Journal Of the Iraqia University (75-9) June (2026)

ISSN(Print): 1813-4521 OnLine ISSN:2663-7502
Journal Of the Iraqia University
available online at: https://www.mabdaa.edu.iq

أثر التغير المناخي في مؤشرات التصحر والتنوع الحيواني في قضاء الهندية

أ. د. علي عبد الزهرة الوائلي

م.م غيداء عبد لازم

قسم الجغرافية / كلية التربية ابن رشد للعلوم الإنسانية جامعة بغداد

The Impact of Climate Change on Desertification Indicators and Animal Diversity in Al-Hindiya District

Prof. Dr. Ali Abdulzahra Al-Waeli
Ghaidaa Abd Lazim M.
amnyahmd41@gmail.com

المستخلص

هدفت الدراسة إلى بيان أثر التغير المناخي في مؤشرات التصحر والتنوع الحيواني في قضاء الهندية، بالاعتماد على بيانات محطة كربلاء المناخية وتحليلها إحصائياً باستخدام الانحدار الخطي البسيط واختبار Mann–Kendall ومؤشر Sen's slope. وأظهرت النتائج وجود اتجاه تصاعدي في درجات الحرارة والعواصف الغبارية، مقابل اتجاه تنازلي في الأمطار والرطوبة النسبية، الأمر الذي انعكس بصورة مباشرة على تدهور الغطاء النباتي وزيادة الجفاف البيئي وتصاعد مؤشرات التصحر. كما بينت الدراسة أن التغيرات المناخية أسهمت في اضطراب استقرار التنوع الحيواني نتيجة تراجع الموارد المائية والعلفية والموائل الطبيعية.**الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، التصحر، التنوع الحيواني، قضاء الهندية.**

Abstract

This study aimed to examine the impact of climate change on desertification indicators and animal diversity in Al-Hindiya District using climatic data from Karbala station and statistical analysis methods, including linear regression, Mann–Kendall test, and Sen's slope. The results revealed increasing trends in temperature and dust storms, alongside decreasing rainfall and relative humidity. These changes contributed to vegetation degradation, intensification of desertification, and ecological disturbance of animal diversity. The study also showed that climate change negatively affected animal diversity through the decline of water resources, grazing areas, and natural habitats

المقدمة

يُعد التغير المناخي من أبرز التحديات البيئية المعاصرة نتيجة انعكاساته المباشرة على الموارد الطبيعية والنظم البيئية، ولاسيما في البيئات الجافة وشبه الجافة التي تتسم بحساسيتها العالية للتقلبات المناخية. وقد شهد العراق خلال العقود الأخيرة تغيرات مناخية واضحة تمثلت بارتفاع درجات الحرارة وتراجع التساقط المطري وزيادة الظواهر المناخية المتطرفة، الأمر الذي انعكس بصورة مباشرة على تدهور الغطاء النباتي وتصاعد مؤشرات التصحر واختلال التوازن البيئي [٨].وتُعد منطقة الفرات الأوسط من المناطق الأكثر تأثراً بهذه التغيرات بسبب اعتمادها الكبير على الموارد المائية والنشاط الزراعي، ويبرز قضاء الهندية بوصفه من البيئات الزراعية الحساسة للتغيرات المناخية نتيجة وقوعه ضمن النطاق شبه الجاف واعتماده على الموارد المائية السطحية [٥].وتكمن أهمية الدراسة في كونها تربط بين الاتجاهات المناخية ومؤشرات التصحر والتنوع الحيواني ضمن إطار جغرافي–بيئي متكامل، بما يسهم في تفسير طبيعة التدهور البيئي في منطقة الدراسة وبيان انعكاسات التغير المناخي على استقرار النظام البيئي المحلي.

مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة في تصاعد تأثيرات التغير المناخي في قضاء الهندية وما نتج عنها من تغيرات بيئية انعكست بصورة مباشرة وغير مباشرة على مؤشرات التصحر والتنوع الحيواني، في ظل محدودية الدراسات التي تناولت العلاقة التكاملية بين هذه المتغيرات ضمن إطار جغرافي–بيئي متكامل.

فرضية الدراسة

تنطلق الدراسة من فرضية مفادها أن ارتفاع درجات الحرارة وتراجع الأمطار والرطوبة النسبية أسهم بصورة مباشرة في زيادة مؤشرات التصحر وتدهور الغطاء النباتي والموائل الطبيعية، الأمر الذي انعكس سلباً على التنوع الحيواني في قضاء الهندية.

أهداف الدراسة

١- تحليل الاتجاهات الزمنية للعناصر المناخية في منطقة الدراسة.

٢- الكشف عن أبرز مؤشرات التصحر المرتبطة بالتغير المناخي.

٣- تحليل انعكاسات التغير المناخي على التنوع الحيواني.

٤- بيان العلاقة بين التغيرات المناخية والتدهور البيئي.

