عدد خاص بالندوة العلمية الدولية التعليم الأخضر مسار استراتيجي للتنمية المستدامة ليبيا
2026-6/16-14
الهيئة الليبية للبحث العلمي
المركز الليبي لأبحاث التنمية المستدامة

مجـلـة الفـــاروق للعلـــــوم
المجلــد (2) العـدد 4 يونيـــو 2026
Al-Farooq Journal of Sciences
Volume (2) Issue (4) June2026
Issn3135-2359

دور التعليم الأخضر في تعزيز الوعي بالاستدامة المائية والحد من تلوث التربة والمياه بالنترات

صفاء محمود الديب

كلية الهندسة المدنية- الجامعة الوطنية الخاصة- حماه- سوريا

Role of Green Education in Enhancing Awareness of Water Sustainability and Reducing Soil and Water Pollution by Nitrates

Dr. Eng. Safaa Mahmoud Al-Deeb

Faculty of Civil Engineering, Al-Wataniya Private University, Hama, Syria

safaa-m-aldeeb@wpu.edu.sy

تاريخ الاستلام: 2026/04/01 تاريخ المراجعة 2026 /04/30 تاريخ القبول:2026/05/13- تاريخ النشر: 2026 /06/16

الملخص:

يُعد التعليم الأخضر أحد المفاهيم الحديثة التي تهدف إلى تعزيز الوعي البيئي وترسيخ مبادئ الاستدامة داخل المؤسسات التعليمية، من خلال ربط المعرفة النظرية بالممارسات التطبيقية المرتبطة بحماية الموارد الطبيعية، ولا سيما الموارد المائية. وتبرز أهمية هذا التوجه في ظل تزايد المشكلات البيئية الناتجة عن الممارسات الزراعية غير المستدامة، والتي من أبرزها تلوث التربة والمياه الجوفية بالنترات الناتجة عن الإفراط في استخدام الأسمدة ومياه الري.

يهدف هذا البحث إلى بيان دور التعليم الأخضر في تعزيز الوعي بالاستدامة المائية والحد من تلوث التربة والمياه بالنترات، من خلال تسليط الضوء على العلاقة بين ممارسات الري وانتقال النترات في التربة، وبيان أهمية التوعية البيئية في ترشيد استخدام المياه والأسمدة. كما يستعرض البحث مفاهيم التعليم الأخضر والاستدامة المائية، ودور المؤسسات التعليمية في نشر ثقافة الإدارة الرشيدة للموارد المائية.

اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي، بالاستناد إلى مراجعة الأدبيات العلمية المتعلقة بالتعليم الأخضر والاستدامة البيئية، إضافة إلى توظيف نتائج تطبيقية مستمدة من دراسة سابقة حول انتقال النترات في التربة تحت تأثير الري. وقد أظهرت الدراسة أن زيادة كميات الري وعدم الإدارة السليمة للأسمدة يؤديان إلى زيادة انتقال النترات نحو الأعماق، مما يرفع احتمالية تلوث المياه الجوفية ويؤثر سلباً في البيئة والصحة العامة.

ويخلص البحث إلى أن دمج مفاهيم الاستدامة المائية ضمن برامج التعليم الأخضر يسهم في تعزيز السلوك البيئي المسؤول، ونشر ثقافة الري المستدام، والحد من الممارسات التي تؤدي إلى تلوث الموارد المائية. كما يوصي بضرورة تعزيز البرامج التعليمية والتوعوية المتعلقة بالإدارة المستدامة للمياه داخل المؤسسات التعليمية، وتشجيع تطبيق النماذج البيئية العملية التي تدعم حماية الموارد الطبيعية وتحقيق التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية:

التعليم الأخضر- الاستدامة المائية- تلوث المياه الجوفية- انتقال النترات- ممارسات الري.

Abstract:

Green education is considered one of the modern concepts aimed at enhancing environmental awareness and embedding sustainability principles within educational institutions by linking theoretical knowledge with practical practices related to the protection of natural resources, particularly water resources. The importance of this approach has increased in light of the growing environmental problems resulting from unsustainable agricultural practices, most notably soil and groundwater contamination with nitrates caused by the excessive use of fertilizers and irrigation water.

This research aims to highlight the role of green education in promoting water sustainability awareness and reducing soil and groundwater nitrate pollution by shedding light on the relationship between irrigation practices and nitrate transport in soil, as well as emphasizing the importance of environmental awareness in rationalizing the use of water and fertilizers. The study also reviews the concepts of green

education and water sustainability, and the role of educational institutions in spreading a culture of sound water resource management.
The study adopted the descriptive-analytical approach, based on a review of scientific literature related to green education and environmental sustainability, in addition to employing applied results derived from a previous study on nitrate transport in soil under irrigation influence. The findings revealed that increased irrigation amounts and improper fertilizer management lead to enhanced nitrate leaching into deeper soil layers, thereby increasing the risk of groundwater contamination and negatively affecting the environment and public health.
The study concludes that integrating water sustainability concepts into green education programs contributes to promoting responsible environmental behavior, spreading a culture of sustainable irrigation, and reducing practices that lead to water resource pollution. It also recommends strengthening educational and awareness programs related to sustainable water management within educational institutions, and encouraging the application of practical environmental models that support the protection of natural resources and the achievement of sustainable development.
Keywords: Green education – Water sustainability – Groundwater pollution – Nitrate leaching – Irrigation practices.

1. مقدمة:

يُعدّ الحفاظ على الموارد المائية والتربة من أبرز التحديات البيئية التي تواجه العالم في القرن الحادي والعشرين، نظراً لما تمثله هذه الموارد من أساس مباشر للأمن الغذائي والصحة العامة واستمرارية التنمية المستدامة. وقد أسهم التوسع الزراعي والاستخدام المكثف للأسمدة الكيميائية في ظهور مشكلات بيئية متزايدة، من أهمها تلوث التربة والمياه السطحية والجوفية بمركبات النترات، الأمر الذي يفرض الحاجة إلى مقاربات وقائية تقوم على الوعي البيئي والسلوك المسؤول، وليس على المعالجة التقنية وحدها (علي، 2023).

وتُعد النترات من أكثر الملوثات ارتباطاً بالأنشطة الزراعية، إذ تنتقل عبر التربة بفعل مياه الري والأمطار إلى الطبقات العميقة، ثم تصل إلى المياه الجوفية وتؤثر في جودتها وصلاحيتها للاستخدام. وتزداد خطورة هذه المشكلة في البيئات التي تعاني من ضعف إدارة الري أو الإفراط في استخدام الأسمدة النيتروجينية، حيث تتحول الممارسات الزراعية غير الرشيدة إلى مصدر مستمر لتدهور الموارد المائية والتربة (الديب وآخرون ،2020؛ علي، 2023).

وفي ظل تزايد الضغوط البيئية والمائية، لم تعد حماية الموارد الطبيعية مسؤولية فنية أو هندسية فقط، بل أصبحت قضية تربوية ومجتمعية تتطلب بناء ثقافة بيئية قادرة على توجيه السلوك اليومي للأفراد والمؤسسات. ومن هنا تبرز أهمية التعليم بوصفه مدخلاً استراتيجياً لنشر المعرفة البيئية، وترسيخ قيم المحافظة على المياه والتربة، وتعزيز المشاركة المجتمعية في الحد من مصادر التلوث (باسط، 2024).

ويُعد التعليم الأخضر أحد الاتجاهات التربوية الحديثة التي تسعى إلى دمج مفاهيم الاستدامة البيئية في المناهج والأنشطة والممارسات التعليمية، بما يساعد المتعلمين على فهم القضايا البيئية المعاصرة والتفاعل معها بصورة إيجابية. ولا يقتصر هذا النوع من التعليم على تقديم معلومات عن البيئة، بل يسعى إلى تكوين مهارات واتجاهات وسلوكيات تجعل المتعلم قادراً على اتخاذ قرارات مسؤولة تجاه الموارد الطبيعية (عبد الجواد، 2024).

