

# كيف تُساهم التقنيات الخضراء في الحفاظ على الكوكب؟

في ظل التحديات البيئية التي تواجه كوكبنا، بات من الضروري البحث عن حلول مبتكرة للحفاظ على البيئة وتحقيق الاستدامة. وتلعب التقنيات الخضراء دوراً مهماً في تقليل الأثر البيئي للأنشطة البشرية، فتساهم في الحدّ من انبعاثات الكربون واستهلاك الموارد الطبيعية، وتعزز فرص البقاء من خلال زيادة إنتاج الغذاء وتوفير المياه، وتحفظ التنوّع الحيوي والموائل الطبيعية.

## مواجهة تغيُّر المناخ وتعزيز كفاءة الطاقة

تعزز التقنيات الخضراء، المدفوعة بالتقدم في العلوم والهندسة، كفاءة استخدام الطاقة والموارد الطبيعية عامةً. ومن أبرز الأمثلة استخدام مصادر الطاقة المتجددة، حيث تمثّل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاق الحرارة الأرضية الجوفية، بديلاً نظيفاً ومستداماً يخفّض انبعاثات غازات الدفيئة. كما تلعب تدابير الكفاءة دوراً حاسماً في تقليل استهلاك الطاقة والآثار البيئية المرتبطة به. فمن خلال عزل المباني، واستخدام الأجهزة الموفّرة، وتحسين العمليات الصناعية، يمكننا تقليل استهلاك الطاقة بشكل كبير. وهذا لا يحافظ على الموارد فحسب، بل يخفض التكاليف أيضاً ويساهم في التخفيف من آثار تغيُّر المناخ.

في مجال النقل، تُنتج السيارات الكهربائية انبعاثات صفرية من العوادم، ما يقلل بشكل كبير مساهمتها في تلويّث الهواء وانبعاثات غازات الدفيئة. ومع استمرار تحسُّن تكنولوجيا السيارات الكهربائية وانخفاض تكاليفها، سيصبح اعتمادها على نطاق واسع ثورة في مجال النقل تساهم في الوصول إلى هواء أنظف وكوكب أكثر صحة.

وتعمل شبكات الكهرباء الذكية، المدعومة بأجهزة استشعار وتقنيات اتصالات متقدمة، على تحسين توصيل الكهرباء وزيادة فاعلية التوزيع. ومن خلال دمج مصادر الطاقة المتجددة وتمكين إدارة جانب الطلب، يمكن لشبكات الكهرباء الذكية أن تعزز الكفاءة الإجمالية للطاقة، ما يقلل من الأثر البيئي والتكاليف.

وتقدم تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه نهجاً واعداً لمعالجة الانبعاثات الناجمة عن الصناعات، حيث تقوم بالتقاط انبعاثات ثاني

أكسيد الكربون من محطات الطاقة والموارد الصناعية الأخرى، ما يمنع انطلاقها في الغلاف الجوي. ويتم بعد ذلك تخزين الكربون المحتجز تحت الأرض أو في المحيطات، ما يؤدي إلى إزالته من دورة الكربون العالمية.

ويمكن للممارسات الزراعية المستدامة، مثل الزراعة العضوية وتناوب المحاصيل، أن تقلل بشكل كبير من انبعاثات غازات الدفيئة من القطاع الزراعي. ومن خلال تقليل استخدام الأسمدة الاصطناعية والمبيدات الحشرية، تعمل ممارسات الزراعة العضوية على تعزيز صحة التربة وتقليل الاعتماد على أساليب الإنتاج المستهلكة للطاقة. كما تلعب جهود الحفاظ على الغابات وإعادة التشجير دوراً حاسماً في التخفيف من تغيُّر المناخ، حيث تعمل الغابات كمصارف طبيعية للكربون، بامتصاصه من الغلاف الجوي، وبالتالي إبطاء وتيرة تغيُّر المناخ.

وتمتد إمكانات التكنولوجيات الخضراء إلى ما هو أبعد من هذه الأمثلة، إذ يُثبِت الذكاء الاصطناعي جدواه في تحسين إنتاج الطاقة المتجددة، وتعزيز كفاءة الطاقة، وتطوير طرق جديدة لاحتجاز الكربون وتخزينه. ويمكن أن تضمن الحوسبة السحابية وإدارة البيانات بتقنية «البلوك تشين» الشفافية وإمكانية التتبع في تجارة الكربون والمبادرات البيئية الأخرى.