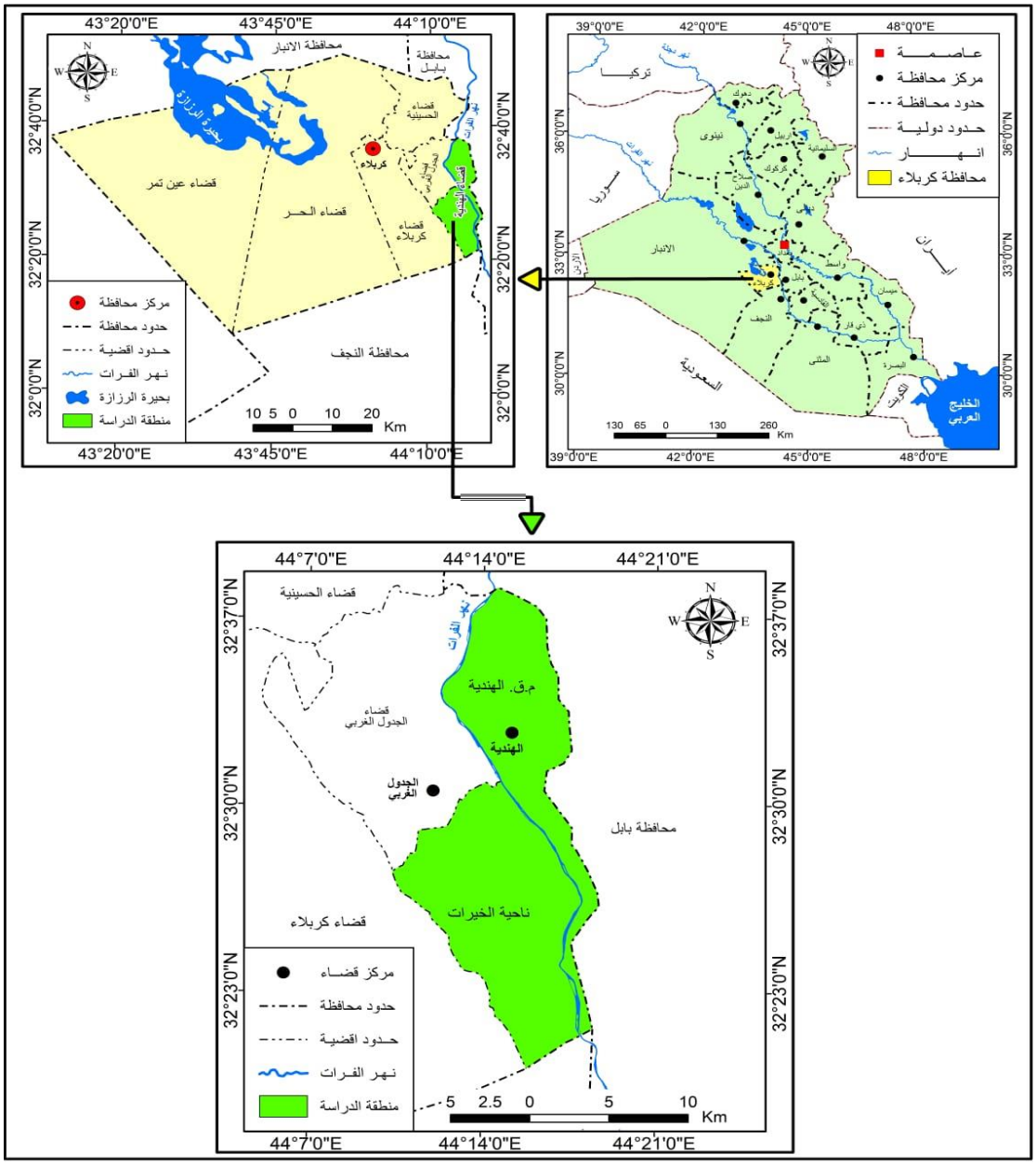
٥- توضيح أثر الضغوط المناخية والبشرية في استقرار النظام البيئي المحلي.

منطقة الدراسة

يقع قضاء الهندية في الجزء الشرقي من محافظة كربلاء خريطة (١-١) ، ويُعد من المناطق الزراعية المهمة نتيجة مروره ضمن نطاق نهر الفرات وتفرعاته، فضلاً عن تنوع استخدامات الأرض فيه. ويتسم القضاء بمناخ صحراوي حار يتميز بارتفاع درجات الحرارة صيفاً وانخفاض معدلات الأمطار السنوية وعدم انتظامها، إلى جانب ارتفاع معدلات التبخر والنتح.وتبرز أهمية منطقة الدراسة من كونها تمثل بيئة انتقالية تتداخل فيها البيئات الزراعية مع البيئات شبه الجافة، مما يجعلها أكثر حساسية تجاه التغيرات المناخية. كما أن اعتماد السكان بصورة كبيرة على النشاط الزراعي والثروة الحيوانية يزيد من أهمية دراسة انعكاسات التغيرات المناخية على الموارد الطبيعية والتنوع الحيوي في المنطقة.

المنهجية

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي والمنهج الكمي لتحليل الاتجاهات المناخية والكشف عن انعكاساتها البيئية، فضلاً عن اعتماد المنهج البيئي التفسيري لتحليل العلاقة بين التغيرات المناخية ومؤشرات التصحر والتنوع الحيواني.واعتمدت الدراسة على بيانات محطة كربلاء المناخية بوصفها المحطة الأقرب تمثيلاً للخصائص المناخية السائدة في قضاء الهندية، وذلك بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي [١]. كما تم الاعتماد على بيانات مديرية زراعة كربلاء في تحليل مؤشرات الغطاء النباتي والموارد الزراعية [٢]، وبيانات مديرية بيئة كربلاء المقدسة في تفسير واقع التنوع الحيواني **خريطة (١-١) الموقع الفلكي والجغرافي لقضاء الهندية وتوزيع محطات الرصد المناخي**



المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على بيانات الهيئة العامة للمساحة ووزارة الموارد المائية العراقية، باستخدام برنامج ArcGIS 10.8.5.

النتائج والمناقشة

أولاً: الاتجاهات المناخية السنوية في محطة كربلاء

أظهرت نتائج التحليل المناخي وجود تباين واضح في اتجاهات العناصر المناخية في محطة كربلاء، إذ سجلت بعض العناصر اتجاهاً تصاعدياً، ولاسيما درجات الحرارة والعواصف الغبارية، في حين سجلت عناصر أخرى اتجاهاً تنازلياً مثل الأمطار والرطوبة النسبية وسرعة الرياح. وتعكس هذه الاتجاهات طبيعة التغيرات المناخية التي شهدتها منطقة الدراسة خلال مدة التحليل، والتي انعكست بصورة مباشرة على الواقع البيئي والزراعي والتنوع الحيوي في قضاء الهندية.