وتكمن أهمية التعليم الأخضر في قدرته على تحويل المعرفة البيئية إلى ممارسة عملية، من خلال ربط المفاهيم النظرية بسلوكيات يومية مثل ترشيد استهلاك المياه، وتقليل الهدر، وحماية التربة، وتجنب الممارسات التي تؤدي إلى تلوث الموارد المائية. ولذلك فإن إدماج التعليم الأخضر في المؤسسات التعليمية يمثل خطوة مهمة نحو بناء وعي بيئي مستدام لدى الطلبة والمجتمع (باسط، 2024).

وتُعد الاستدامة المائية محوراً رئيساً في التعليم الأخضر، لأن المياه تمثل مورداً حيوياً لا يمكن تحقيق التنمية المستدامة بدونه. فمع تزايد الطلب على المياه وتفاقم آثار التغيرات المناخية والتوسع الزراعي، أصبحت الحاجة ملحة إلى نشر ثقافة الاستخدام الرشيد للمياه، وتعزيز إدراك المتعلمين للعلاقة بين إدارة الموارد المائية وجودة الحياة والتنمية المستقبلية (جورجي، 2024).

ومن بين القضايا التي ينبغي أن يركز عليها التعليم الأخضر مشكلة تلوث المياه بالنترات، لأنها ترتبط مباشرة بسلوك الإنسان في استخدام الأسمدة وإدارة الري. فكلما انخفض الوعي بمخاطر الإفراط في التسميد والري غير المنظم، زادت احتمالات انتقال النترات إلى المياه الجوفية. ومن ثم فإن التوعية البيئية يمكن أن تسهم في الحد من هذه المشكلة من خلال نشر ممارسات زراعية ومائية أكثر استدامة (الديب وآخرون، 2020؛ علي، 2023).

وفي هذا السياق، يمكن للمؤسسات التعليمية أن تؤدي دوراً محورياً في ربط التعليم بقضايا البيئة المحلية، من خلال تضمين مفاهيم الاستدامة المائية وتلوث التربة والمياه ضمن المناهج الدراسية والأنشطة التطبيقية. كما يمكنها تنفيذ مبادرات مدرسية وجامعية تعزز الوعي بترشيد المياه، وتوضح أثر الممارسات الزراعية الخاطئة في تدهور جودة المياه والتربة (عبد الجواد، 2024).

كما أن التعليم الأخضر لا يقتصر أثره على الطلبة داخل القاعات الدراسية، بل يمتد إلى المجتمع من خلال الشراكة بين المؤسسات التعليمية والجهات البيئية والزراعية والمائية. ويسهم هذا التكامل في تحويل المؤسسات التعليمية إلى منصات لنشر الوعي البيئي، ودعم الممارسات المستدامة، وتشجيع المجتمع على المشاركة في حماية الموارد الطبيعية من التلوث والاستنزاف (باسط، 2024؛ جورجي، 2024).

وانطلاقاً من ذلك، تأتي هذه الدراسة لتناول دور التعليم الأخضر في تعزيز الوعي بالاستدامة المائية والحد من تلوث التربة والمياه بالنترات، باعتباره مدخلاً وقائياً يجمع بين المعرفة البيئية والتغيير السلوكي والممارسات المستدامة. ومن ثم فإن تعزيز التعليم الأخضر يمثل ضرورة علمية ومجتمعية لدعم حماية الموارد المائية والتربة، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة في بعدها البيئي والتربوي.

2. مشكلة الدراسة

على الرغم من تزايد الاهتمام العالمي بالتعليم الأخضر بوصفه أداة فاعلة لتعزيز الوعي البيئي ودعم أهداف التنمية المستدامة، فإن مشكلة تلوث التربة والمياه بالنترات ما تزال تمثل أحد أبرز التحديات البيئية المرتبطة بالممارسات الزراعية غير المستدامة وسوء إدارة الموارد المائية. وتشير الأدبيات الحديثة إلى أهمية التوعية البيئية في الحد من هذه المشكلات، إلا أن الدراسات التي تناولت الدور المباشر للتعليم الأخضر في تعزيز الوعي بالاستدامة المائية والحد من تلوث التربة والمياه بالنترات ما تزال محدودة، خاصة في السياقات العربية.

ومن هذا المنطلق، تتمثل مشكلة الدراسة في الحاجة إلى فهم الكيفية التي يمكن من خلالها للتعليم الأخضر أن يسهم في تنمية الوعي بالاستدامة المائية وتعزيز السلوكيات البيئية المسؤولة القادرة على الحد من تلوث التربة والمياه بالنترات، بما يدعم جهود حماية الموارد الطبيعية وتحقيق التنمية المستدامة.

3. أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

- التعرف على مفهوم التعليم الأخضر وأبعاده المرتبطة بالاستدامة البيئية.
- إبراز أهمية التعليم الأخضر في تعزيز الوعي بالاستدامة المائية.
- توضيح العلاقة بين الممارسات الزراعية غير المستدامة وتلوث التربة والمياه بالنترات.
- استكشاف دور المؤسسات التعليمية في نشر ثقافة المحافظة على الموارد المائية والتربة.
- بيان إسهام التعليم الأخضر في الحد من السلوكيات والممارسات المؤدية إلى تلوث التربة والمياه بالنترات.

4. أهمية الدراسة

تنبع أهمية الدراسة من الأهمية المتزايدة لقضايا الاستدامة المائية وحماية الموارد الطبيعية في ظل التحديات البيئية الراهنة، وتتمثل أهميتها فيما يلي:

أولاً: الأهمية العلمية

- تسهم في إثراء الأدبيات العلمية المتعلقة بالتعليم الأخضر والاستدامة البيئية.
- تسلط الضوء على العلاقة بين التعليم الأخضر والوعي بالاستدامة المائية.
- تعالج موضوعاً حديثاً يجمع بين التربية البيئية وإدارة الموارد الطبيعية.

ثانياً: الأهمية التطبيقية

- تدعم جهود المؤسسات التعليمية في دمج مفاهيم الاستدامة المائية ضمن البرامج التعليمية.
- تساعد صناع القرار والجهات المعنية على تطوير برامج توعوية للحد من تلوث التربة والمياه بالنترات.
- تسهم في تعزيز السلوكيات البيئية المسؤولة المرتبطة بالاستخدام الرشيد للمياه والأسمدة.
- تدعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة المرتبطة بالمياه والبيئة والتعليم.

5. حدود الدراسة:

- **الحدود الموضوعية**: تقتصر الدراسة على بيان دور التعليم الأخضر في تعزيز الوعي بالاستدامة المائية والحد من تلوث التربة والمياه بالنترات.
- **الحدود المعرفية**: تركز الدراسة على مفاهيم التعليم الأخضر والاستدامة المائية وتلوث التربة والمياه بالنترات والعلاقة بينها.
- **الحدود المكانية:** أُجريت الدراسة في حمص وسط الجمهورية العربية السورية.
- **الحدود الزمنية**: الفترة الممتدة بين 2023/2004.

6. المراجعة النظرية:

1.6 مفهوم التعليم الأخضر وعلاقته بالاستدامة المائية

يُعد التعليم الأخضر أحد الاتجاهات التربوية الحديثة التي تسعى إلى دمج مفاهيم الاستدامة البيئية في المناهج والأنشطة التعليمية والممارسات المؤسسية، بهدف بناء وعي بيئي قادر على توجيه السلوك الفردي والمجتمعي نحو حماية الموارد الطبيعية. ولا يقتصر التعليم الأخضر على تقديم المعرفة البيئية، بل يمتد إلى تنمية القيم والمهارات والسلوكيات التي تساعد المتعلمين على التعامل مع القضايا البيئية بصورة مسؤولة، مثل ترشيد استخدام المياه، والحد من التلوث، وحماية التربة، وتعزيز أنماط الحياة المستدامة (Akinsemolu & Onyeaka, 2025).

