IAEA BULLETIN
مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية
منشور الوكالة الرئيسي | تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٨

للاطّلاع على النسخة الإلكترونية
www.iaea.org/bulletin

العلوم والتكنولوجيا النووية

التصدِّي للتحدِّيات الراهنة والناشئة التي تواجه التنمية

القضاء على الخلايا السرطانية بنجاعة غير مسبوقة: بزوغ عهد جديد في مجال العلاج الإشعاعي، ص. ٤

الأسمدة وعملية موازنة ذرِّية من أجل زيادة الإنتاجية وحماية البيئة، ص. ١١

خطر في البحر: ماذا تخبرنا الذرَّات الموجودة في المحار عن تحمُّض المحيطات، ص. ١٤

طالعوا أيضاً: أخبار الوكالة

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية

يصدرها مكتب الإعلام العام والاتصالات
الوكالة الدولية للطاقة الذرّية
مركز فيينا الدولي

العنوان:
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100, 1400 Vienna, Austria
الهاتف: ٠-٢٦٠٠ (١-٤٣)
iaeabulletin@iaea.org

مديرة التحرير: نيكول جاويرث
المحرِّر: ميكلوس غاسبر
التصميم والإنتاج: ريتو كين

مجلة الوكالة متاحة على الموقع التالي:
www.iaea.org/bulletin

يمكن استخدام مقتطفات من مواد الوكالة التي تتضمَّنها مجلة الوكالة في مواضع أخرى بِحُرِّية، شريطة الإشارة إلى مصدرها. وإذا كان مبيَّناً أنَّ الكاتب من غير موظفي الوكالة، فيجب الحصول منه أو من المنظمة المصدِرة على إذن بإعادة النشر، ما لم يكن ذلك لأغراض العرض.

ووجهات النظر المعرَب عنها في أيِّ مقالة موقَّعة واردة في مجلة الوكالة لا تُمثِّل بالضرورة وجهة نظر الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية، ولا تتحمَّل الوكالة أيَّ مسؤولية عنها.

الغلاف: أولغا موروزوفا/الوكالة الدولية للطاقة الذرية

تابعونا على

IAEA

تكمن مهمة الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية في منع انتشار الأسلحة النووية ومساعدة كلِّ البلدان، لا سيَّما في العالم النامي، على الاستفادة من استخدام العلوم والتكنولوجيا النووية استخداماً سلميًّا ومأموناً وآمناً.

وقد تأسَّست الوكالةُ بصفتها منظمةً مستقلَّةً في إطار الأمم المتحدة في عام ١٩٥٧، وهي المنظمة الوحيدة ضمن منظومة الأمم المتحدة التي تملك الخبرة في مجال التكنولوجيات النووية. وتساعد مختبراتُ الوكالة المتخصِّصة الفريدة من نوعها على نقل المعارف والخبرات إلى الدول الأعضاء في الوكالة في مجالات مثل الصحة البشرية والأغذية والمياه والصناعة والبيئة.

وتقوم الوكالةُ كذلك بدور المنصَّة العالمية لتعزيز الأمن النووي. وقد أسَّست الوكالةُ سلسلةَ الأمن النووي الخاصة بالمنشورات الإرشادية المتوافق عليها دوليًّا بشأن الأمن النووي. كما تركِّز أنشطةُ الوكالة على تقديم المساعدة للتقليل إلى الحدِّ الأدنى من مخاطر وقوع المواد النووية وغيرها من المواد المشعَّة في أيدي الإرهابيين والمجرمين، أو خطر تعرُّض المرافق النووية لأعمال كيدية.

وتوفِّر معاييرُ الأمان الصادرة عن الوكالة نظاماً لمبادئ الأمان الأساسية، وتجسِّد توافقاً دوليًّا في الآراء حول ما يشكِّل مستوى عالياً من الأمان لحماية الناس والبيئة من التأثيرات الضارَّة للإشعاعات المؤيِّنة. وقد وُضِعت معاييرُ الأمان الخاصة بالوكالة لتطبيقها في جميع أنواع المرافق والأنشطة النووية التي تُستخدَم للأغراض السلمية، وكذلك لتطبيقها في الإجراءات الوقائية الرامية إلى تقليص المخاطر الإشعاعية القائمة.

وتتحقَّق الوكالةُ أيضاً، من خلال نظامها التفتيشي، من امتثال الدول الأعضاء للالتزامات التي قطعتها على نفسها بموجب معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية وغيرها من اتفاقات عدم الانتشار، والمتمثِّلة في عدم استخدام المواد والمرافق النووية إلاَّ للأغراض السلمية.

ولعمل الوكالة جوانب متعدِّدة، وتشارك فيه طائفة واسعة ومتنوِّعة من الشركاء على الصعيد الوطني والإقليمي والدولي. وتُحدَّد برامجُ الوكالة وميزانياتها من خلال مقرَّرات جهازَيْ تقرير سياسات الوكالة — أيْ مجلس المحافظين المؤلَّف من ٣٥ عضواً والمؤتمر العام الذي يضمُّ جميع الدول الأعضاء.

ويوجد المقرُّ الرئيسي للوكالة في مركز فيينا الدولي. كما توجد مكاتب ميدانية ومكاتب اتصال في جنيف ونيويورك وطوكيو وتورونتو. وتدير الوكالةُ مختبراتٍ علميةً في كلٍّ من موناكو وزايبرسدورف وفيينا. وعلاوةً على ذلك، تدعم الوكالةُ مركز عبد السلام الدولي للفيزياء النظرية في تريبستي بإيطاليا وتوفِّر له التمويلَ اللازم.

المضي قدماً صوب مستقبل مستدام بالاستعانة بالعلوم والتكنولوجيا النووية

بقلم يوكيا أمانو، المدير العام، الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية

لقد أدَّت الإنجازات التي تحقَّقت في العقود الأخيرة في الحوسبة والهندسة والفيزياء إلى زيادة كبيرة في مساهمة العلوم والتكنولوجيا النووية في طائفة متنوِّعة من المجالات مثل الرعاية الصحية والطاقة وحماية البيئة. ويساعد التنوُّع المتزايد في نطاق التطبيقات النووية البلدان على التصدِّي لطائفة من التحدِّيات القائمة والناشئة.

وفي إطار الولاية المسندة إلى الوكالة والمتمثِّلة في تسخير الذرَّة من أجل السلام والتنمية، تساعد الوكالة البلدان على تحقيق الاستفادة الكاملة من العلوم والتكنولوجيا النووية من أجل تحسين حياة شعوبها والاعتناء بالبيئة. والوكالة مؤهَّلة على نحو فريد لمساعدة البلدان على بناء قدراتها ومعارفها وخبراتها، وكذلك لمساعدتها على الاستفادة من أحدث التطورات في مجال التطبيقات النووية. ويشكِّل «مؤتمر الوكالة الوزاري بشأن العلوم والتكنولوجيا النووية: التصدِّي للتحدِّيات الراهنة والناشئة التي تواجه التنمية»، المعقود في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٨، جزءاً من الجهود المتواصلة التي نبذلها للجمع بين أبرز المفكرين ومتخذي القرارات من أجل تقييم الأوضاع الراهنة والتفكير فيما قد يأتي به المستقبل.

وفي هذا العدد من مجلة الوكالة، يمكنكم إلقاء نظرة متعمِّقة على بعض الأساليب المبتكرة التي تُستخدم بها العلوم والتكنولوجيا النووية حول العالم.

حيث يمكنكم التعرُّف على آخر التطورات في مجال العلاج الإشعاعي، وكيف تجعل علاج السرطان أكثر نجاعةً وأماناً وأخف وطأةً على المرضى مقارنة بأيِّ وقت مضى (الصفحة ٤). ويمكنكم استكشاف السبل التي تكشف بها التقنيات النظيرية معلومات قيِّمة عن التغذية للمساعدة على التصدِّي لشيوع الأنماط المعيشية غير الصحية الذي كثيراً ما يقترن بتزايد مستويات الرخاء (الصفحة ٦). وهناك تقنيات نظيرية أخرى تساعد المزارعين على تحقيق المستوى الأمثل في استخدام الأسمدة بهدف تعزيز إنتاج الأغذية لتلبية احتياجات العدد المتزايد من سكان العالم والحدِّ من الأثر السلبي الذي تُحدثه الأسمدة باعتبارها ملوِّثاً بيئيًّا ومصدراً لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري (الصفحة ١١).

وقد لجأت بلدان عديدة إلى العلوم النووية لتستعين بها على رصد تغيُّر المناخ والحدِّ من آثاره والتكيُّف معه، حيث يُنظر إليه على نطاق واسع باعتباره أخطر التحدِّيات البيئية التي نواجهها في عصرنا. وقد اتفق الخبراء الحاضرون في المحفل العلمي للوكالة لعام ٢٠١٨ على أنَّ الحلول التي توضع لمشاكل تغيُّر المناخ لا بدَّ أن تشمل استخدام التكنولوجيا النووية (الصفحة ١٧). وقد سلَّطت هذه التكنولوجيا الضوء أيضاً على ما يُطلق عليه أحياناً 'مشكلة ثاني أكسيد الكربون الأخرى' — أي تحمُّض المحيطات — وساعدت العلماء على إيجاد طرائق لمكافحة آثار هذه المشكلة في المحيطات وفي سبل معيشة السكان في المجتمعات الساحلية (الصفحة ١٤).