١- الإشعاع الشمسي

سجل الإشعاع الشمسي في محطة كربلاء متوسطاً بلغ ٦٠٢.٧ ملي واط/سم²/يوم، في حين بلغت قيمة معامل الاتجاه Bi = −0.549 ملي واط/سم²/يوم، وهي قيمة سالبة تدل على وجود اتجاه تنازلي في كمية الإشعاع الشمسي خلال مدة الدراسة. كما بلغت قيمة معامل التحديد R^2 = 0.103، وهي قيمة منخفضة نسبياً، مما يشير إلى أن عامل الزمن يفسر جزءاً محدوداً من التغير الحاصل في الإشعاع الشمسي.

وقد بلغ معدل التغير خلال مدة الدراسة −٤.٣٧٪، في حين أظهرت نتائج اختبار Mann–Kendall قيمة مقدارها M.K = −0.423 عند مستوى دلالة Sig = 0.05، مما يعني أن الاتجاه التنازلي للإشعاع الشمسي ذو دلالة إحصائية حدية. ويمكن تفسير هذا التراجع بزيادة العوالق الجوية

والظواهر الغبارية التي تؤثر في كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض [٦]وينعكس انخفاض الإشعاع الشمسي على كفاءة التمثيل الضوئي وحيوية الغطاء النباتي، ولاسيما في البيئات الزراعية وشبه الجافة، إذ يؤدي انخفاض الطاقة الشمسية المتاحة إلى ضعف النمو النباتي وتراجع قدرة الغطاء النباتي على مقاومة ظروف الجفاف والتدهور البيئي.

٢- درجة الحرارة العظمى

سجلت درجة الحرارة العظمى متوسطاً سنوياً بلغ ٣١.٥°م، في حين بلغت قيمة معامل الاتجاه Bi = 0.0727°م/سنة، وهي قيمة موجبة تشير إلى وجود اتجاه تصاعدي واضح في درجات الحرارة العظمى خلال مدة الدراسة. كما بلغت قيمة معامل التحديد R^2 = 0.661، وهي قيمة مرتفعة نسبياً، مما يدل على أن الزمن يفسر نسبة مهمة من التغير الحاصل في درجة الحرارة العظمى.وقد بلغ معدل التغير خلال مدة الدراسة +١١.١٪، كما سجل اختبار Mann–Kendall قيمة مقدارها M.K = 0.052 عند مستوى دلالة Sig = 0.001، مما يشير إلى أن الاتجاه التصاعدي في درجات الحرارة العظمى ذو دلالة إحصائية عالية.ويُعد ارتفاع الحرارة العظمى من أبرز مؤشرات الاحترار المناخي في منطقة الدراسة، إذ يؤدي إلى زيادة الإجهاد الحراري وارتفاع معدلات التبخر وتراجع كفاءة الرطوبة السطحية للتربة. كما يسهم هذا الارتفاع في زيادة الضغط على الغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية والثروة الحيوانية، ولاسيما خلال أشهر الصيف ومراحل النمو الحساسة للنبات [٧].

٣- درجة الحرارة الصغرى

سجلت درجة الحرارة الصغرى متوسطاً سنوياً بلغ ١٨°م، في حين بلغت قيمة معامل الاتجاه Bi = 0.066°م/سنة، وهي قيمة موجبة تدل على اتجاه تصاعدي واضح في درجات الحرارة الليلية. كما بلغت قيمة معامل التحديد R^2 = 0.8032، وهي قيمة مرتفعة جداً، مما يشير إلى انتظام قوي في الاتجاه الزمني لارتفاع الحرارة الصغرى.وقد بلغ معدل التغير خلال مدة الدراسة +١٧.٥٪، وهو أعلى من معدل التغير المسجل في درجة الحرارة العظمى، مما يدل على أن الاحترار الليلي كان أكثر وضوحاً في محطة كربلاء. كما سجل اختبار Mann–Kendall قيمة M.K = 0.071 عند مستوى دلالة Sig = 0.001، وهو ما يؤكد أن الاتجاه التصاعدي للحرارة الصغرى معنوي إحصائياً.وتكمن أهمية هذا الاتجاه في أن ارتفاع الحرارة الصغرى يقلل من البرودة الليلية الضرورية لاستعادة التوازن الحراري للنبات والحيوان. كما أن استمرار ارتفاع الحرارة ليلاً يزيد من الضغط الحراري المستمر ويؤثر في راحة الحيوانات ويزيد من استهلاك المياه، فضلاً عن إضعاف قدرة النظام البيئي على مقاومة الجفاف.

٤- سرعة الرياح

بلغ متوسط سرعة الرياح ٢.٧ م/ثا، في حين بلغت قيمة معامل الاتجاه Bi = −0.013 م/ثا/سنة، وهي قيمة سالبة تدل على وجود اتجاه تنازلي في سرعة الرياح خلال مدة الدراسة. كما بلغت قيمة معامل التحديد R^2 = 0.2096، وهي قيمة منخفضة إلى متوسطة، مما يشير إلى أن الاتجاه موجود لكنه ليس شديد الانتظام.وقد بلغ معدل التغير خلال مدة الدراسة −٢٣.١٪، كما أظهرت نتائج Mann–Kendall قيمة مقدارها M.K = −0.016، في حين بلغت قيمة Sen's slope = −0.03 م/ثا/سنة، مما يدعم الاتجاه التنازلي في سرعة الرياح.وعلى الرغم من أن انخفاض سرعة الرياح قد يقلل نظرياً من قدرة الرياح على نقل الغبار، إلا أن أثره البيئي لا يُفسر بمعزل عن ارتفاع الحرارة وانخفاض الرطوبة. إذ يمكن أن يسهم ضعف حركة الهواء في زيادة الإحساس بالجفاف الحراري وتقليل التهوية الطبيعية ورفع الضغط المناخي على النبات والحيوان، ولاسيما في البيئات الزراعية الجافة وشبه الجافة.