وترتبط الاستدامة المائية ارتباطاً وثيقاً بالتعليم الأخضر، إذ تمثل المياه محوراً أساسياً في تحقيق التنمية المستدامة، خاصة في ظل تزايد الضغوط الناتجة عن النمو السكاني، والتوسع الزراعي، والتغيرات المناخية. وتؤكد الدراسات الحديثة أن تعليم الاستدامة المائية ينبغي أن يركز على بناء المعرفة المرتبطة بدورة المياه، ومصادر التلوث، وأنماط الاستهلاك الرشيد، بما يساعد المتعلمين على فهم العلاقة بين السلوك البشري وجودة الموارد المائية (Li et al., 2024).

2.6 الأهداف البيئية للتعليم الأخضر

يسعى التعليم الأخضر إلى تحقيق مجموعة من الأهداف البيئية، أهمها تعزيز الوعي بالقضايا البيئية المعاصرة، وتنمية التفكير النقدي تجاه المشكلات المرتبطة بتدهور الموارد الطبيعية، وبناء سلوكيات مسؤولة تجاه المياه والتربة والهواء. كما يهدف إلى تحويل المعرفة البيئية إلى ممارسات يومية، مثل تقليل الهدر، وترشيد استخدام المياه، والحد من استخدام المواد الكيميائية الضارة، وتشجيع الحلول القائمة على الاستدامة (Akinsemolu & Onyeaka, 2025).

وفي السياق العربي، تؤكد الدراسات الحديثة أن تضمين مبادئ التعليم الأخضر في المناهج الدراسية ما يزال بحاجة إلى مزيد من التطوير، خاصة في الموضوعات المرتبطة بالمياه والطاقة والتغير المناخي والتلوث. فقد بينت القحطاني (2024) أن تقويم مناهج علم البيئة في ضوء مبادئ التعليم الأخضر يكشف أهمية إعادة بناء المحتوى التعليمي بما يعزز التفكير المستدام، واتخاذ القرار البيئي، وربط التعليم بالمشكلات البيئية الواقعية.

3.6 دور المؤسسات التعليمية في نشر الوعي المائي

تؤدي المؤسسات التعليمية دوراً محورياً في نشر الوعي المائي، لأنها تمثل بيئة منظمة قادرة على تشكيل اتجاهات المتعلمين وسلوكياتهم منذ المراحل التعليمية المبكرة. ويمكن للمدارس والجامعات أن تسهم في تعزيز الاستدامة المائية من خلال إدراج مفاهيم إدارة المياه في المناهج الدراسية، وتنفيذ الأنشطة التطبيقية، وتنظيم الحملات التوعوية، وتشجيع الطلبة على المشاركة في مبادرات حماية الموارد المائية (Li et al., 2024).

وتشير الأدبيات الحديثة إلى أن المعرفة وحدها لا تكفي لتحقيق السلوك المستدام، بل يجب أن تقترن بالاتجاهات الإيجابية والممارسات الفعلية. فقد أوضحت دراسة الحداد وآخرين أن معرفة الأفراد بقضايا الاستدامة المائية تؤثر إيجابياً في اتجاهاتهم وسلوكياتهم المرتبطة بتقليل استهلاك المياه وإعادة استخدامها وترشيدها، مما يؤكد أهمية الربط بين التعليم والوعي والممارسة العملية (AlHaddid et al., 2024).

4.6 النترات كمصدر لتلوث التربة والمياه

تُعد النترات من أكثر أشكال النيتروجين قابلية للذوبان والحركة في التربة، الأمر الذي يجعلها عرضة للانتقال مع مياه الري والأمطار إلى الطبقات العميقة، ومنها إلى المياه الجوفية. وترتبط مشكلة تلوث المياه بالنترات غالباً بالممارسات الزراعية غير المستدامة، خصوصاً الاستخدام المفرط للأسمدة النيتروجينية والمخلفات العضوية وسوء إدارة الري (Hossain et al., 2023).

وتشير الدراسات إلى أن المدخلات الزراعية، وخاصة الأسمدة النيتروجينية والسماد العضوي، تمثل المصدر الأكبر لتلوث المياه الجوفية بالنترات في البيئات الريفية والزراعية. وقد أظهرت مراجعة حديثة أن هذه المدخلات تسهم بنسبة كبيرة في تلوث المياه الجوفية بالنترات، مما يجعل إدارة الأسمدة والمياه عاملاً رئيسياً في الحد من المخاطر البيئية والصحية المرتبطة بهذا النوع من التلوث (Hossain et al., 2023).

5.6 تأثير ممارسات الري في انتقال النترات

تلعب ممارسات الري دوراً حاسماً في تحديد حركة النترات داخل التربة وانتقالها إلى المياه الجوفية. فعندما تُستخدم كميات من المياه تفوق حاجة النبات، تزداد عملية الغسل، مما يؤدي إلى انتقال النترات من منطقة الجذور إلى طبقات أعمق من التربة. ويكون هذا التأثير أكثر وضوحاً في الأراضي ذات النفاذية العالية أو في أنظمة الري التقليدية التي لا تراعي الاحتياجات الفعلية للنبات (Lyra et al., 2024).

كما تشير النماذج البيئية الحديثة إلى أن التغيرات المناخية قد تزيد من تعقيد مشكلة انتقال النترات، من خلال تأثيرها في توازن الموارد المائية، وأنماط الأمطار، واحتياجات الري، وحركة الملوثات داخل التربة. ولذلك فإن إدارة الري بطريقة علمية، واعتماد تقنيات أكثر كفاءة مثل الري بالتنقيط وجدولة الري، يُعدان من الإجراءات المهمة للحد من تسرب النترات والمحافظة على جودة المياه الجوفية (Lyra et al., 2024).

6.6 المخاطر البيئية والصحية لتلوث المياه بالنترات

يمثل تلوث المياه بالنترات خطراً بيئياً وصحياً متزايداً، لأنه يؤثر في صلاحية المياه للاستخدام البشري والزراعي، كما يسهم في تدهور النظم البيئية المائية. ويؤدي وصول النترات إلى المسطحات المائية إلى زيادة احتمالية حدوث التخثث، وهو ما يسبب اختلالاً في التوازن البيئي وانخفاض جودة المياه. أما في المياه الجوفية، فإن خطورة النترات تزداد بسبب صعوبة معالجتها واستمرار أثرها لفترات طويلة (Pan et al., 2024).

وترتبط المستويات المرتفعة من النترات في مياه الشرب بمخاطر صحية، خاصة لدى الأطفال الرضع، إضافة إلى آثار محتملة عند التعرض المزمن. وتؤكد الدراسات أن مواجهة هذه المشكلة تتطلب الجمع بين تحسين الممارسات الزراعية، وتنظيم استخدام الأسمدة، وتطوير سياسات مراقبة جودة المياه، وتعزيز الوعي البيئي لدى الفئات المرتبطة باستخدام المياه والتربة ((Hossain et al., 2023; Pan et al., 2024.

7.6 التعليم الأخضر كمدخل للحد من تلوث النترات

يمكن للتعليم الأخضر أن يؤدي دوراً وقائياً مهماً في الحد من تلوث التربة والمياه بالنترات، من خلال رفع وعي المتعلمين والمزارعين والمجتمع المحلي بالعلاقة بين الإفراط في استخدام الأسمدة وسوء إدارة الري وتدهور جودة المياه. فكلما زاد فهم الأفراد لمسارات انتقال النترات وآثارها، زادت قدرتهم على تبني ممارسات أكثر استدامة في استخدام المياه والأسمدة (Akinsemolu & Onyeaka, 2025).

وتظهر أهمية هذا الدور في أن معالجة تلوث النترات لا تعتمد فقط على الحلول الفنية، بل تحتاج إلى تغيير سلوكي وثقافي طويل المدى. ومن ثم يمكن للمؤسسات التعليمية أن تسهم في بناء هذا التغيير من خلال المناهج، والأنشطة التطبيقية، والمشاريع البحثية، والشراكات المجتمعية التي تربط التعليم بقضايا المياه والتربة والزراعة المستدامة (Li et al., 2024; AlHaddid et al., 2024).

