المعطيات الظواهر الطبيعية	مؤشرات ((NDVI))
	النسبة %	المساحة كم ²		النسبة %	المساحة كم ²	النسبة %	المساحة كم ²		
0.5-	1.20	70	0.5-	1.30	75	1.4	80.0	المسطحات المائية	-0.8 0.13
13.51	59.10	3350.2	13.45	56.70	3215.1	54.3	3080.6	أراضي جرداء	-0.13 0.07
9.53-	32.80	1860	9.52-	34.50	1955.3	36.2	2050.5	ذات غطاء نباتي ضعيف	-0.07.1 0.16

مقدار التغير (2015-2025) م	عام (2025) م		معدل التغير للفترة (2005-2015) م	عام (2015) م		عام (2005) م		المعطيات الظواهر الطبيعية	مؤشرات ((NDVI))
	النسبة %	المساحة كم ²		النسبة %	المساحة كم ²	النسبة %	المساحة كم ²		
1.45-	3.50	200.5	1.43-	3.80	215	4.1	229.3	ذات غطاء نباتي متوسط	- 0.16.0 0.29
2.03-	3.40	189.3	2-	3.70	209.6	4.0	229.6	ذات غطاء نباتي كثيف	- 0.29.1 0.813
	100	5670		100	5670	100	5670	المجموع الكلي	

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على خريطة (11) باستخدام برنامج (GIS).

استناداً إلى تحليل المرئيات الفضائية لمؤشر (NDVI) والمطابقة المكانية عبر برنامج (ArcMap) أظهرت النتائج تبايناً ديناميكياً بين المسطحات المائية والأراضي الجرداء وكثافة الغطاء النباتي. تشير مقارنة بيانات الجدول (9) والخريطة (11) للأعوام 2005، 2015، و2025 م إلى تغيرات جوهرية في الرقعة المدروسة، وتتمثل أهم النتائج التحليلية كالآتي:

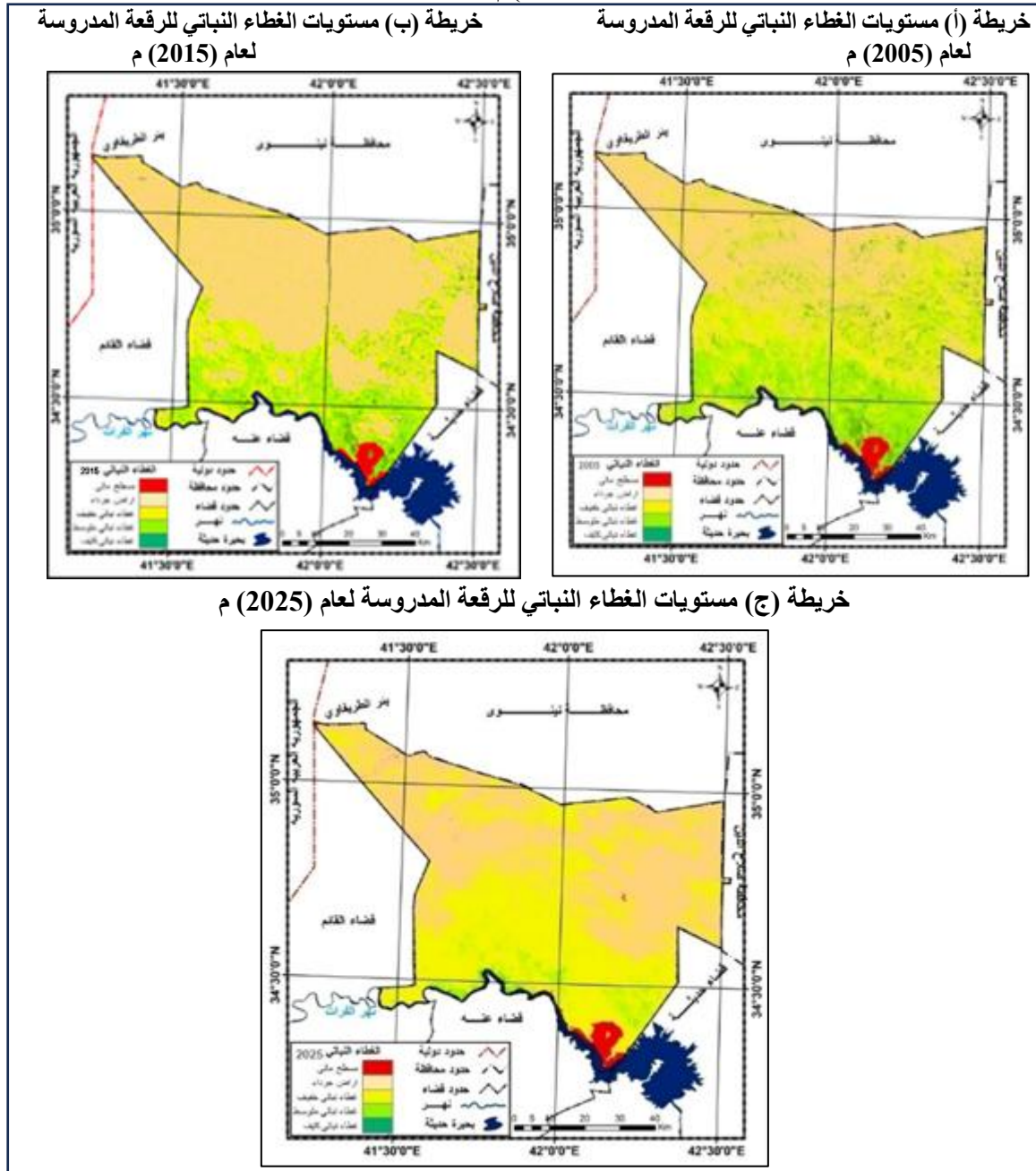
1- كشفت مقارنة المسطحات المائية للرقعة المدروسة للأعوام (2005، 2015، 2025) م، بالاستناد إلى نتائج جدول (9)، عن وجود عجز مائي (هيدرولوجي) ملموس في الرقعة المدروسة؛ فقد بلغت المساحة المائية عام (2005) م حوالي (80.0) كم² بنسبة (1.4%)، من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة، ثم شهدت تراجعاً طفيفاً لعام (2015) م لتصل إلى (75) كم² بنسبة (1.30%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة بمعدل تغير سنوي (-0.5) كم²/سنة، وصولاً إلى أدنى مستوياتها عام (2025) م بمساحة (70) كم² بنسبة (1.20%) وبمعدل تغير سنوي (-0.5) كم²/سنة، هذا الانحدار التدريجي يؤكد نقص الإمدادات المائية في الرقعة المدروسة، مما انعكس سلباً على التوازن البيئي والمردود الحيوي للغطاء النباتي واختلال توزيعه المكاني.

2- أظهرت المعالجة الرقمية أن الأراضي الجرداء تشكل النطاق الأوسع في الرقعة المدروسة للأعوام المختارة (2005، 2015 و2025) م، وفي حالة تمدد مستمر؛ حيث بلغت مساحتها عام (2005) م حوالي (3080.6) كم² بنسبة (54.3%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة، ثم ارتفعت عام (2015) م لتصل إلى (3215.1) كم² بنسبة (56.70%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة بمعدل تغير سنوي (13.45) كم²/سنة، واستمرت في الزيادة حتى وصلت عام 2025 إلى (3350.2) كم² بنسبة (59.10%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة بمعدل تغير سنوي (13.51) كم²/سنة، ويرتبط هذا التوسع الملحوظ بتذبذب وتدني معدلات الهطول المطري، مما ساهم في تسارع ظاهرة التصحر وانكماش البيئة النباتية.