٥- الرطوبة النسبية

بلغ متوسط الرطوبة النسبية ٤٣٪، في حين بلغت قيمة معامل الاتجاه Bi = −0.083%/سنة، وهي قيمة سالبة تشير إلى اتجاه تنازلي في الرطوبة النسبية خلال مدة الدراسة. كما بلغت قيمة معامل التحديد R^2 = 0.1169، وهي قيمة منخفضة، مما يدل على أن التغير في الرطوبة يتأثر بعوامل متعددة ولا يرتبط بالزمن وحده.وقد بلغ معدل التغير خلال مدة الدراسة −٩.٢٨٪، كما سجل اختبار Mann–Kendall قيمة M.K = −0.07 عند مستوى دلالة Sig = 0.1، مما يشير إلى أن الاتجاه التنازلي ضعيف الدلالة نسبياً، لكنه مهم بيئياً.وينعكس انخفاض الرطوبة النسبية على زيادة الجفاف السطحي وانخفاض رطوبة التربة، الأمر الذي يرفع قابلية السطح للتعرية ويضعف قدرة الغطاء النباتي على الاستمرار. كما يسهم انخفاض الرطوبة مع ارتفاع الحرارة في زيادة الإجهاد المناخي على المحاصيل الزراعية والحيوانات، ويعزز مؤشرات التصحر في منطقة الدراسة.

جدول (١) الاتجاهات المناخية السنوية في محطة كربلاء

ت	العنصر المناخي	مستوى التحليل	المتوسط	Bi	R^2	معدل التغير خلال مدة الدراسة	اتجاه التغير	الدلالة الإحصائية	الانعكاس البيئي في البحث
1	الإشعاع الشمسي	سنوي	602.7 ملي واط/سم² /يوم	−0.549 ملي واط/سم²/يوم	0.103	−4.37%	تنازلي	M.K = −0.423، Sig = 0.05	انخفاض كفاءة التمثيل الضوئي وتراجع حيوية الغطاء النباتي
2	درجة الحرارة العظمى	سنوي	31.5°م	0.0727°م/سنة	0.661	+11.1%	تصاعدي	M.K = 0.052، Sig = 0.001	زيادة الإجهاد الحراري وتصاعد تأثير الاحترار النهاري
3	درجة الحرارة الصغرى	سنوي	18°م	0.066°م/سنة	0.8032	+17.5%	تصاعدي	M.K = 0.071، Sig = 0.001	ارتفاع الحرارة الليلية وتراجع البرودة وزيادة الضغط الحراري
4	سرعة الرياح	سنوي	2.7 م/ثا	−0.013 م/ثا/سنة	0.2096	−23.1%	تنازلي	M.K = −0.016، Sen's slope = −0.03 م/ثا/سنة	زيادة الجفاف البيئي وانخفاض رطوبة التربة
5	الرطوبة النسبية	سنوي	43%	−0.083%/سنة	0.1169	−9.28%	تنازلي	M.K = −0.07، Sig = 0.1	تعزيز الجفاف السطحي وارتفاع قابلية التعرية
6	الأمطار	سنوي	93ملم	−0.2512 ملم/سنة	0.0086	−12.95%	تنازلي	غير معنوي إحصائياً (n.s)	تراجع الموارد المائية وزيادة الجفاف
7	التبخر–النتح	سنوي	1976.8ملم	−2.45 ملم/سنة	0.07	−5.7%	تنازلي	M.K = −2.11، Sig = 0.01	اضطراب التوازن المائي وارتفاع الإجهاد البيئي

8	العواصف الغبارية	سنوي	24.5 يوم/سنة	0.054 يوم/سنة	0.57	+10.7 %	تصاعدي ضعيف	M.K = 0.06، Sig = 0.001	ارتباط الظاهرة بتدهور الغطاء النباتي والجفاف
9	الغبار العالق	سنوي	183.3 يوم/سنة	−0.467 يوم/سنة	0.203	−3.91 %	تنازلي	M.K = −0.423، Sig = 0.05	تذبذب الظاهرة مع استمرار تأثيرها البيئي
10	الغبار المتصاعد	سنوي	71.4 يوم/سنة	−0.1615 يوم/سنة	0.0195	−10.8 %	تنازلي	غير معنوي إحصائياً (n.s)	استمرار ارتباط الظاهرة بالجفاف والتعرية

المصدر: ١-من عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للانواء الجوية والرصد الزلزالي ، بيانات غير منشورة ، ٢٠٢٤.

٢-تم استخراج المتوسط الحسابي ونتائج معادلة الانحدار الخطي البسيط باستخدام برنامج Excel٢٠١٩ .

٣-تم استخراج قيم معامل التفسير (R^2) باستخدام برنامج SPSS.

٤-تم حساب معدل التغير خلال مدة الدراسة بالاعتماد على برنامج Excel.٢٠١٩ .

٦- الأمطار

بلغ متوسط الأمطار السنوية ٩٣ ملم، وسجل معامل الاتجاه قيمة سالبة بلغت Bi = −0.2512 ملم/سنة، مما يشير إلى اتجاه تنازلي في كميات الأمطار. كما بلغت قيمة معامل التحديد R^2 = 0.0086، وهي قيمة منخفضة جداً تعكس شدة التذبذب المطري وضعف قدرة الزمن على تفسير تغير كميات الأمطار.وقد بلغ معدل التغير خلال مدة الدراسة −١٢.٩٥٪، إلا أن الاتجاه كان غير معنوي إحصائياً، مما يعني أن الانخفاض موجود من حيث الإشارة والاتجاه، لكنه لا يصل إلى مستوى الثبات الإحصائي بسبب التذبذب العالي في التساقط.ومع ذلك، يبقى هذا التراجع مهماً بيئياً لأنه يؤثر مباشرة في الموارد المائية والغطاء النباتي والثروة الحيوانية. كما أن انخفاض الأمطار يؤدي إلى ضعف تغذية التربة بالمياه وتقليص الرطوبة الأرضية اللازمة للنشاط الزراعي، الأمر الذي يزيد من حساسية المنطقة للجفاف والتصحر [٩].