8.6 الفجوة النظرية التي تعالجها الدراسة

رغم تزايد الاهتمام العالمي بالتعليم الأخضر والاستدامة المائية، فإن الأدبيات ما تزال تميل إلى تناول هذه الموضوعات بصورة منفصلة؛ فبعض الدراسات تركز على التعليم الأخضر بوصفه مدخلاً عاماً لتحقيق التنمية المستدامة، بينما تركز دراسات أخرى على تلوث النترات من منظور بيئي أو زراعي أو هيدرولوجي. وتبقى العلاقة التكاملية بين التعليم الأخضر، والوعي بالاستدامة المائية، والحد من تلوث التربة والمياه بالنترات أقل حضوراً في الدراسات العربية والنامية.

وعليه، تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال تقديم مقاربة نظرية تربط بين التعليم الأخضر بوصفه أداة للتوعية والتغيير السلوكي، والاستدامة المائية بوصفها هدفاً بيئياً وتنموياً، وتلوث النترات بوصفه مشكلة تطبيقية يمكن الحد منها عبر التعليم والممارسة المستدامة. وبذلك تقدم الدراسة إطاراً تحليلياً يساعد على فهم كيف يمكن للمؤسسات التعليمية أن تسهم في حماية المياه والتربة من خلال بناء وعي بيئي مسؤول.

7. منهجية البحث:

اعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة دور التعليم الأخضر في تعزيز الوعي بالاستدامة المائية والحد من تلوث التربة والمياه بالنترات، وذلك من خلال تحليل العلاقة بين التوعية البيئية والممارسات المرتبطة باستخدام المياه والأسمدة النيتروجينية، إضافة إلى دراسة تأثير النشاط الزراعي وأنظمة الري في انتقال النترات إلى المياه الجوفية.

واعتمد الجانب النظري على مراجعة مجموعة من المصادر العلمية والدراسات السابقة المتعلقة بالتعليم الأخضر والاستدامة المائية وتلوث المياه بالنترات، بهدف بناء إطار علمي يوضح أبعاد المشكلة البيئية وأهمية التوعية البيئية في الحد من آثارها.

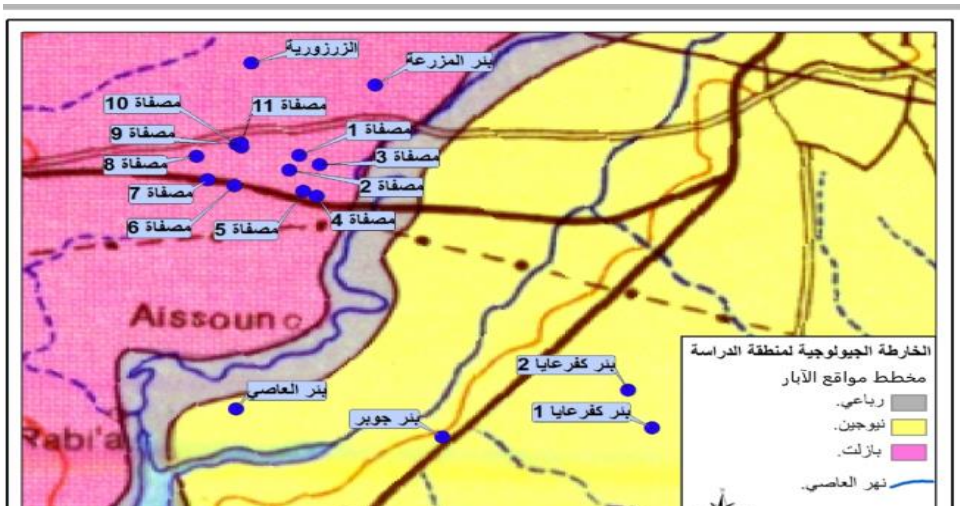
أما الجانب التطبيقي فقد استند إلى بيانات ودراسات ميدانية سابقة أُجريت في منطقة الدراسة تناولت تغير تراكيز النترات في المياه الجوفية وعلاقتها بالنشاط الزراعي وممارسات الري، حيث تم الاستفادة من نتائجها في تحليل التوزع المكاني والزماني للنترات وتفسير أثر المساحات المزروعة في تلوث الموارد المائية. كما تم الاعتماد على أساليب التحليل الوصفي والمقارن والمكاني لدراسة تغير تراكيز النترات خلال أشهر السنة وعلاقتها بمواسم الري، إضافة إلى استخدام أسلوب الاستيفاء المكاني لتحليل توزع النترات وتحديد المناطق الأكثر تأثراً بالتلوث. كذلك تم توظيف التحليل الارتباطي لدراسة العلاقة بين اتساع المساحات الزراعية وارتفاع تراكيز النترات في المياه الجوفية، بهدف تفسير تأثير الأنشطة الزراعية في تلوث الموارد المائية ودعم مفاهيم الاستدامة المائية والإدارة البيئية الرشيدة.

8. منطقة الدراسة:

أُجريت الدراسة في منطقة بساتين حمص الغربية الواقعة في محافظة حمص وسط الجمهورية العربية السورية، والتي تضم عدداً من القرى ذات النشاط الزراعي، منها المزرعة، الزرزورية، كفرعايا، جوبر، وتل الشور، إضافة إلى المنطقة المحيطة بمصفاة حمص. وتتميز المنطقة بكثافة النشاط الزراعي واعتمادها على مياه الري والأسمدة النيتروجينية، مما يجعلها من المناطق المعرضة لتلوث المياه الجوفية بالنترات. وتعرّف منطقة الدراسة باسم (خط النترات) من قبل المؤسسة العامة لمياه الشرب بمحافظة حمص، لأن آبار مياه الشرب الموجودة فيها تتلوث بين الحين والآخر بالنترات، الشكل (1).

تتأثر منطقة الدراسة بمناخ البحر الأبيض المتوسط، الذي يتميز بشتاء معتدل نسبياً وصيف حار وجاف، وتعتبر من المناطق نصف الجافة، ويتوزع الهطول المطري القليل نسبياً من شهر تشرين الأول حتى شهر أيار، وينعدم في فصل الصيف. كما تتأثر المنطقة بالسلاسل الجبلية التي تفصل بينها وبين البحر الأبيض المتوسط، حيث تصطدم الرياح الغربية المحملة بالرطوبة بهذه السلاسل الجبلية وتفرغ حمولتها فوقها، وهذا ما يفسر تدني الهطول المطري السنوي الذي يبلغ (400 mm/year) تقريباً، وتعتبر منطقة استقرار ثانية من حيث الهطول.

تظهر في منطقة الدراسة توضعات تعود إلى عمر النيوجين، حيث نرى توضعات النيوجين (البليوسين) إلى الشرق من منطقة الدراسة، إضافةً إلى توضعات تعود إلى عمر الرباعي، وتتوضع الصخور البازلتية على الحدود الغربية للمنطقة، والتي تعود أيضاً الى عمر النيوجين (البليوسين) المتميز بانتشار الصبات البازلتية.



الشكل (1): خارطة منطقة الدراسة وعمرها الجيولوجي

9. الدراسة التطبيقية:

تُعد دراسة تلوث المياه الجوفية بالنترات من الموضوعات البيئية المهمة التي تعكس تفاعل الأنشطة البشرية مع النظم البيئية، ولا سيما في المناطق الزراعية التي يزداد فيها استخدام الأسمدة الكيميائية. وفي إطار الدراسة التطبيقية الحالية، تم تحليل هذه الظاهرة من عدة جوانب بهدف فهم سلوك النترات في النظام البيئي بشكل شامل، وذلك من خلال قياس تراكيزها في التربة، ودراسة التغيرات الشهرية في المياه الجوفية، إضافة إلى تحليل التوزيع المكاني لها داخل منطقة الدراسة. ويساهم هذا التكامل في توضيح العلاقة بين النشاط الزراعي ومستويات التلوث، ضمن منظور يعزز مفاهيم التعليم الأخضر والاستدامة البيئية.