3- شهدت الرقعة المدروسة تدهوراً في كافة أصناف الغطاء النباتي (ضعيف، متوسط، كثيف) نتيجة التغيرات البيئية؛ حيث انخفضت مساحة الغطاء النباتي الضعيف من (2050.5) كم² بنسبة (36.2%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة لعام (2005) م، لتصل إلى (1955.3) كم² بنسبة (34.50%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة لعام (2015) م بمعدل تغير سنوي (-9.52) كم²/سنة، وصولاً إلى (1860) كم² بنسبة (32.80%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة عام (2025) م بمعدل تغير سنوي (-9.53) كم²/سنة. كما تراجع الغطاء المتوسط من (229.3) كم² بنسبة (4.1%) عام (2005) م إلى (215) كم² بنسبة (3.80%) عام (2015) م بمعدل تغير سنوي (-1.43) كم²/سنة، ثم إلى (200.5) كم² بنسبة (3.50%) لعام (2025) م بمعدل تغير سنوي (-1.45) كم²/سنة. وسجل الغطاء الكثيف انخفاضاً من (229.6) كم² بنسبة (4.0%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة لعام (2005) م إلى (209.6) كم² بنسبة (3.70%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة لعام (2015) م بمعدل تغير سنوي (-2) كم²/سنة، لينتهي عند (189.3) كم² بنسبة (3.40%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة لعام (2025) م بمعدل تغير سنوي (-2.03) كم²/سنة. هذا التناقص الشامل في المساحات والنسب يؤكد أن المنطقة تعاني من تدهور بيئي مستمر ناتج عن التغيرات المناخية والاستغلال غير المستدام للموارد الطبيعية.

تؤكد نتائج الاستشعار عن بُعد أن منطقة الدراسة تمر بمرحلة تدهور بيئي حرجة، حيث أدى انخفاض الإمدادات المائية وتوسع الأراضي الجرداء التي باتت تهيمن على نحو (59.1%) من المساحة الرقعة المدروسة إلى اضمحلال المساحات الخضراء، مما يستوجب وضع استراتيجيات عاجلة لإعادة التأهيل البيئي والحد من ظاهرة التصحر.

خريطة (11) التغير الزمني والمكاني لمستويات الغطاء النباتي في الرقعة المدروسة للأعوام (2005، 2015، 2025) م



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على القمر الصناعي (Landsat 5) باستخدام المستشعر (TM)، بتاريخ التقاط 2005/03/15م باستخدام برنامج (ArcGIS10.8) وبالاعتماد على القمر الصناعي (Landsat 8) باستخدام المستشعر (OLI)، بتاريخ التقاط 2015/03/20م باستخدام برنامج (ArcGIS10.8)، وبالاعتماد على القمر الصناعي (Landsat 9) باستخدام المستشعر (OLI-2)، بتاريخ التقاط 2025/03/18م باستخدام برنامج (ArcGIS10.8).

الاستنتاجات:

- 1- كشفت المعطيات المناخية المحللة عن دور محوري لارتفاع درجات الحرارة العظمى في تقويض الكثافة الحيوية وتدهور الخصائص النوعية للغطاء النباتي في قضاء رאו. إذ سجلت المنطقة قفزات حرارية تجاوزت عتبة (40م°)، وهو ما يُعد تخطياً للمدى الحراري الأمثل (Optimal Thermal Range) اللازم للعمليات الأيضية والتمثيل الضوئي، لا سيما خلال الموسم الصيفي. وتؤكد البيانات الإحصائية في الجدول (1) هذا المنحى التصاعدي؛ فبعد أن كانت القيم القصوى لعام (2005) م تتراوح بين (42.5 م° و 43.5 م°) في محطات الطريفواي، والشعباني، والميلان، شهد عام (2025) م تسجيلاً لمعدلات حرجة بلغت ذروتها في محطتي الميلان والشعباني بواقع (45.3 م° و 44.2 م°) على التوالي. إن هذا "الإجهاد الحراري" (Heat Stress) المتنامي أدى إلى زيادة معدلات النتج وتثبيط النمو الخضري، مما انعكس سلباً على الاستقرار البيئي للمحاصيل والغطاء الطبيعي.
- 2- تُشير القراءة التحليلية للجدول (2) إلى تنامي ظاهرة "التطرف البردي" خلال فصل الشتاء، حيث انخفضت درجات الحرارة الصغرى إلى ما دون الصفر المئوي، مما أوجد بيئة ضاغطة فسيولوجياً على الأنسجة النباتية. ففي عام (2005) م، سجلت المنطقة قيماً متدنية وصلت إلى (-1.6 م°) في محطة الميلان و(-1.5 م°) في الطريفواي. واستمر هذا النمط في عام (2025) م بتسجيل قيم انجماد واضحة بلغت (-1.6 م°) في محطة الشعباني و(-1.4 م°) في محطة الميلان. إن تكرار موجات "الإنجماد الخلوي" (Intracellular Freezing) لا يتسبب فقط في أضرار هيكلية للبروتوبلازم، بل يؤدي إلى إرباك الدورة الفينولوجية للنباتات الطبيعية، مما ساهم بشكل مباشر في انحسار التنوع الإحيائي وتدهور الحالة العامة للغطاء الخضري في الرقعة المدروسة.
- 3- يُعد عنصر الأمطار المحدد الهيدرولوجي الأول للتوزيع الجغرافي والكثافة الحيوية للغطاء النباتي؛ إلا أن القراءة التحليلية للجدول (3) كشفت عن حالة من "العجز المائي التراكمي" وتذبذب حاد في معدلات الهطول في كافة محطات منطقة الدراسة. وقد أدى هذا الانحسار المطري إلى تقويض الاستقرار الفينولوجي للمحاصيل الزراعية والنباتات الطبيعية، حيث تراجعت المعدلات السنوية إلى مستويات حرجة لا تلبى الحد الأدنى من الاحتياجات المائية للنبات (Water Requirements). ففي عام (2005) م، تراوحت المعدلات السنوية الدنيا بين (14.2 - 14.6) ملم، لتعاود الانخفاض في عام (2025) م مسجلة قيماً أكثر حرجاً تراوحت بين (13.2 - 13.5) ملم. إن هذا التراجع الممنهج في الإمدادات المائية حول المنطقة إلى بيئة تعاني من "جفاف هيدرولوجي مستدام"، مما جعل النشاط الزراعي مرتهناً كلياً بالري الاصطناعي، وأدى إلى انحسار الأنواع النباتية غير القادرة على التكيف مع ندرة المياه.
- 4- تُعاني الرقعة المدروسة من تكرار "المتطرفات الغبارية" التي تشكل ضغطاً بيئياً مزدوجاً على المنظومة النباتية. فمن الناحية الميكانيكية، يؤدي ترسب الدقائق الغبارية الناعمة على المسطحات الورقية إلى انسداد الثغور التنفسية (Stomata)، مما يُعيق عملية التبادل الغازي والنتج. أما من الناحية الفسيولوجية، فتساهم العوالق الغبارية في رفع معامل "العتمة الجوية"، مما يؤدي إلى تشتيت وحجب الإشعاع الشمسي النشط فوتوسنتيتياً (PAR)، وهو ما يثبط كفاءة عملية التمثيل الضوئي (Photosynthesis)؛ مما أدى بالضرورة إلى تدني الإنتاجية الحيوية، وتدهور الحالة الصحية للنباتات، وصولاً إلى الموت الإحيائي للأنواع الحساسة، الأمر الذي يفسر التراجع الحاد في كثافة ونوعية الغطاء النباتي في منطقة الدراسة.
- 5- كشفت النتائج التطبيقية لمعامل الجفاف (D) هيمنة النطاقات الجافة وشبه الجافة على البنية المناخية لقضاء رאו، حيث كشف التحليل الزمني عن سيادة "الجفاف المطلق" خلال الموسم الصيفي (قيم صفرية للمعامل)، مما أدى إلى انقطاع المدد المائي كلياً عن الغطاء النباتي. أما في فصلي الربيع والخريف، فقد تراوحت المؤشرات بين (0.03 - 0.20)، وهو ما يصنف المنطقة ضمن الأقاليم شبه الجافة التي تعاني من "إجهاد مائي حرج" (Critical Water Stress). وينعكس هذا الواقع فسيولوجياً من خلال ظاهرة "التقزم النباتي" واصفرار الأوراق نتيجة تثبيط نمو الخلايا وتراجع كفاءة الكلوروفيل، مما أدى في نهاية المطاف إلى تدهور الأنشطة الزراعية وتفاقم ظاهرة الموت الإحيائي للأنواع الحساسة للجفاف.
- 6- تُعد الخصائص الجيومورفولوجية والكيميائية للتربة العامل الجوهري المشكّل لنمط توزيع التنوع النباتي؛ حيث أوجد التباين البيئي بين التربة الفيضية (Fluvisols) والجبسية (Yermosols) تدرجاً في الكفاءة الحيوية يتراوح بين الاستدامة العالية في النطاقات النهرية (3%) من أجمالي الرقعة المدروسة والهشاشة البيئية في

الهضبة الصحراوية (88.7%) من إجمالي الرقعة المدروسة، مما يؤكد أن الاستجابة النباتية تعتمد جذرياً على قدرة الأفق التربوي على إدارة الرطوبة والضغط الأسموزي.