٧- التبخر–النتح

بلغ المتوسط السنوي للتبخر–النتح ١٩٧٦.٨ ملم، وسجل معامل الاتجاه قيمة سالبة بلغت Bi = −2.45 ملم/سنة، مما يدل على اتجاه تنازلي خلال مدة الدراسة. كما بلغت قيمة معامل التحديد R^2 = 0.07، وهي قيمة منخفضة، مما يشير إلى أن هذا العنصر يتأثر بعوامل متعددة مثل الحرارة والرطوبة والغطاء النباتي.وبلغ معدل التغير خلال مدة الدراسة −٥.٧٪، في حين سجل اختبار Mann–Kendall قيمة M.K = −2.11 عند مستوى دلالة Sig = 0.01، مما يدل على أن الاتجاه التنازلي معنوي إحصائياً.ولا ينبغي تفسير انخفاض التبخر–النتح على أنه تحسن مائي مباشر، إذ قد يعكس تراجع الغطاء النباتي أو انخفاض الرطوبة المتاحة للتبخر والنتح. كما أن استمرار ارتفاع الحرارة يؤدي إلى زيادة الفاقد المائي وارتفاع الإجهاد المائي للنبات، الأمر الذي يؤثر في استقرار النشاط الزراعي [٧].

٨- العواصف الغبارية

بلغ متوسط العواصف الغبارية ٢٤.٥ يوم/سنة، وسجل معامل الاتجاه قيمة موجبة بلغت Bi = 0.054 يوم/سنة، مما يشير إلى اتجاه تصاعدي في تكرار العواصف الغبارية. كما بلغت قيمة معامل التحديد R^2 = 0.57، وهي قيمة مرتفعة نسبياً، مما يدل على أن الزمن يفسر جزءاً مهماً من تغير هذه الظاهرة.وقد بلغ معدل التغير خلال مدة الدراسة +١٠.٧٪، وسجل اختبار Mann–Kendall قيمة M.K = 0.06 عند مستوى دلالة Sig = 0.001، مما يدل على معنوية الاتجاه التصاعدي.وتُعد العواصف الغبارية من أهم المؤشرات البيئية المرتبطة بالتصحر، لأنها تعكس تدهور الغطاء النباتي وجفاف التربة وضعف استقرار السطح. كما تؤثر بصورة مباشرة في نوعية الهواء وصحة الإنسان والحيوان والمحاصيل الزراعية، فضلاً عن دورها في زيادة التعرية وفقدان التربة السطحية الخصبة.

٩- الغبار العالق

بلغ متوسط الغبار العالق ١٨٣.٣ يوم/سنة، وسجل معامل الاتجاه قيمة سالبة بلغت 0.467− = Bi يوم/سنة، مما يدل على اتجاه تنازلي في تكرار الغبار العالق. كما بلغت قيمة معامل التحديد 0.203 = R^2، وهي قيمة منخفضة إلى متوسطة، مما يشير إلى وجود اتجاه زمني لكنه غير شديد الانتظام.وسجل معدل التغير خلال مدة الدراسة −٣.٩١٪، في حين بلغت قيمة 0.423− = Mann–Kendall عند مستوى دلالة Sig 0.05 =، مما يدل على أن الاتجاه التنازلي بلغ مستوى الدلالة الحدية.ورغم الاتجاه التنازلي، تبقى الظاهرة مؤثرة بيئياً بسبب ارتفاع متوسطها السنوي، إذ يؤثر الغبار العالق في نوعية الهواء ويحد من كفاءة الإشعاع الشمسي ويقلل كفاءة التمثيل الضوئي، فضلاً عن تأثيره في صحة الإنسان والحيوان.

١٠- الغبار المتصاعد

بلغ متوسط الغبار المتصاعد ٧١.٤ يوم/سنة، وسجل معامل الاتجاه قيمة سالبة بلغت 0.1615− = Bi يوم/سنة، مما يدل على اتجاه تنازلي في تكرار الظاهرة. كما بلغت قيمة معامل التحديد 0.0195 = R^2، وهي قيمة منخفضة جداً، مما يعني أن الغبار المتصاعد شديد التذبذب ولا يخضع لاتجاه زمني منتظم واضح.وبلغ معدل التغير خلال مدة الدراسة −١٠.٨٪، إلا أن الاتجاه كان غير معنوي إحصائياً، ولذلك لا يمكن اعتباره اتجاهاً إحصائياً حاسماً. ومع ذلك، يبقى الغبار المتصاعد مؤشراً بيئياً مهماً يرتبط بتفكك التربة وضعف الغطاء النباتي والجفاف والتعرية، ولاسيما في البيئات الجافة وشبه الجافة.

ثانياً: مؤشرات التصحر في قضاء الهندية

يُعد التصحر من أبرز المشكلات البيئية المرتبطة بالتغيرات المناخية في البيئات الجافة وشبه الجافة، إذ ينتج عن تفاعل مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية التي تؤدي إلى تدهور الموارد الطبيعية وانخفاض كفاءة النظام البيئي. وقد شهد قضاء الهندية خلال العقود الأخيرة تغيرات مناخية تمثلت بارتفاع درجات الحرارة وتراجع الأمطار والرطوبة النسبية، بالتزامن مع تزايد الجفاف والعواصف الغبارية، الأمر الذي انعكس بصورة مباشرة على الغطاء النباتي والتربة والأراضي الزراعية. وتبرز مؤشرات التصحر في منطقة الدراسة من خلال تدهور الغطاء النباتي وارتفاع الجفاف البيئي وتراجع كفاءة الأراضي الزراعية وزيادة الظواهر الغبارية، وهي جميعها مؤشرات ترتبط بصورة مباشرة بالتغيرات المناخية السائدة في المنطقة. كما أسهمت الضغوط البشرية، مثل الرعي الجائر وسوء إدارة الموارد المائية والتوسع العمراني، في تسريع عمليات التدهور البيئي وزيادة هشاشة البيئة المحلية.