9-1 العلاقة بين النشاط الزراعي وتركيز النترات:

تضم منطقة البحث تجمعات سكانية يعتمد أغلب أهلها على الزراعة، وأهم المزروعات في المنطقة هي الحبوب والبقوليات والخضار، كما يوجد بعض الأشجار المثمرة مثل الزيتون. تغلب طرق الري التقليدية على معظم الأراضي المروية، إضافة إلى طرق الري الحديث (الرذاذ والتنقيط) في بعض الأجزاء من المنطقة.

لوحظ من خلال الجولات الميدانية والاستقصاءات الحقلية أنّ السماد الآزوتي يطبق بمعدل Kg/ha (500-750) لمعظم المحاصيل المزروعة، مع ملاحظة أنّ هذه الكميات من السماد تعطى للتربة دون الأخذ بعين الاعتبار الإرشادات الزراعية والالتزام بالكميات المطلوبة حسب حاجة المحصول والتي هي أقل من الكمية المعطاة، علماً أنّ السماد الآزوتي عنصر سريع الذوبان وشديد الحركة في التربة، مما يؤدي إلى زيادة تركيز النترات في منطقة الدراسة.

9-2 تجارب قياس النترات في التربة المنجزة:

يعرف تلوث التربة الزراعية بأنه العامل الذي يغيّر من صفاتها وخواصها مما يؤثر سلباً على المحاصيل الزراعية، الأمر الذي يؤدي إلى الإضرار بصحة الإنسان. يؤدي الاستخدام المتزايد للنترات كسماد زراعي إلى فقد جزء كبير منها باتجاه العمق عن طريق غسل التربة، مما يسبب تلوث المياه الجوفية، وتتوقف كمية النترات المغسولة من التربة على عدة عوامل أهمها: كمية المياه المتسربة- كمية النترات في التربة - نوع التربة - الخطة الزراعية، ويكون الفقد أكبر ما يمكن في الأراضي الرملية بسبب نفاذيتها العالية، وتسبّب الأنشطة الزراعية المكثفة استنزاف مستمر للعناصر الغذائية الموجودة بالتربة وخاصة النتروجين، وتؤدي محدودية استخدام الأسمدة العضوية والاتجاه نحو استخدام الأسمدة الكيمائية وخاصة الآزوتية إلى التلوث بالنترات. تمّ أخذ عينات تربة من عدة مواقع من منطقة الدراسة وبأعماق مختلفة، وذلك قبل التسميد والري لإجراء تجارب قياس كمية النترات في التربة ومقارنتها مع جدول تصنيف محتوى الترب بالنترات، المعطى من قبل منظمة الأغذية والزراعة العالمية (FAO 2007)، جدول (1).

أظهرت نتائج هذه التجارب، الجداول (2)، (3)، (4)، أنّ تربة أراضي قرى الزرزورية وجوبر وتل الشور ذات محتوى منخفض من النترات، بينما كان المحتوى متوسطاً في أراضي قرية المزرعة، أمّا أراضي قرية كفرعايا فهي ذات محتوى عالي من النترات، كما نلاحظ أن تركيز النترات في كافة المواقع هو أعلى في طبقة التربة السطحية منه في العمق الجذري بشكل عام، بسبب أن شعيرات جذور النباتات التي تمتص السماد الآزوتي تقترب من العمق (90 cm).

جدول (1): تصنيف التربة الزراعية حسب المحتوى بالنترات (FAO 2007)

محتوى التربة من النترات (mg/L)	توصيف المحتوى
< 5	منخفض جداً
6-15	منخفض
16-30	متوسط
31-40	عالي
> 40	عالي جداً

جدول (2): نتائج تجربة قياس محتوى مستخلص التربة من النترات عام 2018

القرية	تركيز النترات في التربة (mg/L)		
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
الزرزورية	9.6	7.2	4.8
المزرعة	18.2	8.9	7.2
كفرعايا	36.5	11.3	7.6
جوبر	8.1	4.4	3.9
تل الشور	9.6	7.1	5.5

جدول (1): نتائج تجربة قياس محتوى مستخلص التربة من النترات عام 2020

القرية	تركيز النترات في التربة (mg/L)		
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
الزرزورية	12.4	9.3	5.6
المزرعة	16.7	10.1	6.8
كفرعايا	34.3	12.2	7.9
جوبر	7.8	4.9	4.7
تل الشور	10.1	7.5	6.1

جدول (4): نتائج تجربة قياس محتوى مستخلص التربة من النترات عام 2023

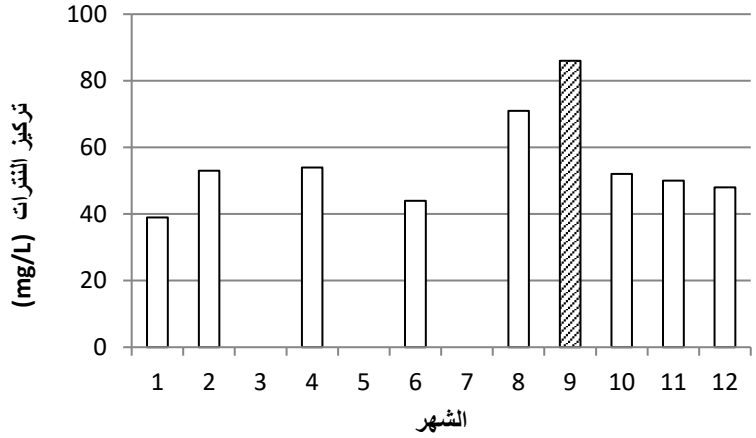
القرية	تركيز النترات في التربة (mg/L)		
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
الزرزورية	11.2	8.6	5.1
المزرعة	17.1	14.8	6.5
كفرعايا	32.1	10.7	6.3
جوبر	6.3	5.0	4.2
تل الشور	8.2	6.0	5.6

3-9 تغيّر تركيز النترات الشهرية في المياه الجوفية:

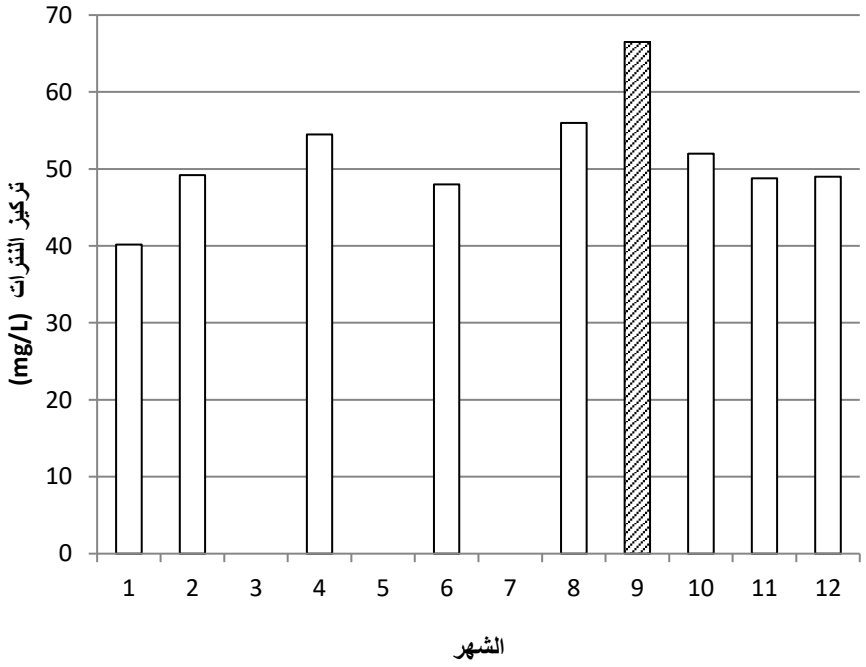
تمّ الحصول على البيانات المتوفرة من عام 2004 جتى عام 2023 لرسم منحنيات تغير تركيز النترات الدورية خلال العام الواحد من مخبر التحاليل الكيميائية للمؤسسة العامة لمياه الشرب بمحافظة حمص لقرية كفرعايا الأشكال(2، 3، 4). بعد دراسة وتحليل هذه المنحنيات في الأعوام المدروسة لبئر مياه الشرب في قرية كفرعايا تم الاكتفاء بعرض 3 منحنيات منها

عام (2023،2019،2004)، ولوحظ ظهور التلوث في هذا البئر بمعظم أشهر العام مع زيادة ملحوظة بتركيز النترات في شهر أيلول (نهاية موسم الري)، حيث وصلت قيم تركيز النترات فيه إلى mg/L (86-68-61) في الأعوام المذكورة أعلاه على الترتيب.