وقد زاد تأثير التقنيات النووية كثيراً على مرِّ السنوات. فهي تُستخدم الآن في مجالات جديدة متنوِّعة، من استكشاف الفضاء الخارجي إلى المحافظة على الأعمال الفنية والتحف التاريخية القيمة (الصفحة ٩). وبغية المحافظة على هذا الزخم الإيجابي، هناك حاجة لتزويد الأجيال الجديدة من المتخصِّصين في المجال النووي بالتعليم والتدريب، وضمان تقاسم المعارف فيما بين التخصُّصات المختلفة. وتبيِّن قصة الكيميائي الفلبيني الشاب المنشورة في هذا العدد كيف أنَّ تمكين المتخصِّصين في غير المجال النووي من استخدام التقنيات النووية يمكن أن يسدَّ فجوات علمية ويفتح سبلاً جديدة لإجراء البحوث (الصفحة ١٩). ويتزايد الاعتراف بين صفوف البلدان بالحاجة إلى زيادة نسبة النساء المشتغلات بالعلوم النووية من أجل ضمان تحقيق أكبر استفادة ممكنة من ألمع العقول حول العالم (الصفحة ٢١).

والوكالة ملتزمة بدعم جميع البلدان في استخدام التطبيقات النووية في الأغراض السلمية من أجل تحقيق أكبر فائدة ممكنة لصالح الشعوب.

"تساعد الوكالة البلدان على تحقيق الاستفادة الكاملة من العلوم والتكنولوجيا النووية من أجل تحسين حياة شعوبها والاعتناء بالبيئة."

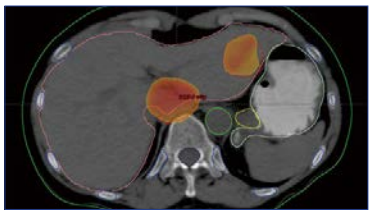
— يوكيا أمانو،
المدير العام للوكالة الدولية
للطاقة الذرِّية

(الصور من: كونليث برادلي/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

تصدير

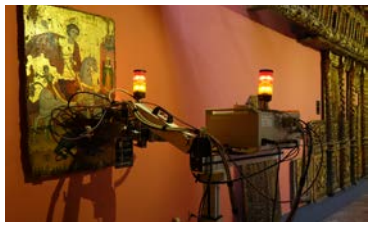
١ المضي قدماً صوب مستقبل مستدام بالاستعانة بالعلوم والتكنولوجيا النووية

تحسين نوعية الحياة



٤ القضاء على الخلايا السرطانية بنجاعة غير مسبوقة: بزوغ عهد جديد في مجال العلاج الإشعاعي

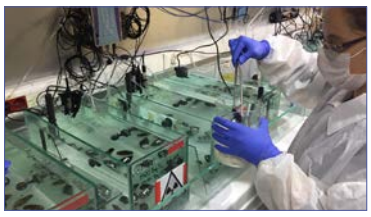
٦ سياسة صحية ذات دقة ذرِّية في موريشيوس



٩ الأشعة السينية تساعد على الكشف عن الشخص الذي رسم تحفة عمرها قرون من الزمن في ألبانيا

١١ الأسمدة وعملية موازنة ذرِّية من أجل زيادة الإنتاجية وحماية البيئة

مواجهة تحدِّيات تغيُّر المناخ



١٤ خطر في البحر: ماذا تخبرنا الذرَّات الموجودة في المحار عن تحمُّض المحيطات

١٧ تسخير التكنولوجيا النووية من أجل التصدِّي لتغيُّر المناخ
نتائج المحفل العلمي للوكالة لعام ٢٠١٨

تطبيقات العلوم والتكنولوجيا النووية: الاستبقاء وتطوير القدرات والتمكين

١٩ كيميائي شاب في الفلبين يتوصل إلى بيانات بيئية ناقصة من خلال اللجوء إلى العلوم النووية

٢١ نحو سدِّ الفجوة بين الجنسين في مجال العلوم النووية

نظرة عالمية — السبيل إلى الأمام

٢٣ التغلب على مفارقة الابتكار، وكيف يمكن للوكالة الدولية للطاقة الذرِّية أن تقدم المساعدة
أسئلة وأجوبة مع كبير الاقتصاديين المعني بالنمو العادل في البنك الدولي

٢٥ العلوم والتكنولوجيا النووية: نحو خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠ في ماليزيا
— بقلم محمد عبد الوهاب يوسف

٢٧ تلبية نداء عالم متغيِّر: التكنولوجيا النووية اليوم وفي المستقبل
— بقلم ألدو مالافاسي

تحديثات الوكالة

٢٩ إعلان أسماء الفائزين في مسابقة الوكالة للتوريد الجماعي للمواد لتكنولوجيا الاندماج

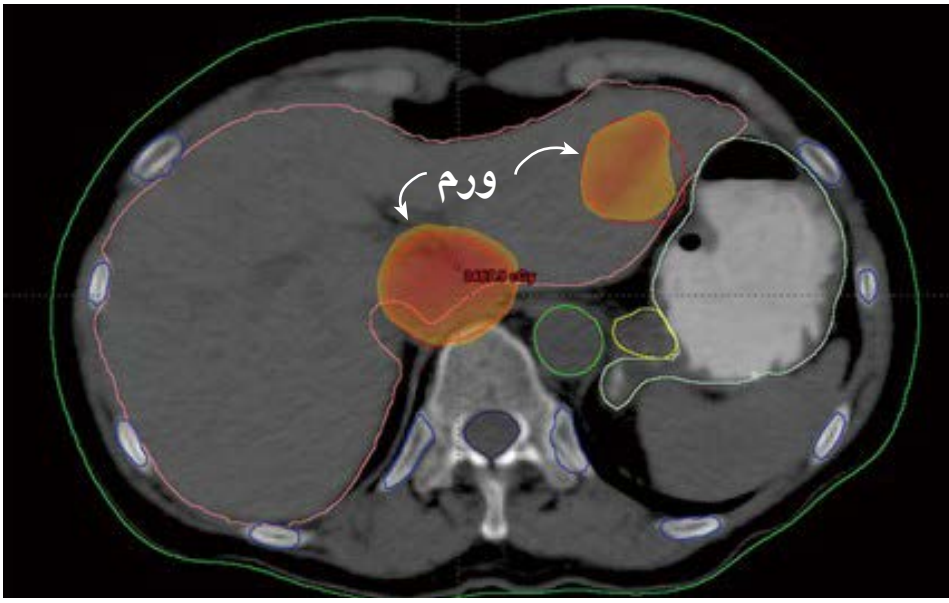
٣٠ دورة الوكالة للتعلُّم الإلكتروني بشأن التنشيط النيوتروني تساعد العلماء في ٤٠ بلداً

٣١ مصر والسنغال تحصلان على أجهزة للكشف عن أشعة غاما للمساعدة على مكافحة تآكل التربة

٣٢ المنشورات

القضاء على الخلايا السرطانية بنجاعة غير مسبوقة: بزوغ عهد جديد في مجال العلاج الإشعاعي

بقلم نيكول جاويرث



حالة سرطان كبد سيتم علاجها بالاستعانة بطريقة متقدِّمة من العلاج الإشعاعي تُعرف باسم العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم.

(الصورة من: المعهد القومي للأورام، مصر)

أحدثَ الإشعاع نقلة ثورية في عالم الطبِّ عندما استُخدم للمرة الأولى في علاج السرطان في عام ١٩٠١. غير أنَّ استخدامه قد تطوَّر بقدر ما أتاحته الابتكارات التقنية لا أكثر. وبفضل ما تحقق من تقدُّم في الفيزياء والتكنولوجيا والحوسبة، يدخل العلاج الإشعاعي حقبة جديدة من الدقة والفعالية والأمان، وتساعد الوكالة على ضمان استفادة المرضى في شتى أنحاء العالم من أوجه التقدُّم المحرَز في مجال العلاج الإشعاعي.

وقالت السيدة مي عبد الوهاب، مديرة شعبة الصحة البشرية في الوكالة: «يمكن لأوجه التقدُّم المحرَز أن تحسِّن نوعية حياة المريض خلال علاجه. وبالنسبة للعديد من أنواع السرطان، من شأن ذلك أن يحسِّن الاستهداف، ويقلِّل معاوَدة المرض، ويعزِّز معدلات البقاء على قيد الحياة. وإلى جانب ذلك، من شأن بعض هذه التكنولوجيات الجديدة، مثل العلاج الإشعاعي الجسدي المجسّم، أن تتمِّم دور العلاجات الجديدة في إطار العلاج المناعي عبر تحسين استمناع السرطان.»

فأكثر من ١٤ مليون شخص يُصابون بالسرطان سنويًّا حول العالم. ويتلقَّى قرابة نصف مرضى السرطان علاجاً إشعاعيًّا في مرحلة ما من علاجهم (انظر مربع «العلوم»)، وغالباً ما يُعطى العلاج الإشعاعي بالاقتران بطرائق علاجية أخرى، مثل الجراحة والعلاج الكيميائي.

وتواجه عدَّة بلدان نامية تحدِّيات في مواكبة التكنولوجيا والأساليب الآخذة بالتطور. ومن خلال الدعم المقدَّم من الوكالة تنظِّم البلدان في جميع أنحاء العالم التدريب وتتلقَّاه في مجال العلاج الإشعاعي، وهي آخذة بالانتقال بأمان نحو تقنيات متقدِّمة. وفي هذا الصدد، قالت السيدة مي عبد الوهاب: «تعمل الوكالة دون كلل لمساعدة بلدان العالم على توفير خدمات العلاج الإشعاعي عالية الجودة كي يحصل جميع المرضى على هذه الأدوات والأساليب المنقِذة لحياة الإنسان ويستفيدون منها.»