7- أثبتت نتائج التحليل المكاني والمعالجة الرقمية باستخدام تقنية التتابع (Overlay) لمؤشر الاختلاف الخضري (NDVI) للأعوام (2005، 2015، 2025) م، والموثقة في جدول (9) وخريطة (11)، وجود تدهور بيئي هيكلي ومستمر في الرقعة المدروسة؛ حيث كشفت المقارنة الزمنية عن علاقة طردية بين انكماش المسطحات المائية التي تراجعت من (1.4%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة لعام (2005) م إلى (1.20%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة لعام (2025) م، بمعدل سنوي للفترة من (2005) م إلى (2025) م وصل إلى (-10) كم²/سنة، وتوسع نطاق الأراضي الجرداء التي سجلت قفزة مساحية من (54.3%) لتصل إلى (59.10%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة لعام (2025) م، بمعدل سنوي للفترة من (2005) م إلى (2025) م وصل إلى (269.6) كم²/سنة. وقد انعكس هذا الاختلال الهيدرولوجي الحاد على حيوية الغطاء النباتي، الذي شهد تراجعاً شاملاً في كافة أصنافه (الضعيف، المتوسط، الكثيف)، لا سيما الصنف الكثيف الذي انخفضت مساحته من (229.6 كم²) إلى (189.3 كم²) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة، بمعدل سنوي للفترة من (2005) م إلى (2025) م وصل إلى (-40.3) كم²/سنة. إن هذا المسار الانحداري الموثق بالأرقام والنسب يؤكد تسارع ظاهرة التصحر وفقدان التوازن البيئي نتيجة التغيرات المناخية في المنطقة.

التوصيات:

- 1- يمكننا التحكم بتأثيرات التغيرات البيئية المتمثلة بدرجة الحرارة والأمطار والعواصف الترابية والجفاف التي تصيب المحاصيل الزراعية، من خلال استخدام البيوت الزجاجية والمغطاة البلاستيكية لكي تحمي المحاصيل الزراعية من ارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة، كما تحافظ عليها من هبوب العواصف الترابية التي تتسبب في تكسيدها وعدم ترسيب التربة عليها.
- 2- تشجيع سكان مركز المدينة والفلاحين في المناطق الزراعية لزراعة أصناف النباتات التي تقاوم درجات الحرارة المتطرفة وتتحمل موجات الجفاف.
- 3- لمواجهة العجز المائي التراكمي وتراجع معدلات الهطول، يُوصى بإنشاء شبكة من السدود الصغيرة ومنشآت الحصاد المائي في الوديان المنحدرة ضمن قضاء راوة؛ وذلك لتعزيز الاستفادة من الجريان السطحي الوميضي وتغذية الخزانات الجوفية المستنزفة، بما يضمن توفير حصص مائية مستقرة للغطاء النباتي خلال فترات الجفاف.
- 4- ضرورة إنشاء وحدة رصد محلية تعتمد على تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لمتابعة ديناميكية الغطاء النباتي وزحف التصحر بشكل فصلي. يهدف هذا المرصد إلى توفير بيانات استباقية (Early Warning System) تتيح لصناع القرار التدخل السريع قبل وصول التدهور البيئي إلى مرحلة من التدهور الشديد التي لا يمكن بعدها استعادة توازنه الأصلي أو حالته الطبيعية السابقة، حتى لو زالت المسببات (مثل توقف الجفاف أو تحسن المناخ).
- 5- تشجيع الفلاحين للجوء إلى استعمال التقنيات الحديثة للري كالتنقيط والمرشات لأجل المحافظة على الماء من الهدر، وتوفير مياه بكفاءة لري للنباتات.
- 6- توصي الدراسة بتبني نموذج "الإدارة المكانية المتميزة" (Differential Spatial Management) عبر تعزيز الحماية القانونية للنطاقات الفيضية كخزانات وراثية، وتطبيق أنظمة الرعي الدوري في التربة الهشة (Yk) للحد من التعرية، مع إخضاع التوسع الزراعي في التربة الجبسية (Yy) لرقابة كيميائية دقيقة لمنع التملح الثانوي وضمان استدامة النظام البيئي.
- 7- ضرورة تفعيل القوانين والتشريعات البيئية التي تنظم عمليات الرعي وتمنع الاستغلال الجائر للموارد الطبيعية في المناطق الهشة إيكولوجياً، مع تعزيز الوعي المجتمعي بأهمية الحفاظ على التنوع الإحيائي كخط دفاع أول ضد التغير المناخي.
- 8- ضرورة تبني استراتيجية (الإدارة المتكاملة للموارد المائية والأرضية) في الرقعة المدروسة للحد من تمدد الأراضي الجرداء التي بلغت (59.10%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة. ويشمل ذلك تفعيل