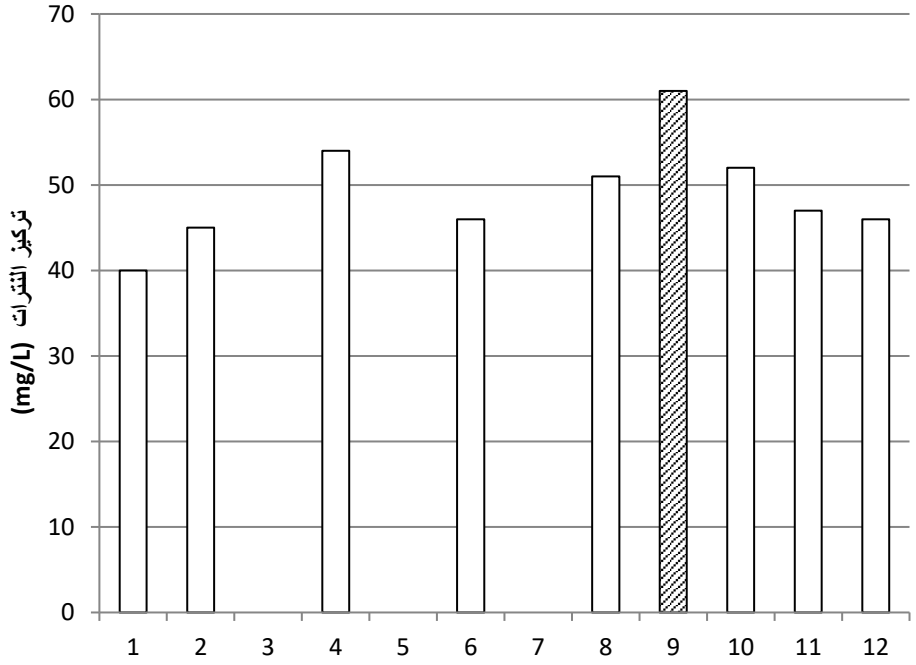
تبيّن من المقارنات السابقة للقياسات الدورية في المواقع المذكورة أعلاه أنّ قيمة تركيز النترات تبلغ ذروتها في جميع آبار مياه الشرب في شهر أيلول من كل عام، أي نهاية موسم الري.



شكل(2): تغيّر تركيز النترات الشهرية عام 2004 في بئر كفرعايا



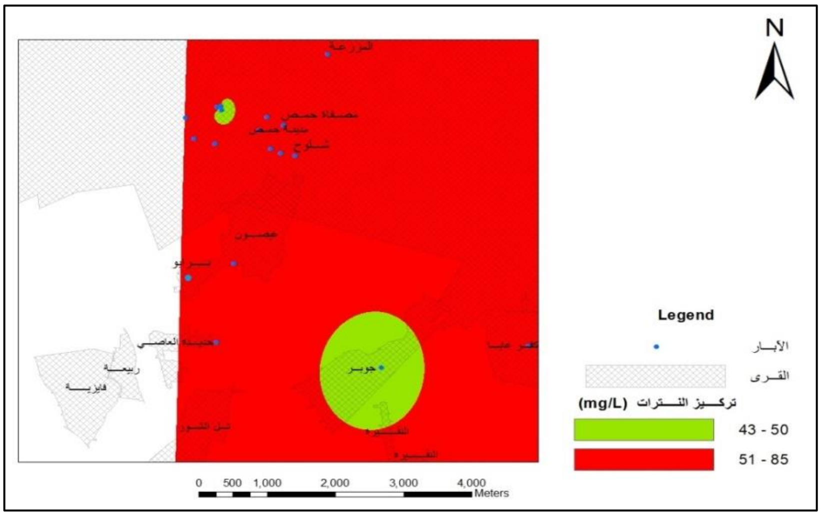
شكل(3): تغيّر تركيز النترات الشهرية عام 2019 في بئر كفرعايا



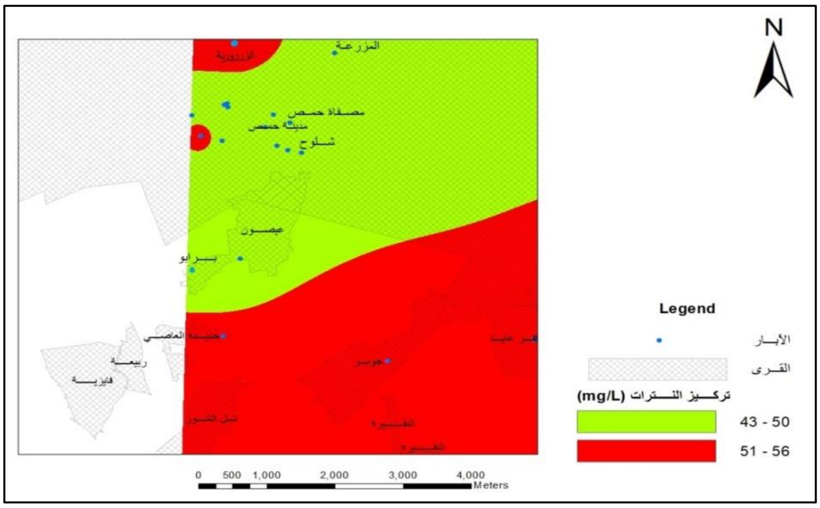
شكل(4): تغيّر تركيز النترات الشهرية عام 2023 في بئر كفرعايا

4-9 التوزع المكاني للنترات:

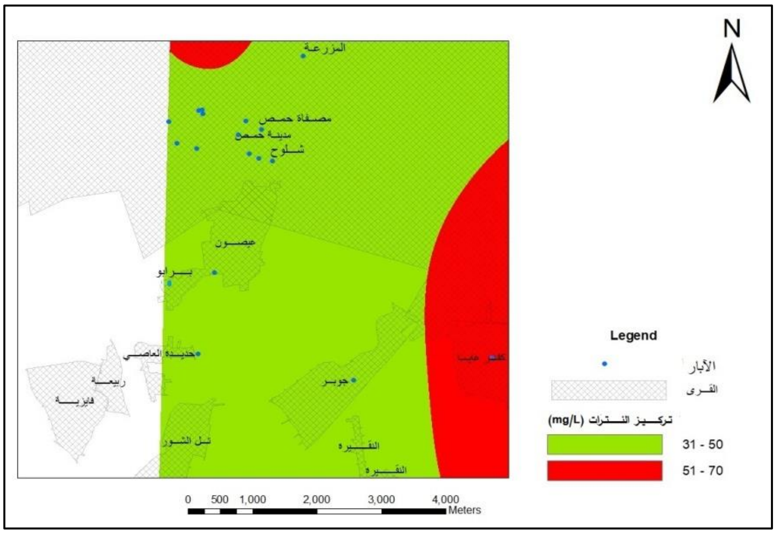
تمّ في هذه الدراسة معالجة البيانات اللازمة بعد الحصول عليها (مناسيب الآبار وإحداثياتها وغيرها من البيانات المطلوبة)، وإجراء عمليات النمذجة باستخدام عدة نماذج رياضية ضمن بيئة برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لمراقبة مقدار تلوث المياه الجوفية بالنترات واتجاهه، ومن ثمّ تحليل النتائج للحصول على خارطة التلوث. أظهرت الأشكال (5،6،7) نتائج تطبيق النموذج (IDW) الذي يبين خارطة المياه الجوفية الملوثة بالنترات والتوزع المكاني لها في منطقة البحث خلال الأعوام المدروسة (2004حتى 2023)، حيث يعبّر اللون الأحمر عن تجاوز تركيز النترات القيمة المسموح بها التي وضعتها منظمة الصحة العالمية (WHO,2017)، والتي تعادل (50 mg/L)، وبالتالي تعتبر جميع الآبار الموجودة في المنطقة الحمراء ملوثة، بينما على عكس ذلك يعبّر اللون الأخضر عن قيم تركيز النترات المسموحة في المياه الجوفية، وبالتالي فإنّ جميع آبار مياه الشرب الموجودة في المنطقة الخضراء من موقع البحث وفي كافة الأعوام المدروسة صالحة للشرب وغير ملوثة. كما تبين نتائج تحليل الاستيفاء المكاني للنترات أنّ هناك توزع غير مستقر للتلوث في منطقة البحث، فهو يتبدل من حيث كبر وصغر المساحة الملوثة وتغيّر مكانها، إضافةً إلى ارتفاع وانخفاض تركيز النترات في المياه الجوفية من عام إلى آخر، حيث ينعدم التلوث في مواقع ويظهر في مواقع أخرى، مع بقاء التلوث ظاهراً في مياه قرية كفرعايا باستثناء الأعوام التي توقف النشاط الزراعي،