الغاية من العلاج الإشعاعي

يهدف العلاج الإشعاعي إلى تحقيق أقصى قدر ممكن، وعلى نحو مأمون، من الفعالية العلاجية لورم ما باستخدام الإشعاع، مع إبقاء الضرر الذي يلحق بالأنسجة الطبيعية والأعضاء الحرجة المجاورة للورم في جسم المريض ضمن أضيق نطاق ممكن. وللقيام بذلك، يتعيَّن على المختصين في البداية تقييم الورم تقييماً دقيقاً والتخطيط للعلاج باستخدام التصوير التشخيصي وأدوات التخطيط. ومن ثم يستخدم هؤلاء حزمة إشعاعية من جهاز العلاج الإشعاعي لإصابة الورم، بطريقة مأمونة، بجرعة إشعاعية مقاسَة بعناية.

وكلما زادت الجرعات الإشعاعية قتلت خلايا سرطانية أكثر، بَيْدَ أنها يمكن أن تشكِّل خطراً أكبر على الأنسجة الطبيعية القريبة. وفي هذا السياق، قالت السيدة مي عبد الوهاب: «لذا من المهمِّ للغاية ضمان الاستهداف الدقيق للأورام وإعطاء جرعات إشعاعية دقيقة إذا ما أردنا علاجاً إشعاعيًّا مأموناً وفعَّالاً. والعديد من أوجه التقدُّم التي نشاهدها في مجال العلاج الإشعاعي تتمحور حول تحسين وصقل هذين العنصرين.»

خطط أكثر دقة لمحاربة السرطان

أتاح التقدُّم المحرَز في مجالَي التصوير الطبي والتخطيط العلاجي، على سبيل المثال، أن ينتقل أخصائيو علاج الأورام الإشعاعي من تقنيات العلاج الإشعاعي الثنائية الأبعاد إلى نظيراتها الثلاثية الأبعاد إلى جانب التصوير الطبي ذي الصلة وعملية رسم المحيط اللاحقة (وهي عملية التقاط صور للورم وتقييمه، وتحديد مكان انتهائه ومكان ابتداء الأنسجة السليمة). كما يساعد ازدياد عدد أدوات التخطيط المؤتمتة أخصائيي العلاج الإشعاعي للأورام على تسخير قوة الحوسبة في تحديد مواضع الأورام بالدقة اللازمة، والتخطيط لمقدار الإشعاع المستخدَم بالضبط، وتحديد الجزء المستهدف من الورم وزوايا استهدافه.

غير أنَّ الدقة العلاجية لا يمكن أن تقطع شوطاً بعيداً إلا بقدر ما تتيحه جودة الصور التشخيصية وقدرات جهاز العلاج الإشعاعي. وقد كانت الأجيال السابقة من التصوير التشخيصي أقلَّ تفصيلاً، فيما كانت قدرات تكنولوجيا العلاج الإشعاعي محدودةً. وهذا يعني أن المتخصصين اضطروا إلى استخدام جرعات إشعاعية أقلّ على امتداد جلسات أكثر للحفاظ على سلامة المرضى، بل وأحياناً استبعدوا العلاج الإشعاعي كأحد الخيارات العلاجية تماماً، وذلك حسب حالة المريض.

غير أنَّ ذلك تغيَّر بظهور أدواتٍ وإجراءاتٍ من قبيل التشعيع الداخلي ثلاثي الأبعاد والعلاج الإشعاعي الموجَّه تصويريًّا، والذي يستخدم التصوير المفصَّل للمساعدة على توجيه الإشعاع وتعديله بطريقة ديناميكية أثناء العلاج. وأتاح العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم إمكانية توفير علاج دقيق للغاية يطلق إشعاعاً من عدَّة اتجاهات ويسمح بجرعات أكبر بكثير خلال فترات علاج أقصر.

تطويق الورم وقهره

لقد أخذ العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم بالتحكُّم والدقة نحو أفق آخر. وما يجعله فريداً من نوعه هو استخدامه للصور الرباعية الأبعاد، الارتفاع والعرض والعمق، وفي بعض المواقع، الحركة — لتخطيط وإيصال حُزم بالغة الدقة من الإشعاع لورم من زوايا مختلفة. ولكلِّ حزمةٍ بحدِّ ذاتها جرعة إشعاعية أقلّ؛ وبذلك فهي أكثر أماناً وتقلِّل من مخاطر الآثار الجانبية للأنسجة الطبيعية في مسارها. وعند التقاء الحُزم عند الورم، فإنها تعرِّض الخلايا السرطانية إلى جرعة إشعاعية مشتركة أكبر. وهذا يعني عموماً عدداً أقلَّ من الجلسات اللازمة لعلاج المريض بشكل فعال.

وقال طارق شومان، رئيس قسم العلاج الإشعاعي للأورام في المعهد القومي للأورام في مصر، والذي يعمل مع الوكالة منذ ما يربو على عشرين عاماً: «بالنسبة لبعض أنواع السرطان التي لا يمكن إجراء جراحة لها أو لا يمكن علاجها بفعالية من خلال العلاج الإشعاعي التقليدي، يمثِّل العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم فرصة جديدة للبقاء على قيد الحياة.»

ويستخدم شومان وفريق العمل في المعهد القومي للأورام، جزئيًّا من خلال دعم الوكالة، العلاج الإشعاعي الجسدي المجسّم لعلاج سرطان الرئة المبكر وسرطان الرأس والعنق المتكرر، وكذلك لعلاج نوع من سرطان الكبد يُسمَّى سرطانة الخلايا الكبدية (HCC)، وهو السرطان الأكثر شيوعاً بين الرجال في مصر.

وبالنسبة لسرطان الكبد مثل سرطانة الخلايا الكبدية، فقد حسَّن العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم خيارات العلاج الإشعاعي على نحو جذري، كما أوضح شومان. وسرطان الكبد هو الآن السبب الثالث الأكثر شيوعاً لوفيات السرطان في العالم. ولعدة أعوام، لم يكن بالإمكان علاج هذا النوع من السرطان بشكل فعال باستخدام الإشعاع؛ ولا يمكن للعلاج الإشعاعي التقليدي أن يوصل بأمانٍ جرعاتٍ إشعاعية كافية لعلاج ورم الكبد بسبب المخاطر التي تلحق بأنسجة الكبد السليمة المحيطة. وبفضل العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم، يمكن علاج حتى أورام الكبد الصغيرة جدًّا بجرعات أكبر من الإشعاع مع الحفاظ على الأنسجة السليمة.

وقد أظهرت الدراسات أن العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم يمكن أن يقلِّل عدد المعالجات لسرطانة الخلايا الكبدية، وكذلك أنواع أخرى من السرطان، مثل سرطان الدماغ والرئة والرأس والعنق، من حوالي ٣٠ إلى ٣٥ معالجة إلى نحو معالجة واحدة إلى خمس معالجات. وعلى مدى فترة علاج لمدة سنتين، حقَّق العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم معدَّلات نجاح تراوحت بين ٨٠٪ و٩٠٪ مع بعض أنواع السرطان. ويشبه ذلك استئصال الورم جراحيًّا، لكنه يشكِّل مخاطر أقلّ.

وقال شومان: «العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم هو مجرَّد نهج جديد في العلاج الإشعاعي، ويشهد هذا المجال نموًّا سريعاً ونحن نخطط لمواصلة العمل بشكل وثيق مع الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية لمساعدتنا على البقاء في المقدِّمة، وفي الوقت نفسه توسيع التعاون والدعم المقدَّم للدول الأخرى.»

”العلاج الإشعاعي الجسدي المجسَّم هو مجرَّد نهج جديد في العلاج الإشعاعي، ويشهد هذا المجال نموًّا سريعاً ونحن نخطط لمواصلة العمل بشكل وثيق مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية لمساعدتنا على البقاء في المقدِّمة، وفي الوقت نفسه توسيع التعاون والدعم المقدَّم للدول الأخرى.“

— طارق شومان،
رئيس قسم العلاج الإشعاعي للأورام،
المعهد القومي للأورام، مصر

العلوم

العلاج الإشعاعي

يُصاب الإنسان بالسرطان عندما تنمو وتنقسم خلايا جسمه بطريقة غير طبيعية ولا يمكن التحكُّم بها. يشمل العلاج الإشعاعي عمل فريق من الخبراء في مجالات العلاج الإشعاعي للأورام، والفيزياء الطبية، وتكنولوجيا العلاج الإشعاعي باستخدام جهاز العلاج الإشعاعي لاستهداف الإشعاع المؤين للخلايا السرطانية. وحسب نوع السرطان ومكانه، قد يستخدم الفريق حُزماً إشعاعية خارجية أو مصادر إشعاعية موضوعة داخل جسم المريض. ويتلف الإشعاع الحمض النووي داخل الخلايا السرطانية. وبما أن الخلايا معيبة، لا يمكن إصلاح الحمض النووي الخاص بها، ما يدمِّر قدرة الخلايا على الانقسام والنمو، وهو ما يتسبَّب في نهاية المطاف في موتها. وتكون الخلايا الطبيعية — التي تتعرَّض أيضاً للإشعاع أثناء العلاج — أكثر قدرة على إصلاح نفسها لأنها صحية، ما يزيد من فرص بقائها أثناء العلاج الإشعاعي.