تقنيات حصاد المياه لتعويض العجز الهيدرولوجي، وإطلاق برامج تشجير مكثفة تستهدف الأصناف النباتية المقاومة للجفاف لإعادة تأهيل المناطق التي شهدت تراجعاً في الغطاء النباتي الكثيف من (4.0%) إلى (3.40%) من المجموع الكلي لمساحة الرقعة المدروسة. كما نشدد على أهمية اعتماد أنظمة الإنذار المبكر المبنية على تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لمراقبة ظاهرة التصحر وضمان استدامة الموارد الطبيعية للأجيال القادمة.

9- دعوة المؤسسات الأكاديمية والبحثية لتركيز الدراسات المستقبلية على "الاستجابة الفسيولوجية الجزيئية" للنباتات المحلية في المنطقة، لفهم آليات صمودها تحت ضغوط المتطرفات الحرارية والغبارية، واستخدامها كمجتمعات نباتية مرجعية في برامج إعادة التشجير.

10- من المفترض أن يكون هناك تعاون وعقد اتفاقيات بين المنظمات الحكومية وغير الحكومية سواء من داخل الدول أو خارجها للحد من التغيرات البيئية التي تؤثر على الغطاء النباتي كالاتفاقية المنعقدة بتاريخ (21-12-2015) م في مدينة باريس، والتي أطلق عليها اسم (باريس للمناخ)، وتستهدف هذه الاتفاقية التقليل من آثار التغيرات المناخية.

قائمة المراجع:

- 1- فايد، يوسف عبد المجيد. (2002). جغرافية المناخ والنبات. دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت.
- 2- نسرين عواد عبدون الجصاني، ونبأ نعمان حمزة. (2023). التحليل الجغرافي لتباين مؤشر الغطاء النباتي القياسي (NDVI) وخصائصه في محافظة النجف الأشرف للموسم الصيفي. مجلة جامعة الأنبار للعلوم الإنسانية، المجلد (20)، العدد (1).
- 3- Middleton, N. (2019). Dust storms: The case for contemporary physical geography. *Progress in Physical Geography*. p. 153.
- 4- كاظم جاسم العيساوي. (2020). تحليل أثر نوبات الجفاف المناخي على الغطاء النباتي باعتماد مؤشر (SPL) وقرينة (NDVI) في محافظة الأنبار (أقليم الجزيرة) باستخدام (GIS). المجلة العراقية لدراسات الصحراء، المجلد (10)، العدد (1).
- 5- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. (n.d.).
- 6- خليل كاظم جاسم، وعمار مجيد مطلق. (نوفمبر، 2019). تحليل أثر المناخ على تدهور الغطاء النباتي في الفلوجة باستخدام نظم معلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. العلوم الجغرافية التطبيقية ودورها في حل المشكلات المعاصرة، جامعة العراقية، المجلد (20)، العدد (9).
- 7- Rykaczewska, K. (2015). The Effect of High Temperature Occurring in Subsequent Stages of Plant Development on Potato Yield and Tuber Physiological Defects. Machine Translated by Google- .
- 8- نعيمة عبد السلام علي سليم. (2025). تأثير الارتفاع درجة الحرارة على الغطاء النباتي في منطقة أولاد علي بمدينة ترهونة. المجلة الليبية للدراسات الأكاديمية المعاصرة.
- 9- علي سالم الشواربة، وجابر الحلاق. (2012). الجغرافيا الطبيعية والبشرية. عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.
- 10- خديجة محمد مسعود، (2025)، تغيرات الغطاء النباتي الطبيعي في منطقة مصراتة في ظل تأثير الأمطار"، مجلة القادسية للعلوم الإنسانية، المجلد 28، العدد 3 (عدد خاص)، جامعة القادسية.
- 11- جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة لأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بغداد، (2025) م بيانات غير منشورة.
- 12- محمد عبدلويس سلوم الجعفي. (2023). تقييم المخاطر البيئية في قضاء راوه. أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة تكريت.
- 13- علي مخلف الصبيحي، وعهود صالح الشمري. (2022). أثر العواصف الغبارية على التنمية المستدامة في صلاح الدين. مجلة جامعة تكريت للعلوم الإنسانية، المجلد (29)، العدد (11) الجزء (2).