الشكل(5): خارطة المياه الجوفية الملوثة بالنترات عام 2004



الشكل (6): خارطة المياه الجوفية الملوثة بالنترات عام 2019



الشكل (7): خارطة المياه الجوفية الملوثة بالنترات عام 2023

5-9 دور التعليم الأخضر في الحد من التلوث بالنترات:

يُعدّ التعليم الأخضر أحد المداخل التربوية الفاعلة في تعزيز الوعي البيئي والحد من المشكلات البيئية الناتجة عن الأنشطة البشرية، ولاسيما تلوث المياه الجوفية بالنترات المرتبط بالممارسات الزراعية غير المستدامة. ويقوم هذا النوع من التعليم على بناء فهم متكامل لدى الأفراد حول أهمية حماية الموارد الطبيعية، وتوجيه السلوكيات نحو الاستخدام المسؤول للموارد المائية والزراعية. وفي هذا السياق، تتعدد أدوار التعليم الأخضر في الحد من التلوث بالنترات من خلال مجموعة من الآليات التوعوية والتطبيقية التي سيتم تناولها في الفقرات التالية:

9-5-1 نشر ثقافة الري المستدام:

تُعد ثقافة الري المستدام من المفاهيم الأساسية المرتبطة بتحقيق الاستدامة المائية وحماية الموارد الطبيعية، إذ تهدف إلى ترشيد استخدام المياه في القطاع الزراعي والحد من الآثار البيئية الناتجة عن سوء إدارة الري والأسمدة. ويكتسب هذا المفهوم أهمية متزايدة في ظل التحديات البيئية المعاصرة المتمثلة في ندرة المياه وتزايد معدلات تلوث التربة والمياه الجوفية بالنترات.

ويقوم الري المستدام على مجموعة من الممارسات التي تسهم في تحسين كفاءة استخدام المياه، مثل اعتماد تقنيات الري الحديثة كالري بالتنقيط، وتحديد الاحتياجات المائية للنبات بدقة، وتقليل الفاقد المائي الناتج عن الري العشوائي أو المفرط. كما يساهم في الحد من انتقال الملوثات الزراعية نحو الطبقات العميقة من التربة والمياه الجوفية، وخاصة مركبات النترات الناتجة عن الاستخدام غير الرشيد للأسمدة الكيميائية.

وتبرز أهمية التعليم الأخضر في نشر ثقافة الري المستدام من خلال تعزيز الوعي البيئي لدى الطلاب والمتعلمين، وربط المفاهيم النظرية بالممارسات التطبيقية المتعلقة بحماية الموارد المائية. ويمكن للمؤسسات التعليمية أن تؤدي دوراً مهماً في هذا المجال عبر تضمين مفاهيم الإدارة المستدامة للمياه ضمن المناهج التعليمية، وتنظيم الأنشطة البيئية والتوعوية، إضافة إلى تنفيذ نماذج تطبيقية مبسطة لأنظمة الري الحديثة داخل المدارس والجامعات.

كما يسهم نشر ثقافة الري المستدام في بناء سلوك بيئي مسؤول لدى الأفراد، وتشجيع الاستخدام الرشيد للمياه والأسمدة، مما ينعكس إيجاباً على حماية التربة والمياه الجوفية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة، خاصة في المناطق التي تعاني من محدودية الموارد المائية والاعتماد الكبير على الزراعة المروية.

9-5-2 التوعية بالاستخدام الرشيد للأسمدة:

تُعد التوعية بالاستخدام الرشيد للأسمدة من أهم الممارسات المرتبطة بحماية التربة والموارد المائية وتحقيق الاستدامة البيئية، إذ يؤدي الاستخدام المفرط وغير المنظم للأسمدة الكيميائية، خاصة الأسمدة النيتروجينية، إلى زيادة تراكيز النترات في التربة وتسربها نحو المياه الجوفية، مما يسبب تلوثاً بيئياً يؤثر سلباً في النظام البيئي وصحة الإنسان.

ويعتمد الاستخدام الرشيد للأسمدة على تحقيق التوازن بين تلبية الاحتياجات الغذائية للنبات وتقليل الفاقد من الأسمدة، وذلك من خلال تحديد الكميات المناسبة وفقاً لنوع التربة والمحصول والاحتياجات المائية، إضافة إلى اختيار مواعيد الإضافة المناسبة وتجنب الإفراط في التسميد. كما تسهم الإدارة السليمة للأسمدة في رفع كفاءة الإنتاج الزراعي والحد من تدهور التربة وتقليل المخاطر البيئية المرتبطة بترشيح النترات.

وتبرز أهمية التعليم الأخضر في تعزيز الوعي بمخاطر الاستخدام العشوائي للأسمدة ونشر ثقافة الإدارة المستدامة للموارد الزراعية والمائية، حيث يمكن للمؤسسات التعليمية أن تؤدي دوراً فاعلاً في توعية الطلاب والمجتمع بأهمية الاستخدام المسؤول للأسمدة وتأثيره المباشر على جودة المياه والتربة. كما يمكن إدراج مفاهيم التسميد المستدام ضمن البرامج التعليمية والأنشطة البيئية، وربطها بممارسات الري المستدام وحماية الموارد الطبيعية.

ويسهم نشر الوعي بالاستخدام الرشيد للأسمدة في تقليل تلوث المياه الجوفية بالنترات، والحفاظ على التوازن البيئي، وتعزيز مفاهيم التنمية المستدامة، خاصة في المناطق الزراعية التي تعتمد بصورة كبيرة على الأسمدة الكيميائية والري المكثف.

9-5-3 دمج مفاهيم الاستدامة المائية بالتعليم

تُعد الاستدامة المائية من القضايا البيئية الأساسية المرتبطة بحماية الموارد الطبيعية وضمان استمرارية توافر المياه للأجيال القادمة، الأمر الذي جعل من دمج مفاهيمها ضمن العملية التعليمية ضرورة ملحة في ظل التحديات البيئية المتزايدة، كندرة المياه والتلوث والاستنزاف المفرط للموارد المائية.

ويهدف دمج مفاهيم الاستدامة المائية بالتعليم إلى تنمية الوعي البيئي لدى الطلاب وتعزيز فهمهم لأهمية الإدارة الرشيدة للمياه، من خلال ربط المفاهيم النظرية بالممارسات التطبيقية المتعلقة بترشيد الاستهلاك وحماية المياه من التلوث. كما يسهم ذلك في بناء سلوكيات إيجابية قائمة على الاستخدام المسؤول للمياه وتعزيز ثقافة الحفاظ على الموارد الطبيعية.