## توفير الماء والغذاء

يتجاوز دور التقنيات الخضراء الناشئة مسألة خفض الانبعاثات المرتبطة بالقطاع الزراعي إلى مواجهة متطلبات الزيادة المطردة في عدد سكان العالم، من خلال توفير المياه الموثوقة وزيادة إنتاج الغذاء. وتتطلب مواجهة ندرة المياه، وهي تهديد يطول كثيراً من المجتمعات حول العالم، أساليب مبتكرة للحفاظ على الموارد وإدارتها بشكل فعال. وتوفّر التقنيات الخضراء عدداً كبيراً من الخيارات لمواجهة هذا التحدي بشكل مباشر، مثل أنظمة الري الدقيقة، كالري بالتنقيط وأنظمة الرش، التي توصل المياه مباشرة إلى جذر النبات، إلى جانب الأجهزة الموفرة للمياه وتدوير مياه الصرف وحصاد مياه الأمطار، بينما تؤدي طرق الري التقليدية إلى فقدان مياه كبيرة بسبب التبخُّر والتوزيع غير الفعال.

ويمكن لاستبدال الأجهزة التقليدية بنظيراتها الموفرة للمياه تقليل استهلاك المياه المنزلية بشكل كبير. وعلى سبيل المثال، تُعدّ

تجهيزات المرافق الصحية ذات التدفق المنخفض والغسّالات الموفرة للمياه أدوات بسيطة ولكنها فعّالة في الحفاظ على المياه في الأعمال الروتينية اليومية، وتتيح تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي إعادة استخدامها لأغراض الري والعمليات الصناعية، ما يقلل الاعتماد على مصادر المياه العذبة ويعزز اقتصاد المياه الدائري.

وتحمل الممارسات الزراعية المستدامة، التي تدعمها التقنيات الخضراء، المفتاح لتحسين غلّات المحاصيل، والحدّ من فقدان الغذاء، وضمان الأمن الغذائي لعدد متزايد من السكان. فالزراعة الدقيقة مثلاً تستفيد من أجهزة الاستشعار والطائرات المسيّرة وتحليل البيانات لتحسين استخدام الموارد، وتخصيص تطبيقات الأسمدة والري لتناسب احتياجات المحاصيل المحددة. ويعمل هذا النهج المبني على البيانات على تقليل النفايات وتعزيز الإنتاجية وتقليل التأثير البيئي.

وتعمل تقنيات الزراعة العمودية على زيادة كفاءة استخدام الأراضي إلى أقصى حدّ وزيادة الإنتاجية، خاصة في المناطق الحضرية ذات المساحة المحدودة. ويمثّل هذا النهج المبتكر ثورة في إنتاج الغذاء، ما يتيح زراعة مزيد من المحاصيل في مساحة أصغر. ولا يقتصر دور التقنيات الخضراء على إنتاج الغذاء وزيادته، بل يمتد إلى حفظه ونقله أيضاً. فتقنيات حفظ الأغذية المتقدمة، من التغليف إلى إدارة سلسلة التبريد، تساعد في إطالة العمر الافتراضي للمنتجات، ما يقلل من فقد الأغذية وهدرها. وتضمن هذه التكنولوجيا وصول الغذاء إلى المستهلكين طازجة وصالحة للأكل، ما يقلل من ندرة الغذاء.

ويتطوّر عالم التقنيات الخضراء باستمرار، مع ظهور ابتكارات جديدة لمواجهة تحديات المياه والأمن الغذائي بدقّة وكفاءة أكبر. ومن بين هذه الابتكارات أجهزة الاستشعار النانوية، التي تستطيع اكتشاف ملوّثات المياه عند مستويات منخفضة للغاية، ما يتيح الكشف المبكر عن التلوّث ومعالجته. كما يمكن لتطوير تقنيات جديدة للتناضح العكسي، أكثر كفاءة مع مخلّفات أقل، توسيع نطاق تحلية مياه البحر إلى مياه صالحة للشرب، مع تخفيض التكاليف.