”التعرُّف على تكوين الجسم مهم للغاية لأنه العلامة الصحيحة لقياس الدهون في الجسم، وإذا كانت لديك علامة صحيحة فيمكنك أن تعرف على وجه الدقة ما هو الوضع في البلد.“

— نورجيهان جونوس، رئيسة خدمات الكيمياء الحيوية، مختبر الصحة المركزي، موريشيوس

(الصورة من: ل. فيغاس أسومبكاو/الوكالة)

سياسة صحية ذات دقة ذرِّية في موريشيوس

بقلم لوسيانا فييغاس أسومبكاو

تكتسح موجة رخاء اقتصادي أرجاء موريشيوس، التي هي جزيرة عارمة النشاط تقع في المحيط الهندي. وفي حين أتاح الثراء المتزايد فرصاً، فقد أنشأ أيضاً عادات غير صحية. فبالنسبة لكثير من البلدان، تعني الثروة المتنامية في كثير من الأحيان تصاعد زيادة الوزن وما يصحبها من أمراض كان يمكن الوقاية منها. ومن أجل تحسين فهم تأثير التغذية على الصحة على الصعيد الوطني، تتجه بلدان مثل موريشيوس إلى استخدام التقنيات النووية.

وتقول كورنيليا لوشل، رئيسة قسم التغذية بالوكالة الدولية للطاقة الذرية: «هناك اهتمام متزايد بدراسة التغذية من أجل تحسين تهديف التدخلات الصحية وتقييم أثرها. وحاليًّا يواجه العديد من البلدان، مثل موريشيوس، عبئاً مضاعفاً — حيث يتعايش نقص التغذية ونقص المغذيات الدقيقة مع زيادة الوزن والبدانة — الأمر الذي يزيد من احتمال الإصابة بالأمراض غير المعدية المرتبطة بالنظام الغذائي.»

وفي العقود القليلة الماضية، تضاعف الناتج المحلي الإجمالي لموريشيوس ثلاث مرات، ويرجع الفضل في ذلك إلى حدٍّ بعيد إلى السياحة وصناعة المنسوجات، وتحظى الدولة الآن بواحد من أعلى معدلات دخل الفرد في أفريقيا. والرعاية الصحية الشاملة مجانية، وتخدم المراكز الصحية الإقليمية غالبية السكان.

إلا أن حدوث زيادة في استهلاك الوجبات السريعة، إلى جانب انخفاض النشاط البدني وازدياد متوسط العمر المتوقع، أدَّى إلى معاناة البلد من أعلى معدلات السمنة ومرض السكري في أفريقيا. وقد تصاعدت الإصابة بالأمراض غير المعدية، وأصبحت مسؤولة عن ٨٠٪ من الوفيات في عام ٢٠١٦، ويشكل السكري وحده ٢٤٪ من الوفيات، ويؤدي السرطان إلى وفاة حوالي ١٢٪ من الوفيات.

يقول شيام مانراج، مدير خدمات المختبرات ومنسق سجل السرطان الوطني في وزارة الصحة ونوعية الحياة: «إن نمط السرطان في موريشيوس يختلف اختلافاً كبيراً عنه في أفريقيا القارية. ويوجد في البلاد أعلى معدل لسرطان الثدي وسرطان القولون والمستقيم وسرطان بطانة الرحم في القارة. وهذه الأنواع من السرطان ترتبط عادة بالنظام الغذائي.»

ولمواجهة هذا العبء المتزايد، قررت السلطات في موريشيوس تحسين مراقبة السمنة وتأثيرها.

نتائج دراسات تكوين الجسم باستخدام التقنيات النظيرية جعلت حكومة موريشيوس تفرض ضوابط أشد على الأغذية التي تباع في المطاعم، مثل هذا المطعم الموجود في مدرسة بايتشو مادهو الحكومية.

(الصورة من: ل. فييغاس أسومبكاو/الوكالة)

وبمساعدة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية، أجرت السلطات عدة دراسات منذ عام ٢٠٠٩ لقياس تكوين الجسم باستخدام أحد أساليب النظائر المستقرة يسمى تقنية تخفيف الديوتيريوم (انظر مربع «العلوم»). وترسم هذه الدراسات صورة أكثر دقة من التي ترسمها الدراسات التي تستخدم القياسات التقليدية، مثل مؤشر كتلة الجسم.

تقول لوشل: «إن تقنية تخفيف الديوتيريوم تساعد على تحديد كمية الدهون في الجسم والكتلة الخالية من الدهون. وهذا مهم لأن هناك عواقب صحية سلبية مرتبطة بوجود كمية أكبر من دهون الجسم.»

وقد بدأ المختبر المركزي للصحة المركزية في موريشيوس أولاً دراسة حجم ظاهرة السمنة لدى الأطفال الذين في سن ٦ أعوام إلى ١٣ عاماً، لمعرفة متى بدأوا يعانون من زيادة الوزن وما هي المخاطر الصحية التي يمكن أن تحملها هذه الزيادة. وأظهرت النتائج أن مؤشر كتلة الجسم لهذه الفئة العمرية يقلل من تقدير السمنة وزيادة الوزن لدى الأولاد والبنات على حد سواء، وأن العديد من الشباب كانوا على وشك الإصابة بالأمراض المزمنة. وتقول نورجيهان جونوس، رئيسة خدمات الكيمياء الحيوية في المختبر الصحي المركزي، التي تقود هذه الدراسات: «وجدنا زيادة في مقاومة الأنسولين، وهذا يعني أن الأطفال عرضة للأمراض غير المعدية، لا سيما مرض السكري.»

وأضافت جونوس قائلة. «أبلغنا وزارتي الصحة والتعليم بالنتائج، فاستُحدثت زيادة في توفير التربية البدنية في المدارس. وأصبح لدى المدارس الآن نشاط بدني كل يوم، بدلاً من أسبوعيًّا.»

طفلان في موريشيوس يشربان الماء المثرى بالديوتيريوم لدراسة تهدف إلى تقييم تركيب جسميهما.

(الصورة من: ل. فيبغاس أسومبكاو/الوكالة)

بالإضافة إلى ذلك، عزَّزت الحكومة تدابير أخرى: فقد زيدت الضريبة المفروضة على السكر، وفُرضت ضوابط أشد على المواد الغذائية التي تباع في المدارس. كما زيد تقديم المشورة التغذوية في جميع المراكز الصحية الإقليمية. تقول أنجو غاوريسونكور، خبيرة التغذية في وزارة الصحة وجودة الحياة: «عندما تكون في مرحلة مقدمات السكري، يمكن عكسها، ولكن حالما تصبح مصاباً بالسكري، لا يمكن علاجه، ولذلك نقدم الإرشاد الغذائي في مرحلة مبكرة.»

وقد قامت موريشيوس منذ ذلك الحين بتوسيع نطاق الدراسات لتشمل مجموعات سكانية مختلفة. وإلى جانب أسلوب تخفيف الديوتيريوم، بدأ المختبر استخدام المسح بواسطة قياس الامتصاص بالأشعة السينية المزدوجة الطاقة، أو DXA، لدراسة العلاقة بين تكوين الجسم ومقاومة الأنسولين وسرطان الثدي وسرطان القولون والمستقيم. وتوفر تقنية DXA معلومات عن توزيع الدهون في الجسم (انظر مربع «العلوم»)، وهذا مهم لأن الدهون الموجودة حول الأعضاء (الدهون الحشوية) تشكل مخاطر أكبر بالإصابة بالأمراض المزمنة، مثل مرض السكري.

تقول جونوس: «هذه الدراسات تساعدنا فعليًّا على وضع برنامجنا الخاص بمكافحة السرطان.» ويعتزم البلد إقامة دورة تدريبية للمنطقة بشأن استخدام التطبيقات النظيرية لتقييم التغذية، وذلك في جامعة موريشيوس وبالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وتضيف جونوس قائلة: «إن التعرف على تكوين الجسم أمر مهم للغاية لأنه العلامة الصحيحة لقياس الدهون في الجسم، وإذا كانت لديك علامة صحيحة فيمكنك أن تعرف على وجه الدقة ما هو الوضع في البلد.»

وبوجود بيانات أفضل، تعتزم موريشيوس مواصلة تحسين سياساتها التغذوية الرامية إلى منع الأمراض، بحيث لا تعيق الثروة والازدهار صحة الأمة. «وتضيف غاوريسونكور: «كما يقال، 'أنت ما تأكله'، وقد أظهرت الأبحاث باستمرار أن الأمراض يمكن الوقاية منها أو تأخيرها بمجرد تناول الطعام المناسب.»

العلوم

تخفيف الديوتيريوم وتقنية قياس الامتصاص بالأشعة السينية المزدوجة الطاقة (DXA)

تعمل طريقة **تخفيف الديوتيريوم** عن طريق شرب الماء مع كمية معروفة من الديوتيريوم، الذي هو نظير مستقر للهيدروجين. والنظير هو ذرة من نفس العنصر (في هذه الحالة، الهيدروجين) لها نفس عدد البروتونات ولكن لها عدد مختلف من النيوترونات. ولنظائر العنصر وزن ذرّي مختلف، وهذا يسمح للباحثين بتتبعها استناداً إلى الكتلة.

وبعد بضع ساعات، عندما يختلط الديوتيريوم اختلاطاً تامًّا مع الماء الموجود في الجسم، تؤخذ عينة من اللعاب كممثل لمحتوى الماء في الجسم. ويمكن بعد ذلك قياس تركيز الديوتيريوم في اللعاب. ونظراً لأن كمية الديوتيريوم المستهلكة وتركيزها في ماء الجسم كلاهما معروفان فيمكن حساب كمية الماء الإجمالية التي يحتوي عليها الجسم. وحالما يعرف الباحثون الكمية الإجمالية لماء الجسم، يمكنهم حساب نسبة الدهون ونسبة الكتلة الخالية من الدهون في الجسم، وهو ما يسمى تكوين الجسم.