ويمكن للمؤسسات التعليمية أن تؤدي دوراً محورياً في تحقيق هذا الهدف عبر تضمين موضوعات الاستدامة المائية ضمن المناهج الدراسية والأنشطة البيئية، مثل التوعية بطرق الري الحديثة، وأهمية تقليل الهدر المائي، ومخاطر تلوث المياه الجوفية بالنترات والملوثات الزراعية الأخرى. كما يمكن تعزيز الجانب التطبيقي من خلال تنفيذ مبادرات بيئية داخل المدارس والجامعات، كإنشاء نماذج مبسطة لأنظمة الري المستدام أو حملات توعوية لترشيد استهلاك المياه.

ويُسهم التعليم الأخضر في دعم هذا التوجه من خلال إعداد أفراد أكثر وعياً بالقضايا البيئية والمائية، وقادرين على تبني ممارسات مستدامة تساعد في حماية الموارد المائية وتحقيق التنمية المستدامة. كما أن نشر الثقافة المائية داخل المؤسسات التعليمية يُعد خطوة أساسية نحو بناء مجتمعات أكثر قدرة على مواجهة التحديات البيئية المستقبلية.

10. النتائج:

1. أظهرت الدراسة أن ممارسات الري غير الرشيدة والإفراط في استخدام الأسمدة النيتروجينية يسهمان في زيادة انتقال النترات داخل التربة وارتفاع احتمالية وصولها إلى المياه الجوفية.

2. تبين أن زيادة كميات مياه الري تؤدي إلى زيادة حركة النترات نحو الأعماق، مما يرفع مخاطر تلوث الموارد المائية ويؤثر سلباً في الاستدامة البيئية.

3. أكدت الدراسة أهمية الإدارة المستدامة للري والأسمدة في الحد من تلوث التربة والمياه والحفاظ على الموارد الطبيعية.

4. أظهرت نتائج البحث أن التعليم الأخضر يمكن أن يؤدي دوراً مهماً في تعزيز الوعي البيئي ونشر ثقافة الري المستدام والاستخدام الرشيد للأسمدة داخل المؤسسات التعليمية.

5. يسهم دمج مفاهيم الاستدامة المائية ضمن البرامج التعليمية في بناء سلوكيات بيئية مسؤولة وتعزيز حماية الموارد المائية من التلوث.

6. تبين أن التوعية البيئية والتطبيقات التعليمية المرتبطة بالإدارة المستدامة للمياه تعد من الوسائل الفعالة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة والحد من المشكلات البيئية المرتبطة بالقطاع الزراعي.

11. التوصيات:

1. ضرورة تعزيز مفاهيم التعليم الأخضر داخل المؤسسات التعليمية وربطها بالقضايا البيئية التطبيقية، وخاصة قضايا المياه والتربة والتلوث الزراعي.

2. إدماج مفاهيم الاستدامة المائية والإدارة الرشيدة للري والأسمدة ضمن المناهج التعليمية والأنشطة البيئية في المدارس والجامعات.

3. نشر ثقافة الري المستدام وتشجيع استخدام تقنيات الري الحديثة التي تسهم في ترشيد استهلاك المياه وتقليل انتقال الملوثات نحو المياه الجوفية.

4. تعزيز التوعية بالاستخدام الرشيد للأسمدة الكيميائية، والحد من الإفراط في استخدامها لما لها من تأثيرات سلبية على التربة وجودة المياه.

5. تشجيع تنفيذ برامج تدريبية وحملات توعوية تستهدف الطلاب والمزارعين لرفع مستوى الوعي البيئي وتحقيق الاستخدام المستدام للموارد المائية.

6. دعم الأبحاث العلمية المتعلقة بتأثير ممارسات الري والتسميد على البيئة، والاستفادة من نتائجها في تطوير السياسات التعليمية والبيئية.

7. تشجيع المؤسسات التعليمية على تنفيذ نماذج تطبيقية مبسطة تتعلق بترشيد المياه والاستدامة البيئية، بما يسهم في تعزيز الجانب العملي للتعليم الأخضر.

8. ضرورة التعاون بين المؤسسات التعليمية والجهات المعنية بالموارد المائية والبيئة لنشر الوعي البيئي وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

12. المراجع:

- باسط، صبري. (2024). استراتيجيات تقويم التعليم الأخضر. *المجلة التربوية لكلية التربية بسوهاج، 128*(128)، 89–105. https://doi.org/10.21608/edusohag.2024.400245
- جورجي، مايكل اليشع. (2024). التعليم الأخضر ودوره في تحقيق رؤية مصر 2030. *مجلة مستقبل التربية العربية* https://doi.org/10.21608/mfes.2024.422341 .
- الديب، صفاء؛ عبد الله، إيهاب ؛ محمد، عابر. (2020). تلوث مياه الشرب الجوفية بالسماد الآزوتي في منطقة المزرعة بمحافظة حمص/سوريا. مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية، 27(4)، 121–130. https://doi.org/10.33261/jaaru.2020.27.4.012
- علي إبراهيم سلمان. (2026). وتتوقف عن التدخين التقليدية، منذها، وآثارها، توقف منها. مجلة الفاروق للعلوم , 2 (2), 204-228.
- ألنال، ت. (2026). الحوكمة التنبؤية في المؤسسات الرقمية: إطار عمل للتعلم العميق مُحسَّن بتقنية LSTM لتحسين إدارة حوادث تكنولوجيا المعلومات اقتصاديًا باستخدام سجلات العمليات المُثرية. *مجلة الفاروق للعلوم* ، (3) *2*، 86-113.
- عبد الجواد، مروة عزت. (2024). رؤية مقترحة لتطبيق التعليم الأخضر بجامعة بني سويف في ضوء الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ في مصر 2050. *مجلة البحث في التربية وعلم النفس، 39*(1)، 1–132. https://doi.org/10.21608/mathj.2024.242644.1394
- علي، رشاد السيد. (2023). التحليل الجغرافي لمشكلات مياه الري والتربة بمركز بني مزار. *مجلة كلية الآداب جامعة بورسعيد* https://doi.org/10.21608/jfpsu.2023.183334.1244 .
- القحطاني، نوال علي عبد الله. (2024). تقويم منهج علم البيئة في ضوء مبادئ التعليم الأخضر بالمرحلة الثانوية. *مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، 5*(11). https://doi.org/10.53796/hnsj511/21.
- Akinsemolu, A. A., & Onyeaka, H. (2025). The role of green education in achieving the sustainable development goals: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *210*, 115239. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115239
- AlHaddid, O., Ahmad, A., & AbedRabbo, M. (2024). Unlocking water sustainability: The role of knowledge, attitudes, and practices among women. *Journal of Cleaner Production*, *476*, 143697. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143697
- FAO,2007, Methods of analysis for soil of arid and semi-arid regions, food and agriculture organization, Rom, Italy.
- Hossain, M. S., Islam, M. S., Rahman, M. M., & others. (2023). Groundwater nitrate pollution due to excessive use of N-fertilizers in rural areas of Bangladesh: Pollution status, health risk, source contribution, and future impacts. *Exposure and Health*. https://doi.org/10.1007/s12403-023-00545-0
- Li, J., Wang, X., Liang, X., Song, X., Pan, L., & Lu, L. (2024). Water as a key focus point for developing education for sustainable development: Content analysis based on curriculum standards. *Sustainability*, *16*(24), 11229. https://doi.org/10.3390/su162411229
- Lyra, A., et al. (2024). Climate change impacts on nitrate leaching and groundwater nitrate dynamics using a holistic approach and Med-CORDEX climatic models. *Water*, *16*(3), 465. https://doi.org/10.3390/w16030465
- Pan, Y., et al. (2024). Coping with groundwater pollution in high-nitrate leaching regions. *Environmental Research*. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118845
- Ecological Assessment and Local Knowledge of the Invasive Lionfish (Pterois miles) in the Coastal Waters of Derna, Eastern Libya. (2026). مجلة الفاروق للعلوم, 2(2), 1-14. https://doi.org/10.65405/mf6ss418
- World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking-water quality (4th ed., incorporating the 1st addendum). Geneva, Switzerland: World Health Organization.

\