جدول (٢) مؤشرات التصحر المرتبطة بالتغير المناخي في قضاء الهندية

ت	مؤشر التصحر	العامل المناخي المؤثر	المظهر البيئي	الانعكاس البيئي
1	تدهور الغطاء النباتي	**ارتفاع الحرارة وقلة الأمطار**	**انخفاض كثافة الغطاء النباتي**	**زيادة التعرية وفقدان التربة**
2	الجفاف البيئي	**انخفاض الرطوبة وارتفاع التبخر**	**جفاف التربة وضعف الرطوبة السطحية**	**تراجع كفاءة الأراضي الزراعية**
3	تراجع الأراضي الزراعية	**الحرارة والجفاف**	**انخفاض الاستقرار الزراعي**	**تراجع الإنتاجية**
4	العواصف الغبارية	**الجفاف وضعف الغطاء النباتي**	**زيادة الغبار والعوالق**	**تدهور نوعية الهواء**
5	تدهور التربة	**قلة الأمطار وارتفاع الحرارة**	**تفكك السطح الأرضي**	**زيادة قابلية التعرية**

المصدر.من إعداد الباحثة بالاعتماد على: جدول (١) وبيانات مديرية زراعة كربلاء، بيانات الموارد الزراعية والغطاء النباتي، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٤.

١- تدهور الغطاء النباتي

يُعد الغطاء النباتي من أكثر عناصر البيئة الطبيعية حساسية تجاه التغيرات المناخية، نظراً لارتباطه المباشر بدرجات الحرارة والأمطار والرطوبة والإشعاع الشمسي. وقد أظهرت نتائج الدراسة أن الاتجاهات المناخية في محطة كربلاء اتسمت بارتفاع درجات الحرارة العظمى والصغرى مقابل انخفاض الأمطار والرطوبة النسبية، الأمر الذي انعكس بصورة مباشرة على كفاءة الغطاء النباتي في قضاء الهندية.فقد أدى ارتفاع درجات الحرارة، ولاسيما الحرارة العظمى التي سجلت اتجاهاً تصاعدياً بلغ °0.0727 = Biم/سنة، إلى زيادة معدلات التبخر–النتح وارتفاع الإجهاد الحراري للنباتات، في حين تسبب انخفاض الأمطار والرطوبة النسبية في تقليص الرطوبة المتاحة للنمو النباتي. كما أن انخفاض الإشعاع الشمسي نتيجة زيادة العوالق والغبار أسهم في تقليل كفاءة التمثيل الضوئي، الأمر الذي انعكس سلباً على حيوية الغطاء النباتي وكثافته وقد أدى تراجع الغطاء النباتي إلى زيادة تعرض التربة للتعرية الريحية، ولاسيما في المناطق المكشوفة وشبه الجافة، مما أسهم في تصاعد مؤشرات التصحر في منطقة الدراسة. كما أن استمرار الضغوط المناخية بالتزامن مع الضغوط البشرية، مثل الرعي الجائر والتوسع العمراني وسوء استغلال الأراضي، أدى إلى اختلال التوازن البيئي وضعف قدرة الغطاء النباتي على التجدد والاستدامة.

صورة (١) مظاهر التدهور البيئي والتصحر في قضاء الهندية أثناء الدراسة الميدانية

المصدر: مديرية بيئة كربلاء المقدسة، ٢٠٢٤.

٢- الجفاف البيئي

أصبح الجفاف البيئي من الظواهر الواضحة في قضاء الهندية نتيجة التغيرات المناخية التي شهدتها المنطقة خلال العقود الأخيرة، إذ ارتبط الجفاف بارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية وتراجع الأمطار، فضلاً عن فقدان الرطوبة السطحية للتربة.وقد أظهرت النتائج المناخية أن الحرارة العظمى والصغرى سجلتا اتجاهاً تصاعدياً معنوياً، في حين اتجهت الأمطار والرطوبة نحو الانخفاض، الأمر الذي أدى إلى اختلال التوازن المائي وزيادة الضغط البيئي على الموارد الطبيعية. كما أن انخفاض الرطوبة النسبية بنسبة بلغت –٩.٢٨٪ خلال مدة الدراسة أسهم في زيادة الجفاف السطحي وارتفاع قابلية التربة للتفكك والتعرية.ويرتبط الجفاف البيئي كذلك بانخفاض كفاءة الموارد المائية، ولاسيما في البيئات الزراعية التي تعتمد على الاستقرار المطري والمائي، إذ يؤدي تراجع الرطوبة والأمطار إلى انخفاض تغذية التربة بالمياه، مما ينعكس سلباً على الغطاء النباتي والإنتاج الزراعي والموائل الطبيعية.كما أسهم الجفاف في زيادة حساسية البيئة المحلية للظواهر الغبارية نتيجة ضعف الغطاء النباتي وتفكك التربة السطحية، وهو ما يفسر الارتفاع النسبي في العواصف الغبارية خلال مدة الدراسة.

٣- تراجع كفاءة الأراضي الزراعية

شهدت الأراضي الزراعية في قضاء الهندية تراجعاً في كفاءتها البيئية والإنتاجية نتيجة الضغوط المناخية المتزايدة، ولاسيما ارتفاع درجات الحرارة وتراجع الأمطار وارتفاع معدلات الجفاف. وقد أدى ذلك إلى زيادة الإجهاد المائي والحراري للمحاصيل الزراعية وانخفاض كفاءة التربة والرطوبة الأرضية.كما أن العواصف الغبارية والغبار العالق يؤثران في كفاءة التمثيل الضوئي من خلال تراكم الجزيئات الغبارية على الأوراق وتقليل كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى النبات، الأمر الذي ينعكس سلباً على النمو النباتي والإنتاجية الزراعية.وقد انعكست التغيرات المناخية كذلك على مواعيد النمو والنضج للمحاصيل الزراعية، ولاسيما المحاصيل الحساسة للحرارة المرتفعة والجفاف، مما أدى إلى تراجع الاستقرار الزراعي في منطقة الدراسة.