وتقنية DXA، أو **قياس الامتصاص بالأشعة السينية المزدوجة الطاقة**، هي تقنية تصوير تُستخدم لتقييم توزيع الدهون في الجسم. فباستخدام ماسح ضوئي لكامل الجسم، يتم تمرير الأشعة السينية بمستويين مختلفين من الطاقة عبر الجسم. وتمتص أنسجة الجسم المختلفة حزمتي الطاقة بمقادير مختلفة. ويقيس جهاز DXA مقدار الطاقة التي تمتصها الأنسجة المختلفة، ويحوّل هذه القياسات إلى صور. ومن خلال تركيب هذه الصور فوق بعضها البعض، يمكن توفير عرض بالصور لنسب معادن العظام، والأنسجة الدهنية، والأنسجة الضامرة الطرية، كما يمكن حساب هذه النسب.

وقد صُمِّم جهاز DXA أساساً لقياس كثافة المعادن في العظام لدى البالغين من أجل تشخيص هشاشة العظام. بيد أن هذا الماسح الضوئي يمكنه أن يقيس تكوين الجسم أيضاً بدرجة عالية من الدقة. والميزة الرئيسية لجهاز DXA هو أنه يقيس ترسب الدهون المحلي، أي أنه يحدد الأماكن التي توجد فيها الدهون في الجسم. وهذا مهم لأن الدهون المتراكمة حول الأعضاء (الدهون الحشوية) تشكل مخاطر صحية أكبر.

الأشعة السينية تساعد على الكشف عن الشخص الذي رسم تحفة عمرها قرون من الزمن في ألبانيا

بقلم أليخاندرا سيلفا

مقياس طيف تألق الأشعة السينية المحمول يساعد العلماء على تحليل لوحة شخصية للقديس جورج، أحد أشهر القديسين في المسيحية.
(الصورة من: أ. سيلفا/الوكالة)

استخدَم الباحثون الألبان الأشعة السينية لاكتشاف الشخص الذي رسم تحفة حسَّاسة تعود إلى قرون مضت تصوِّر القديس جورج، أحد أشهر القديسين في المسيحية. وشملت الأساليب التي استخدموها الاختبار غير المتلف والقياس غير المتلف بواسطة الأشعة السينية، وهما أسلوبان يستخدمان على نطاق واسع لدراسة المواد ونوعية الأشياء، من تحليل المصنوعات الثقافية والعينات الطبية الحيوية، مثل الدم والشعر، وإلى اكتشاف الشقوق أو التجاويف في أنابيب النفط وقطع الطائرات.

تقول إليدا بيليكو، مديرة معهد الفيزياء النووية التطبيقية في تيرانا بألبانيا: «بواسطة الاختبار والقياس غير المتلفين نستطيع تقييم سلامة الأشياء وخصائصها المادية دون إلحاق الضرر بها، وهذا أمر حاسم الأهمية عند التعامل مع القطع الأثرية القديمة التي كثيراً ما تكون هشة للغاية. وتساعدنا الأشعة السينية أيضاً على رؤية الأجزاء الداخلية من الشيء واستبانة أي تشققات أو عيوب قد لا تكون مرئية بغير ذلك.»

فبعد استعادة هذه اللوحة الشخصية من كنيسة قديمة، عمل باحثون في معهد الفيزياء النووية التطبيقية مع خبراء الوكالة على دراستها باستخدام تقنيات الاختبار والقياس غير المتلفين. وساعدت استنتاجاتهم أخصائيي ترميم الآثار في متحف التاريخ الوطني في تيرانا على فهم تاريخ اللوحة واختيار الأساليب الصحيحة لترميم هذه القطعة الفنية الثمينة.

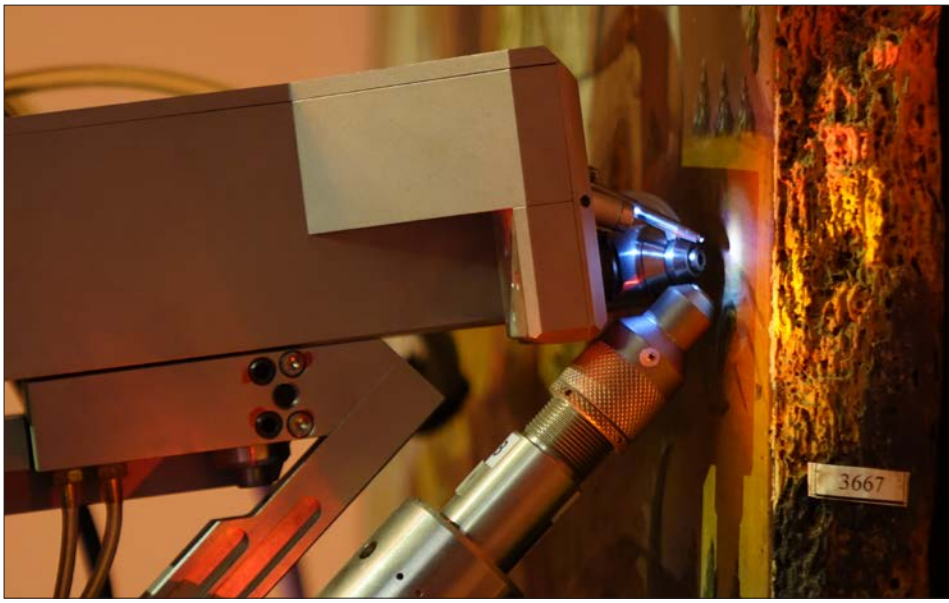
تقول بيليكو: «عندما تسلَّمنا اللوحة الشخصية في البداية، كنا نظن أنها رسمها فنان مجهول.» وبعد التحقق من السلامة الهيكلية للقطعة باستخدام التصوير الإشعاعي الصناعي، استخدم الباحثون تحليل التألق بالأشعة السينية (XRF) لتحديد المواد المستخدمة لإنشاء الأيقونة (انظر مربع «العلوم»). وقارنوا هذه المواد بتلك التي استخدمها فنانون مختلفون خلال فترات زمنية مختلفة، وأدى تحليلهم إلى العثور على فنان مطابق.

تقول بيليكو: «بفضل تحليل التألق بالأشعة السينية، حدَّدنا الآن الأصباغ اللونية المستخدمة في لوحة القديس جورج الشخصية، وساعَدَنا ذلك على اكتشاف أن الأيقونة رسمها الأخوان تشيتري في القرن الثامن عشر. وهذه المعلومات هي أيضا وسيلة رئيسية لترميم القطعة بطريقة تحافظ على أصالتها.»

ولوحة القديس جورج الشخصية هي واحدة من آلاف الكنوز الثقافية والأثرية في المجموعة التي يحتفظ بها المتحف. وقد استعيد العديد من القطع من المواقع التاريخية والكنائس. وكثيرا ما تكون هذه القطع حساسة وحالتها متدهورة، بما يجعل التعامل

”بواسطة الاختبار والقياس غير المتلفين نستطيع تقييم سلامة الأشياء وخصائصها المادية دون إلحاق الضرر بها، وهذا أمر حاسم الأهمية عند التعامل مع القطع الأثرية القديمة التي كثيراً ما تكون هشة للغاية. وتساعدنا الأشعة السينية أيضاً على رؤية الأجزاء الداخلية من الشيء واستبانة أي تشققات أو عيوب قد لا تكون مرئية بغير ذلك.“

— إليدا بيليكو، مديرة معهد الفيزياء النووية التطبيقية، تيرانا، ألبانيا



تتفاعل حزم الأشعة السينية مع الذرات الموجودة في اللوحة الشخصية لتكشف عن أدلة بشأن تاريخها وكيفية إنشائها.
(الصورة من: أ. سيلفا/الوكالة)

معها محفوفاً بالمخاطر. وبما أن الاختبار والقياس غير المتلفين هما طريقتان غير اقتحاميتين فكثيراً ما يستخدمهما الباحثون لدراسة مثل هذه الأشياء الهشة.

حماية التراث الثقافي في جميع أنحاء العالم

يمكن للاختبار والقياس غير المتلفين أن يكشفا عن تفاصيل قيِّمة في الأعمال الفنية والقطع الأثرية الثقافية لا يمكن الكشف عنها بالعين المجردة. يقول باتريك بريسيه، الخبير التكنولوجي الصناعي في الوكالة: «كل قطعة تحتوي على مزيج فريد من العناصر والنظائر يحمل معلومات عن أصل القطعة، من التقنيات والمواد المستخدمة وإلى الوقت بل حتى المكان الذي يرجح أن تكون قد أُنشئت فيه. وبينما يمكن استخدام هذه المعلومات لترميم القطع واكتشاف التاريخ المحيط بإنشائها، يمكن أيضاً استخدامها لاستبانة حالات التزييف.»

ويعمل المئات من الأخصائيين في جميع أنحاء العالم مع الوكالة على استخدام الاختبار والقياس غير المتلفين لدراسة التراث الثقافي والحفاظ عليه وللتعرف على عمليات التزوير. ويمكن أن يشمل ذلك تلقي التدريب وما يلزم من معدات وتسهيلات للقيام بهذه الدراسات من خلال المشاريع البحثية المنسقة ومشاريع التعاون التقني للوكالة. وتتيح هذه المشاريع أيضاً فرصة للأخصائيين لتبادل خبراتهم ومعارفهم، بما يساعد على تطوير هذا المجال والحفاظ على تاريخ الحضارة الإنسانية.

تقول أرتا دولاني، مديرة معهد الآثار الثقافية في ألبانيا، التي تعمل عن كثب مع المتحف الوطني للتاريخ من أجل ترميم القطع الأثرية الثقافية: «نحن نعمل مع معهد الفيزياء النووية التطبيقية لأن الأيقونات من أهم مصنوعات التراث الثقافي لدينا. ولذلك نتخذ كل خطوة ممكنة لضمان أن يتم تحليلها وحفظها بطريقة ملائمة.»