- 14- Spinoni, J., Barbosa, P., Bucchignani, E., Cassano, J., Pozzo, A. D., & Vogt, J. V. (2023). Global drought trends and future projections in the 21st century based on CMIP6 models. *Journal of Climatology* 43 (5)
- 15- FAO. (2023). Reference Evapotranspiration: Updated guidelines for using the ET0 Calculator (Version 3.2). Land and Water Division. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 16- الياس جبور. (2003). الكوارث المناخية في الجمهورية العربية السورية. دمشق، سوريا: سلسلة الرضا.
- 17- عادل مشعان الراوي. (2000). صنيف التربة وصيانتها (المجلد 1). جامعة الموصل، كلية الزراعة والغابات
- 18- FAO, W. R. (2014). International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports No. 106. Rome.
- 19- IUSS, W. G. (n.d.). World Reference Base for Soil Resources (WRB): International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps (4th ed.). (Vol. (4th ed.)). International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna.
- 20- عبدالله احمد العبدلي(2023)، قابلية التأثير بدورة المناخ وتقييم أثاره على الغطاء النباتي في المملكة العربية السعودية دراسة حالة محمية الامير محمد بن سلمان، مجلة العلوم الزراعية والبيئية والبيطرية، المجلد (8)، العدد(3)، الصفحة 15.

:Abstract

المستخلص باللغة الإنكليزية

The present study investigates the qualitative monitoring of the accelerated decline in the biological efficiency of vegetation cover in Rawa District, which encompasses an area of 5,670 km², representing approximately 4.09% of the total area of Anbar Governorate (138,501 km²). The research problem is defined by the complex intersection between climatic extremes and structural soil fragility, which has led to physiological imbalances, exacerbated desertification, and intensified dust storm activity. The study aims to evaluate the spatiotemporal dynamics of vegetation cover for the period (2005–2025) and analyze the functional correlation between the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and geo-climatic variables to formulate a sustainable management model. To achieve this goal, a quantitative analytical approach was adopted, integrating Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) to process Landsat 5 & 8 satellite imagery. Technical procedures included the application of NDVI and the Global Aridity Index (D), alongside Overlay Analysis to correlate land cover classes with dominant soil patterns. The results reveal a structural shift toward 'thermal extremism,' with maximum temperatures reaching 45.3°C and winter freezing plunging to -1.6°C, thereby inhibiting plant metabolic processes and undermining ecosystem viability. Spatial analysis demonstrated a significant recession of water bodies to 1.2%, contrasted by a steady expansion of barren lands to 3,350.2 km², occupying 59.10% of the district's total area, while dense vegetation cover shrank to 3.40%. These

numerical indicators confirm the prevalence of 'sustained hydrological drought' and a cumulative water deficit gap within the study area. Consequently, the study recommends adopting a 'Differentiated Spatial Management' strategy, activating rainwater harvesting systems, and establishing an advanced local early warning observatory to monitor desertification encroachment and ensure ecological sustainability for future generations.

Keywords: Rawa District -Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)- Climate Extremes- Spatiotemporal Dynamics- Geographic Information Systems (GIS)