٤- العواصف الغبارية بوصفها مؤشراً للتصحر

تُعد العواصف الغبارية من أبرز المؤشرات البيئية الدالة على تصاعد عمليات التصحر في البيئات الجافة وشبه الجافة، وقد سجلت محطة كربلاء اتجاهاً تصاعدياً في العواصف الغبارية بلغ +١٠.٧٪ خلال مدة الدراسة.ويرتبط تزايد العواصف الغبارية بتراجع الغطاء النباتي وارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة وتفكك التربة السطحية. كما يؤدي الجفاف المستمر إلى زيادة قابلية التربة للحركة والتعرية بفعل الرياح، الأمر الذي ينعكس بصورة مباشرة على نوعية الهواء واستقرار البيئة المحلية.وتؤثر العواصف الغبارية كذلك في صحة الإنسان والحيوان والمحاصيل الزراعية، فضلاً عن دورها في فقدان التربة السطحية الخصبة وزيادة التدهور البيئي في منطقة الدراسة.

ثالثاً: انعكاسات التغير المناخي على التنوع الحيواني

يمثل التنوع الحيواني أحد أهم مكونات النظام البيئي في قضاء الهندية، إذ يرتبط استقراره بمدى توافر الموارد المائية والغطاء النباتي والظروف المناخية الملائمة. إلا أن التغيرات المناخية انعكست بصورة مباشرة وغير مباشرة على استقرار الكائنات الحية وموائلها الطبيعية في الأراضي الزراعية ويعزز مظاهر التصحر ويتضح جدول **(٣)** انعكاسات التغير المناخي على مكونات التنوع الحيواني كما يأتي:

١- الثروة الحيوانية

تُعد الثروة الحيوانية من الأنشطة الاقتصادية المهمة في قضاء الهندية، إذ تعتمد بصورة مباشرة على المياه والمراعي الطبيعية والغطاء النباتي. وقد انعكست التغيرات المناخية بصورة واضحة على استقرار الثروة الحيوانية نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وتراجع الأمطار والرطوبة النسبية وتزايد الجفاف البيئي.فقد أدى ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة الإجهاد الحراري للحيوانات وانخفاض كفاءة الإنتاج الحيواني وارتفاع استهلاك المياه والأعلاف، ولاسيما خلال فصل الصيف. كما تسبب الجفاف وتراجع الأمطار في ضعف المراعي الطبيعية وتقليص الموارد العلفية، مما زاد من الضغط البيئي على الحيوانات [٢].وتُعد الحيوانات المرتبطة بالبيئات الرطبة، مثل الجاموس، أكثر حساسية للتغيرات المناخية بسبب اعتمادها الكبير على وفرة المياه، في حين أظهرت الأغنام والماعز قدرة أكبر نسبياً على التكيف مع الظروف الجافة. كما أسهمت العواصف الغبارية والغبار العالق في زيادة المشكلات التنفسية للحيوانات وتقليل جودة النباتات العلفية، الأمر الذي انعكس سلباً على صحة الحيوانات وإنتاجيتها [٣].

٢- الطيور

تمثل الطيور أحد المكونات المهمة للتنوع الحيوي في قضاء الهندية، إذ تضم المنطقة أنواعاً مستقرة وأخرى مهاجرة ترتبط بالموارد المائية والغطاء النباتي والظروف البيئية الملائمة. وقد أدى انخفاض الموارد المائية وتراجع الغطاء النباتي إلى تقليص الموائل المناسبة للتغذية والتكاثر، ولاسيما للطيور المرتبطة بالبيئات الرطبة والزراعية.كما أسهمت العواصف الغبارية وارتفاع درجات الحرارة في اضطراب المواطن البيئية وزيادة الضغط على الطيور المحلية والمهاجرة، من خلال تراجع نوعية الهواء وانخفاض كفاءة النباتات والحشرات التي تعتمد عليها بعض الأنواع في التغذية. وأدى استمرار الجفاف وتدهور البيئات الرطبة إلى زيادة حساسية الطيور تجاه التغيرات المناخية، الأمر الذي قد ينعكس مستقبلاً على أعدادها وتوزيعها المكاني في منطقة الدراسة [٣].**جدول (٣) انعكاسات التغير المناخي على مكونات التنوع الحيواني في قضاء الهندية**

ت	مكون التنوع الحيواني	الحساسية تجاه التغير المناخي	العامل المناخي المؤثر	نوع التأثير	الانعكاس البيئي
1	الثروة الحيوانية	عالية	ارتفاع الحرارة، قلة المياه، تراجع الأعلاف	مباشر	إجهاد حراري وانخفاض كفاءة التربية والإنتاج
2	الجاموس	عالية جداً	ارتفاع الحرارة ونقص المياه	مباشر	تراجع ملاءمة البيئة الرطبة
3	الأغنام والماعز	متوسطة	الجفاف وتراجع المراعي	مباشر/غير مباشر	تغير التوزيع وزيادة الضغط على الموارد العلفية

4	الطيور	متوسطة إلى عالية	تراجع المياه والغطاء النباتي والغبار	غير مباشر	اضطراب الموائل ومناطق التغذية والتكاثر
5	الحيوانات البرية	متوسطة	الجفاف وتدهور الغطاء النباتي	غير مباشر	تقلص الموائل الطبيعية وزيادة الانحسار المكاني
6	الكائنات المائية	عالية	انخفاض المياه وارتفاع الحرارة	مباشر	تراجع جودة البيئة المائية واضطراب السلاسل الغذائية

المصدر من إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات مديرية بيئة كربلاء المقدسة

3- **الحيوانات البرية**

تأثرت الحيوانات البرية في قضاء الهندية نتيجة تدهور الغطاء النباتي وارتفاع الجفاف، مما أدى إلى تقليص موائل الاختباء والتغذية. كما أسهمت العواصف الغبارية وتفكك التربة في اضطراب المواطن الطبيعية للحيوانات البرية، ولاسيما في المناطق المكشوفة وشبه الجافة.