العلوم

تألُّق الأشعة السينية والتصوير الإشعاعي الصناعي

تألق الأشعة السينية، أو XRF، هو طريقة قياس غير متلف تكشف عن وجود العناصر في جميع أنواع المواد تقريباً وتقيس تركيز تلك العناصر. ويستخدم العلماء عادة جهازاً صغيراً محمولاً يسمى مقياس طيف تألق الأشعة السينية لرجم عينة من المادة الخاضعة للاختبار بحزم من أشعة إكس. وتتفاعل هذه الحزم مع الذرات في العينة فتزيح الإلكترونات من الأغلفة الداخلية لهذه الذرات. وعندما يزاح الإلكترون، يترك وراءه خانة شاغرة يملؤها إلكترون من المدار الأعلى. وعندما ينتقل الإلكترون من مدار أعلى إلى آخر منخفض، تنطلق كمية معينة من الطاقة في هيئة إشعاع كهرمغناطيسي. ويكون هذا الإشعاع في شكل أشعة سينية يمكن الكشف عنها بواسطة مقياس الطيف وتُستخدم للتحديد القطعي للعنصر الذي نشأت منه. وهذه الطريقة دقيقة لأن طاقة الأشعة السينية المنبعثة فريدة لكل عنصر. ويُستخدم تألق الأشعة السينية على نطاق واسع في علم الآثار لفحص تركيبة الأصباغ أو المعادن المستخدمة في المخطوطات واللوحات والعملات المعدنية والخزفيات وغيرها من المصنوعات.

و**التصوير الإشعاعي الصناعي** هو طريقة اختبار غير متلف تُستخدم للتحقق من البنية الداخلية للأشياء وسلامتها. ويستخدم هذا التصوير الإشعاع المؤيِّن، مثل الأشعة السينية، لإنشاء صورة للبنية الداخلية للمواد الصلبة والقاسية. فالإشعاع يمر عبر المادة، مصيباً الفيلم المكشوف الموضوع على الجانب الآخر. وتتفاوت درجة ظلام الفيلم تبعاً لكمية الإشعاع التي تصل إليه عبر الشيء؛ وتسمح المواد ذات المساحات الأقل كثافة أو الشقوق أو الفراغات، أو المواد الأقل كثافة، بمرور المزيد من الإشعاع. ويمكن استخدام هذه الاختلافات في الصورة لاكتشاف أي عيوب أو شقوق خافية داخل الشيء.

(الصورة من: الفاو)

الأسمدة وعملية موازنة ذرِّية من أجل زيادة الإنتاجية وحماية البيئة

بقلم ناتالي ميخايلوفا

عندما يتعلق الأمر بالأسمدة، يكون التوازن أمراً بالغ الأهمية: فمع توافر الكمية المناسبة من الأسمدة في الوقت المناسب، يمكن أن تزدهر المحاصيل من أجل المساعدة على إطعام سكان العالم المتزايدين، ولكن الكميات المفرطة من الأسمدة يمكن أن تعرقل نمو النباتات، وتلوِّث التربة والمياه، وتديم الاحترار العالمي. فكيف نحقق التوازن الصحيح؟ ثمة طريقة هي الاستعانة بالتقنيات النظيرية من أجل تحسين استخدام الأسمدة إلى الحد الأمثل ومعالجة تأثيرها كملوثات زراعية ومصدر لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

مساعدة المزارعين مع خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري

يقول كريستوف مولر، خبير التربة والنباتات في معهد علم الإيكولوجيا النباتية بجامعة جوستوس ليبيغ في غيسين بألمانيا وفي كلية علم الأحياء والعلوم البيئية في كلية دبلن الجامعية: «هناك عدد من الأفواه التي يلزم إطعامها على نطاق العالم الآن أكثر من عددها في أي وقت مضى، لكن الإجابة ليست زيادة الأسمدة — فالإفراط في استخدام الأسمدة هو جانب كبير من السبب في أن القطاع الزراعي أصبح تدريجيًّا أحد المصادر الرئيسية لغازات الاحتباس الحراري على مدى السنوات السبعين الماضية.» وفي عام ٢٠١٤، مثَّل قطاع الزراعة، بما في ذلك الحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي، ٢٤٪ من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري على مستوى العالم، وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو).

ويقول مولر: «نحتاج إلى حماية البيئة مع تقديم المساعدة إلى المزارعين، ولكن لكي نقوم بذلك نحتاج أولاً إلى فهم تفصيلي لكيفية تفاعل الأسمدة مع التربة والمحاصيل، وتحديد النقطة التي تطلِق عندها الأسمدة غازات الاحتباس الحراري. ويمكن أن تساعدنا التقنيات النووية على الحصول على هذه التفاصيل وعلى إيجاد سبل مستدامة لزراعة المزيد من الأغذية، مع تقليل التأثير البيئي.»

وعندما تقوم النباتات والتربة بتحويل الأسمدة إلى مغذيات مفيدة، تكون بعض المنتجات الثانوية غازات دفيئة، وهي: ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروز والميثان. ولدى استخدام الكمية المناسبة من الأسمدة، تزدهر النباتات وتنطلق كميات طفيفة من غازات الاحتباس الحراري. غير أنه عند استخدام كمية

”يمكن أن تساعدنا التقنيات النووية على... إيجاد سبل مستدامة لزراعة المزيد من الأغذية، مع تقليل التأثير البيئي.“

— كريستوف مولر، خبير التربة والنباتات، معهد علم الإيكولوجيا النباتية، جامعة جوستوس ليبيغ في غيسين بألمانيا

في تجربة إثراء الهواء الحر بثاني أكسيد الكربون (FACE)، يُضخ الهواء المثرى بثاني أكسيد الكربون إلى عدة مواقع اختبار من خلال حلقات من الأنابيب من أجل محاكاة ظروف ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي فوق الأراضي العشبية النمطية التي يُتوقع أن توجد بحلول منتصف هذا القرن.

(الصورة من: ك. مولر/جامعة جوستوس ليبيغ في غيسين بألمانيا)

مفرطة من الأسمدة لا تستطيع النباتات معالجتها، يُترك الفائض في التربة، مسبِّباً زيادة بمعدل أُسِّي في الانبعاثات.

ويقوم مولر وعلماء من تسعة بلدان، إلى جانب خبراء من الوكالة، بالشراكة مع الفاو، بتتبع النظائر لفهم الصلة بين الأسمدة والمحاصيل والتربة وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري (انظر مربع «العلوم»). وتُستخدم هذه التقنيات أيضاً في إطار تجربة إثراء الهواء الحر بثاني أكسيد الكربون (FACE)، التي تساعد العلماء على دراسة الكيفية التي يمكن من خلالها أن تتأثر جودة المحاصيل واحتياجاتها إلى الأسمدة بالزيادة المرتبطة بتغيُّر المناخ في مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وسيتم استخدام نتائج دراساتهم النظيرية لوضع مبادئ توجيهية للمساعدة على الحد من استخدام الأسمدة في الزراعة دون إخلال بجودة المحاصيل وغلتها.

وقد كشفت نتائج أبحاثهم بالفعل عن سبل لتحسين استخدام الأسمدة في منطقة تزيد مساحتها على ١٠٠ هكتار من المراعي ومحاصيل الأرز والذرة الشامية والقمح: فتم تخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة ٥٠٪، وزادت غلة المحاصيل بنسبة ١٠٪.

ويقول مولر: «لقد رأينا أيضاً في تجربة FACE التي قمنا بها أن النباتات تنمو أكثر، لكن جودتها آخذة في التغيُّر.» ومرفق FACE هو مرفق واسع النطاق لدراسة تغيُّر المناخ في ظل الظروف الطبيعية. ويمثل موقع التجارب الكائن في غيسين بألمانيا واحدة من أطول الدراسات زمناً من هذا النوع الذي يحاكي ظروف ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي على الأراضي العشبية النمطية التي يُتوقع أن توجد في منتصف هذا القرن.

وتصبح النباتات التي تنمو في ظروف هذه النسبة العالية من ثاني أكسيد الكربون أكثر متانة، وينخفض محتواها من البروتين. وعندما ترعى الأبقار هذه النباتات، يتعين على مَعِدَاتها أن تعمل أكثر، ويتعين عليها أن تأكل أكثر لكي تستخلص ما يكفي من المغذيات لإنتاج الحليب. وهذا لا يخل بإنتاج الحليب وحسب بل يجعل الأبقار أيضاً تصدر المزيد من الميثان — الذي هو غاز دفيئة أكثر فعالية بمقدار ٣٤ مرة من ثاني أكسيد الكربون.

العثور على الأسمدة في مياه الشرب وخارجها

إلى جانب مساهمة الأسمدة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، كثيراً ما تجرف الأمطار أو الثلج الذائب

الأسمدة الفائضة إلى الأنهار والنهيرات، وينتهي بها المطاف في المحيط وفي إمدادات مياه الشرب.

ويقول لي هينغ، رئيس قسم إدارة التربة والمياه وتغذية المحاصيل في الشعبة المشتركة بين الفاو والوكالة لاستخدام التقنيات النووية في الأغذية والزراعة: «يمكن أن تجعل الملوثات الزراعية المياه غير صالحة للشرب وأن تلحق الضرر بالنظم الإيكولوجية المائية والتنوع الأحيائي. وعلى سبيل المثال، تشجع المغذيات الموجودة في الأسمدة نمو الطحالب، الذي يقلل مستويات الأكسجين في الماء ويضر الأسماك والحياة المائية.»