وتجمع الزراعات المائية النباتية الحيوانية (أكوابونيكس) بين تربية الأحياء المائية والزراعة المائية، وزراعة النباتات في المياه الغنية بالمغذيات من خزانات الأسماك، ما يخلق نظام إنتاج غذائي مستداماً وفعالاً يقلل من استهلاك المياه ويزيد فاعلية

استخدام الموارد.

وتعمل تقنيات الإغناء الحيوي (بيوفورتيفيكيشن) على إثراء المحاصيل بالمغذيات الدقيقة الأساسية، مثل الحديد والزنك، ما يحسّن القيمة الغذائية للأغذية ومكافحة سوء التغذية. وتعالج هذه التكنولوجيا الجوع الخفي، ما يضمن أن الغذاء يوفر العناصر الغذائية الضرورية للصحة والنمو الأمثل.

□□□ □□□□□ □□ □□□□□□ □□□□□ □□□□□ □□□□□□ □□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□.

## الحفاظ على الأنواع الحيّة والموائل

تلعب التقنيات الخضراء دوراً متزايد الأهمية في الحفاظ على الموائل البرية والتنوّع البيولوجي. ومن خلال توفير حلول مبتكرة، يمكن لهذه التقنيات أن تساعد في حماية النظم البيئية الطبيعية واستعادة مكوّناتها، وتعزيز التنوّع البيولوجي بشكل عام. وتوفّر التقنيات الخضراء مجموعة من الأدوات لحماية الموائل البرية من التهديدات المختلفة، بما في ذلك إزالة الغابات والتلوّث وتغيّر المناخ. وعلى سبيل المثال، تتيح صور الأقمار الاصطناعية والطائرات المسيّرة وشبكات الاستشعار المراقبة المستمرة لمساحات شاسعة من الأرض، ما يوفرّ بيانات قيّمة عن حالة الموائل وأنماط إزالة الغابات ومجموعات الحياة البرية.

ويمكن لتقنيات إكثار النباتات المتقدمة، مثل البذر الجوي والزراعة بمساعدة الطائرات المسيّرة، تسريع عملية استعادة الغابات والأراضي العشبية والأراضي الرطبة. وتدعم المعالجة البيولوجية والمعالجة النباتية تنظيف الأراضي والمياه الملوّثة بشكل فعال، واستعادة جودة الموائل وحماية الحياة البرية من الملوّثات الضارة.

وتثبت التقنيات الخضراء جدواها في تتبع ورصد وحماية الأنواع المهددة بالانقراض، والمساهمة في الحفاظ عليها وتعافيها. وتساعد والعلامات الصوتية (GPS) أطواق نظام تحديد المواقع العالمي والعلامات الجينية الباحثين في تتبع تحركات الحيوانات المهددة بالانقراض، ما يوفرّ نظرة ثاقبة لسلوكها ومتطلبات موائلها. وديناميكيات أفرادها.

ويساعد الاستشعار عن بُعد وكاميرات المراقبة وأنظمة الكشف الصوتي في ردع أنشطة الصيد غير المشروع وحماية الأنواع المهددة بالانقراض من الصيد والتجارة غير الشرعيين. ويمكن لتقنيات التربية في الأسر، وتقنيات الإنجاب المساعدة، ونمذجة ملاءمة الموائل أن تدعم زيادة أعداد الأنواع المهددة بالانقراض، ما يتيح إعادة إدخالها إلى المجموعات البرية. كما تساهم التقنيات الخضراء في تعزيز التنوع البيولوجي، من خلال تعزيز ممارسات الاستخدام المستدام للأراضي، واستعادة الاتصال البيئي، والحفاظ على التنوع الجيني.

مع استمرار تطوّر التقنيات الخضراء وانخفاض تكاليفها، سيصبح اعتمادها على نطاق واسع ممكناً على نحو متزايد، ما يمهد الطريق لمستقبل أكثر استدامة. ومن خلال تبني الابتكارات الناشئة، يمكننا تخفيف آثار تغيّر المناخ، والتصدي لتحديات ندرة الماء وقلّة الغذاء، وضمان محيط حيوي غني ومتنوع للأجيال القادمة.

عبد الهادي النجار

المصدر: صحيفة الشرق الاوسط