وقد أصبحت بعض الأنواع تنحصر بالقرب من الموارد المائية أو المناطق الأقل تعرضاً للنشاط البشري، مما يعكس تراجع كفاءة الموائل الطبيعية واتساع مظاهر التدهور البيئي. كما أن استمرار الجفاف يؤدي إلى انخفاض توافر الغذاء والمياه، الأمر الذي يزيد من حساسية الحيوانات البرية تجاه الضغوط المناخية والبيئية.

4- **البيئة المائية والتنوع الحيوي**

تمثل البيئة المائية في قضاء الهندية عنصراً مهماً في استقرار التنوع الحيوي، نظراً لارتباطها بنهر الفرات والجداول والقنوات المائية المتفرعة عنه. إلا أن انخفاض الموارد المائية وارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر أسهمت في تراجع جودة البيئة المائية وارتفاع معدلات الملوحة والتلوث.

وقد انعكس ذلك على الكائنات الحية المرتبطة بالمياه، ولاسيما الأسماك وبعض الكائنات المائية الحساسة للتغيرات البيئية. كما أدى تراجع البيئات الرطبة إلى اضطراب السلاسل الغذائية وانخفاض كفاءة الموائل الطبيعية التي تعتمد عليها الطيور والكائنات الحية الأخرى[٥].

المناقشة

أظهرت نتائج الدراسة وجود علاقة واضحة بين التغيرات المناخية وتصاعد مظاهر التدهور البيئي والتصحر في قضاء الهندية. فقد أدى ارتفاع درجات الحرارة وتراجع الأمطار والرطوبة النسبية إلى زيادة الجفاف البيئي وتدهور الغطاء النباتي، الأمر الذي انعكس بصورة مباشرة على استقرار النظام البيئي المحلي.كما تبين أن العواصف الغبارية ترتبط بصورة واضحة بتراجع الغطاء النباتي وتفكك التربة، مما يجعلها من أهم المؤشرات البيئية المرتبطة بالتصحر. وقد انعكست هذه التغيرات بصورة مباشرة على التنوع الحيواني من خلال تراجع الموارد العلفية والمائية واضطراب الموائل الطبيعية.وتشير النتائج إلى أن التصحر في منطقة الدراسة لا يرتبط بعامل مناخي منفرد، بل يمثل حصيلة تفاعل بين التغيرات المناخية والضغوط البشرية، مثل الرعي الجائر وسوء إدارة الموارد المائية والتوسع العمراني. وقد أدى هذا التفاعل إلى زيادة هشاشة النظام البيئي وتسريع عمليات التدهور البيئي.كما أوضحت الدراسة أن استمرار الاتجاهات المناخية الحالية سيؤدي إلى زيادة الضغط البيئي على الكائنات الحية، ولاسيما الأنواع المرتبطة بالبيئات الرطبة والمائية، الأمر الذي قد يؤدي مستقبلاً إلى تراجع التنوع الحيوي في قضاء الهندية إذا لم تُعتمد إجراءات بيئية وإدارية للحد من التصحر والمحافظة على الموارد الطبيعية [٨].

الاستنتاجات

1- أظهرت محطة كربلاء اتجاهاً تصاعدياً في درجات الحرارة العظمى والصغرى، مقابل اتجاه تنازلي للأمطار والرطوبة النسبية.

2- أسهمت التغيرات المناخية في زيادة الجفاف البيئي وتدهور الغطاء النباتي وتصاعد مؤشرات التصحر.

3- انعكس تراجع الموارد المائية والعلفية بصورة سلبية على الثروة الحيوانية والطيور والحيوانات البرية.

4- ارتبطت العواصف الغبارية بتدهور الغطاء النباتي وضعف استقرار التربة في منطقة الدراسة.

5- تعد البيئات الرطبة والمائية أكثر البيئات حساسية لتأثيرات التغير المناخي في قضاء الهندية.

التوصيات

1- تعزيز برامج مكافحة التصحر وزيادة الغطاء النباتي في المناطق المتدهورة.

2- تحسين إدارة الموارد المائية والتوسع في استخدام تقنيات الري الحديثة.

3- حماية المراعي الطبيعية والحد من الرعي الجائر للحفاظ على استقرار الغطاء النباتي.

4- دعم برامج حماية التنوع الحيوي والمحافظة على الموائل الطبيعية للكائنات الحية.

5- اعتماد نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في متابعة التغيرات البيئية والتصحر.

المصادر

1- الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، بيانات محطة كربلاء المناخية، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٤.

2- مديرية زراعة كربلاء، بيانات الموارد الزراعية والغطاء النباتي والثروة الحيوانية، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٤.

3- مديرية بيئة كربلاء المقدسة، بيانات وتقارير بيئية ودراسة ميدانية، ٢٠٢٤.

4- الهيئة العامة للمساحة، بيانات الخرائط الإدارية والطبوغرافية لمحافظة كربلاء، بيانات غير منشورة.

5- وزارة الموارد المائية العراقية، بيانات الموارد المائية لقضاء الهندية، بيانات غير منشورة.

6- الحُسيني، قصي فاضل، مؤشرات التغير المناخي وبعض آثاره البيئية في العراق، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة بغداد، ٢٠١٢.

7- البديري، أحمد لفته محمد، أثر التغيرات المناخية على اتجاهات التبخر–النتح الممكن وسيناريوهاتها المستقبلية في العراق، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة بغداد، ٢٠١٨.

8- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (**IPCC**)، تقارير التغير المناخي، ٢٠٢٣.

9- حميد رجب عبد الحكيم، المناخ وأثره في زراعة المحاصيل البقولية في العراق، أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد، ٢٠٠٣.

10–وسن علي مهاوي الجابري، تقييم الأقاليم الزراعية المناخية لمحاصيل القمح والشعير والرز في العراق، رسالة ماجستير، الجامعة المستنصرية، ٢٠٢١.