والأسمدة هي من بين عدة مواد كيميائية زراعية تلوث البيئة. وتشمل المواد الكيميائية الأخرى مبيدات الآفات، والملح الناشئ من الري، والرواسب ومخلفات العقاقير الناشئة من الماشية. ويقول هينغ إن استخدام هذه المواد آخذ في الازدياد مع سعي منتجي الأغذية إلى البحث عن سبل لزيادة إنتاج الأغذية ومكافحة آثار تغيُّر المناخ في الوقت نفسه.

ويعمل علماء من ١٥ بلداً مع خبراء من الشعبة المشتركة بين الفاو والوكالة على تتبع نظائر مستقرة متعددة بغية تحليل الملوثات الزراعية ومنشئها وحركتها (انظر مربع «العلوم»). وستشكل هذه التقنيات مجموعة أدوات لتحديد مصادر الملوثات الزراعية وتطوير ممارسات مستدامة مبتكرة لمواجهة فرط استخدامها وتأثيرها على البيئة.

وقد استخدم العلماء لأكثر من ٢٠ عاماً نظائر منفردة لتحديد الملوثات الزراعية، لكن استخدام نظير واحد في كل مرة لا يوفر معلومات تكفي للتمييز بين الملوثات المختلفة وبصماتها النظيرية المميَّزة.

ويقول هينغ: «يسمح تحليل نظائر متعددة بالحصول على صورة أكثر اكتمالا للمساهمة النسبية لكل مادة كيميائية ناشئة من كل مصدر، وبذلك يمكن للعلماء أن يعرفوا أي نهج ينبغي اتخاذه للتعامل مع الملوثات في الحقول وفي أرجاء المناطق الطبيعية.»

تنمو الطحالب في دلتا نهر الدانوب عن طريق التغذّي بالمواد المغذية الموجودة في الأسمدة التي تلوِّث الماء.

(الصورة من: الشعبة المشتركة بين الفاو والوكالة)

العلوم

تقنيات النظائر المستقرة

النظائر هي ذرات من نفس العنصر وتحتوي على نفس عدد البروتونات، ولكن تحتوي على عدد مختلف من النيوترونات، ويؤدي ذلك إلى اختلاف وزنها الذرّي. وعلى سبيل المثال، فالسلوك الكيميائي للنيتروجين-١٥ هو نفس السلوك الكيميائي للنيتروجين-١٤، لكنه يحتوي على نيوترون واحد أكثر، وهذا يجعله أثقل. ويمكن للعلماء استخدام ذلك لفهم وتعقُّب الكيفية التي تتحول بها النظائر، وكذلك مسارات تدفقها وتبادلاتها مع النباتات والتربة والمسطحات المائية.

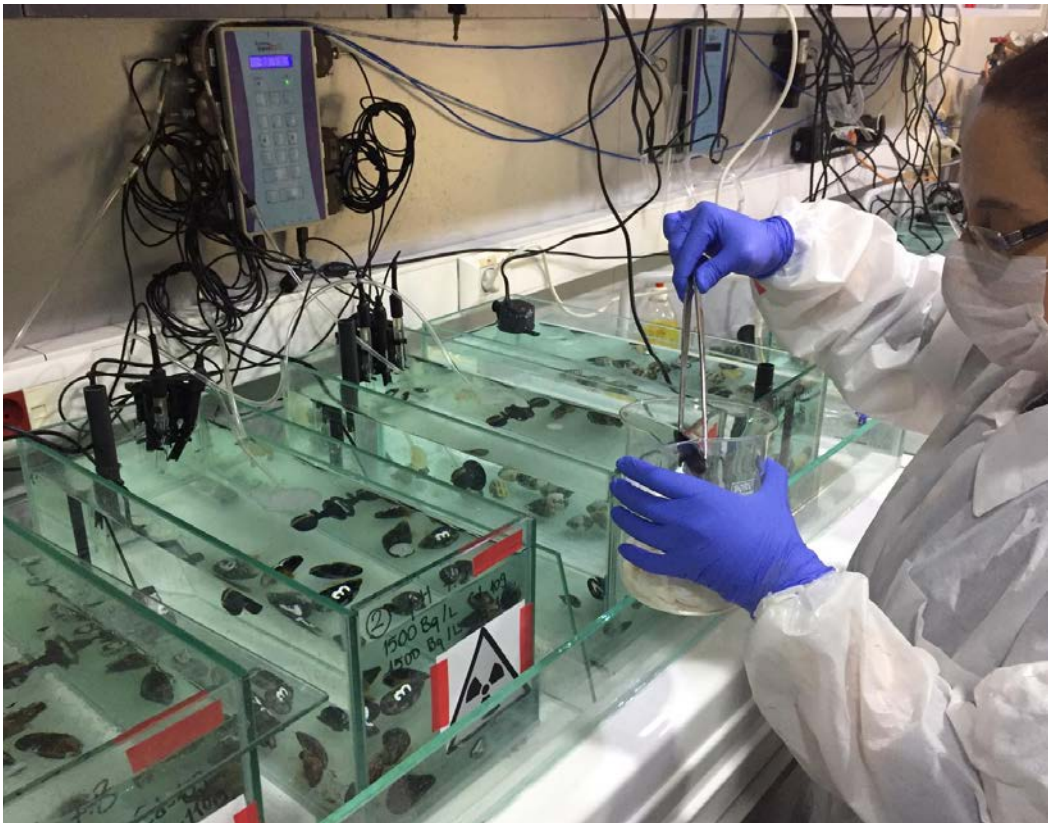
ويستخدم العلماء النيتروجين-١٥ والكربون-١٣ لتتبع حركة ومنشأ انبعاثات أكسيد النيتروز والميثان وثاني أكسيد الكربون في الزراعة. فباستخدام الأسمدة الموسومة بنظائر النيتروجين-١٥، يمكن للعلماء تتبع النظائر وتحديد مدى فعالية امتصاص المحاصيل للسماد ومعرفة الكمية المتبقية منه. ويتم تعقب الكربون-١٣ لتحديد حركة ومنشأ ثاني أكسيد الكربون والميثان.

تحليل النظائر المتعددة

يستخدم العلماء النظائر المستقرة للكربون والهيدروجين والنيتروجين والأكسجين والكبريت لتتبُّع الملوثات الزراعية، بما في ذلك منشؤها وحركتها من التربة إلى المسطحات المائية. وتُستخدم هذه النظائر لأن الأسمدة ومبيدات الآفات تحتوي على النيتروجين والكبريت والكربون، التي تذوب وتُنقل بالماء، وهو يحتوي على نظيري الأكسجين والهيدروجين. ويتم قياس هذه النظائر في وقت واحد من أجل التمييز بين دوران المياه ودوران التلوث وتحسين فهم الجهة التي تأتي منها الملوثات والجهة التي تذهب إليها.

خطر في البحر: ماذا تخبرنا الذرَّات الموجودة في المحار عن تحمُّض المحيطات

بقلم لورا جيل



بالنسبة للعلماء في جميع أنحاء العالم، تعد الكائنات البحرية مثل الحلزونات والمرجانات والقواقع البحرية الصغيرة نافذة لمعرفة كيفية تأثير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المحيطات.

(الصورة من: م. بيليفيرميش/مختبر الإيكولوجيا الإشعاعية بجامعة إسطنبول)

الحلزونات

والرخويات الأخرى معرضة للخطر. فمع ازدياد حموضة المحيطات تدريجيا بسبب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ستجد بعض هذه الكائنات البحرية صعوبة أكبر في بناء أصدافها أو هياكلها. وهذا خبر سيئ ليس فقط لهذه الكائنات العضوية نفسها بل أيضاً لمن يعتمدون عليها.

فما هي الأخبار الجيدة؟ يمكن للعلماء استخدام التقنيات النظيرية لتتبُّع الذرات الموجودة في هذه الحيوانات البحرية التي تبني أصدافها، من أجل تحسين فهم تأثير تحمُّض المحيطات وتغيُّر المناخ، وهذه خطوة أولى نحو مواجهة المشكلة.

يقول مورات بيليفيرميش، العالم في مختبر الإيكولوجيا الإشعاعية بجامعة إسطنبول، والذي يستخدم التقنيات النظيرية لدراسة آثار تغيُّر المناخ وتحمُّض المحيطات على المأكولات البحرية المهمة اجتماعيا واقتصاديا: «مع ازدياد مستويات حموضة المحيطات، تمتص بعض الكائنات العضوية النويدات المشعة أو المعادن وتُراكمها أكثر من غيرها من الكائنات العضوية، أو تنمو ببطء أكثر، أو تحتاج إلى المزيد من الغذاء للبقاء على قيد الحياة. ويمكن أن تتتبَّع التقنيات النووية كل هذه الآثار.» وقد تعلَّم بيليفيرميش كيفية استخدام التقنيات النووية والنظيرية أثناء منحة دراسية في عام ٢٠١٣ في مختبرات البيئة التابعة للوكالة في موناكو.

"مع ازدياد مستويات حموضة المحيطات، تمتص بعض الكائنات العضوية النويدات المشعة أو المعادن وتُراكِمها أكثر من غيرها من الكائنات العضوية، أو تنمو ببطء أكثر، أو تحتاج إلى المزيد من الغذاء للبقاء على قيد الحياة. ويمكن أن تتتبَّع التقنيات النووية كل هذه الآثار."

— مورات بيليفيرميش، عالم في مختبر الإيكولوجيا الإشعاعية بجامعة إسطنبول في تركيا

وبالنسبة للعلماء في جميع أنحاء العالم، تعد الكائنات البحرية مثل الحلزونات والمرجانات والقواقع البحرية الصغيرة نافذة لمعرفة كيفية تأثير تغيُّر المناخ على المحيطات. كما أن تزايد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون — التي هي القوة الدافعة وراء تغيُّر المناخ — تسرِّع تحمُّض المحيطات. فالمحيطات تمتص حوالي ربع ثاني أكسيد الكربون الذي ينبعث من العالم إلى الغلاف الجوي، مغيِّراً كيمياء مياه البحر، فتتغيَّر بدورها كيمياء بعض النظم الإيكولوجية والكائنات البحرية.

والتقنيات النووية والنظيرية أدوات فعالة يمكن للعلماء استخدامها لدراسة ظاهرة تحمُّض المحيطات، التي يشار إليها أحياناً باسم 'مشكلة ثاني أكسيد الكربون الأخرى'. ويمكن استخدام النظائر المشعة، مثل الكالسيوم-٤٥، كمقتفيات دقيقة لفحص أشياء من قبيل معدلات نمو الكائنات العضوية المكلِّسة (انظر مربع «العلوم» في الصفحة ١٦). وتشمل هذه الكائنات بلح البحر والحلزون اللذين يبنيان أصدافهما من كربونات الكالسيوم، وهو مادة معدنية

طبيعية موجودة في المحيط. ويجعل تحمُّض المحيط من الأصعب على الحلزونات وبلح البحر العثور على المواد التي يحتاجانها لبناء وصيانة أصدافهما المصنوعة من كربونات الكالسيوم.

وقد اكتشف بيليفيرميش وزملاؤه، باستخدام المقتفيات الإشعاعية، أن الحلزون عند تعرضه لظروف مياه البحر المتحمِّضة تحمُّضاً طفيفاً يمتص ضعف كمية الكوبالت التي يمتصها في ظروف المقارنة المتوازنة، بينما أظهرت كائنات بحرية أخرى، مثل المحار، مستوى أعلى من الصمود. ويكشف ذلك عن أن تحمُّض المحيطات لا يشكِّل خطراً على الحلزونات فحسب، بل أيضاً على من يأكلونها؛ فالكوبالت معدن ثقيل يحتاجه جسم الإنسان بكميات ضئيلة، ولكنه سام عند التركيزات المرتفعة. ويمكن أن تكون لذلك آثار اجتماعية واقتصادية أوسع على المجتمعات الساحلية، مثل تلك الموجودة في تركيا، التي تعتمد على المأكولات البحرية للاستهلاك المحلي وكذلك للتصدير إلى الدول الأوروبية.

ويقول بيليفيرميش: «تعتمد صناعة صيد الأسماك، بما في ذلك العديد من مربي الأحياء المائية في تركيا، على أنواع أحيائية معينة، مثل الحلزونات. ولذلك يمكن أن يساعد هذا النوع من الأبحاث المربين على التكيف مع الظروف المتغيِّرة، التي بدورها ستساعد أيضاً على حماية اقتصاد مصايد الأسماك في البلد.»

ويعمل الآن بيليفيرميش وزميله أوندر كيليتش على توسيع تعاونهما مع الوكالة لدراسة الآثار الطويلة الأجل لتحمُّض المحيطات على نمو الأنواع الأحيائية المستخدمة كمأكولات بحرية في تركيا، مثل بلح البحر الأبيض المتوسط أو سمك البوري، وقيمتها الغذائية وحالتها الصحية.

ويقول بيليفيرميش: «يعيش بلح البحر مدة تصل إلى عامين. ولكي ندرس دورة الحياة الكاملة لكائن عضوي ونفهم كيفية تأقلمه مع الماء المتحمِّض فهماً كاملاً، نحتاج إلى تجارب أطول أمداً بكثير.»

فهم الآثار طويلة الأجل لتحمُّض المحيطات

هناك الكثير من العمل الذي ينتظرنا لفهم الآثار الطويلة الأجل لتحمُّض المحيطات في جميع أنحاء العالم. وكثيراً ما تستغرق الدراسات المتعلقة بالكائنات العضوية البحرية من أسابيع إلى شهور، لكن استيعاب الآثار الأكثر واقعية لتغيُّر المحيطات مع مرور الزمن يتطلب دراسات متعددة الأجيال.

وستطلق الوكالة في عام ٢٠١٩ مشروعاً بحثيًّا منسقاً مدته أربع سنوات سيجمع بين العلماء لتعزيز فهم آثار تحمُّض المحيطات على الكائنات البحرية على المدى الطويل. وسيهدف المشروع إلى سد الثغرات في البيانات المتعلقة بأنواع المأكولات البحرية المهمة اقتصاديًّا واجتماعيًّا، علاوة على استكشاف استراتيجيات التكيف الملائمة لصناعة تربية الأحياء المائية وصناعة المأكولات البحرية.

كما سيساعد المشروع العلماء على فهم الآثار الطويلة الأجل لتحمُّض المحيطات على المغذِّيات الأساسية الموجودة في المأكولات البحرية، مثل الأحماض الدهنية غير المشبعة التي تفيد الجهاز القلبي الوعائي البشري، وماذا سيكون تأثير ذلك على صحة الإنسان. وسيستخدم العلماء التقنيات التقليدية والتقنيات النووية والنظيرية على حدٍّ سواء لدراسة أنواع المأكولات البحرية التي توفر هذه المغذيات، بما في ذلك المحار وبلح البحر والجمبري وسرطان البحر والأسماك.

يقول ديفيد أوزبورن، مدير مختبرات البيئة التابعة للوكالة: «المحيطات هشة من ناحية، لكنها من الناحية الأخرى صامدة للغاية. وقد رأينا أن بإمكانها التعافي إذا تمت إدارتها بطريقة جيدة. والمهم هو أن ندرك التهديدات التي نفرضها نحن على المحيطات، والتأثير المشترك لتلك التهديدات، وأن نخصص موارد لفهم تلك الآثار ومعالجتها بطريقة استباقية وفعالة».

يتم تبييض أصداف المحار بدلاً من تدميرها، وذلك بإحداث تغيُّرات في مستويات الأس الهيدروجيني: والرقم الهيدروجيني ٨,١ هو الظروف المحيطة؛ والرقم الهيدروجيني ٧,٨ هو القيمة التقديرية لعام ٢١٠٠؛ والرقم الهيدروجيني ٧,٥ هو القيمة التقديرية لعام ٢٣٠٠.

(الصورة من: ن. سيزر/مختبر الإيكولوجيا الإشعاعية بجامعة إسطنبول)

العلوم

التقنيات النظيرية وآثار تحمُّض المحيطات على الكائنات البحرية المكلِّسة

يتألف تحمُّض المحيطات من سلسلة من التغيُّرات في كيمياء مياه البحر، مثل انخفاض الرقم الهيدروجيني لمياه البحر، انعكاساً لحدوث تحول نحو ازدياد الحموضة. وهذه التغيُّرات قابلة للقياس: فمنذ بداية الثورة الصناعية، انخفض متوسط الأرقام الهيدروجينية للمحيطات بمقدار ٠,١١ وحدة حمضية، أي ما يعادل زيادة بحوالي ٣٠٪ في الحموضة.

وفي حين أن من الصعب تقدير التأثير الكامل الذي قد يحدثه تحمُّض المحيطات على الحياة البحرية فإن ما هو معروف هو أنه، عندما يقل مستوى الرقم الهيدروجيني وتركيز الكربونات المناظر عن مستوى معين، تصبح الظروف مسبِّبة لتآكل كربونات الكالسيوم، الذي هو لبنة أساسية يستخدمها العديد من الكائنات العضوية لتشكيل أصدافها وهياكلها العظمية. ويمكن أن يعرقل ذلك قدرتها على تنمية الأصداف والعظام، فيجعلها هشة ويخفض فرصها في البقاء على قيد الحياة. ويبدو أن بعض المرجانات والقواقع البحرية الصغيرة (جناحيات الأرجل) والحلزونات وبلح البحر (الرخويات الثنائية الصدفة) والعوالق النباتية المكلِّسة حساسة بدرجة خاصة لهذه التغيُّرات.

ويستخدم العلماء التقنيات النووية والنظيرية لدراسة معدلات العمليات البيولوجية في الكائنات البحرية، مثل بلح البحر والمحار والمرجانات. ويتتبع العلماء نظائر معينة، مثل الكالسيوم-٤٥ أو الكربون-١٤، لفهم هذه العمليات. والنظائر هي ذرات من نفس العنصر تحتوي على نفس العدد من البروتونات ولكن تحتوي على عدد مختلف من النيوترونات، ويعطيها ذلك وزناً ذريًّا مختلفاً.

وعلى سبيل المثال، يمكن للعلماء استخدام المقتفي المشع الكالسيوم-٤٥ لقياس جودة التكليس ومعدله، وتحديد مدى سرعة ومدى جودة بناء الأصداف والهياكل العظمية. وللقيام بذلك، يضيفون كمية معروفة من الكالسيوم -٤٥ في حوض لتربية الكائنات المائية مملوء بمياه البحر يضم أيضاً، على سبيل المثال، الحلزونات. وبقياس كمية كربونات الكالسيوم الموسوم إشعاعيًّا التي تمتصها هذه الكائنات بمرور الزمن، يمكن للعلماء تقييم عملية التكليس هذه. ويستخدم العلماء هذه المعلومات لتقييم تأثير تحمُّض المحيطات بعناية.

(الصورة من: ن. جاويرث/الوكالة)

تسخير التكنولوجيا النووية من أجل التصدِّي لتغيُّر المناخ

نتائج المحفل العلمي للوكالة لعام ٢٠١٨

بقلم بريانا هارتلي

(الصورة من: ف. نصيف/الوكالة)

تمثِّل كيفية التعامل مع تغيُّر المناخ محور مناقشات بين صانعي السياسات والعلماء على حدٍّ سواء، لكن أحد الأمور التي اتفق عليها خبراء من مختلف التخصصات في المحفل العلمي للوكالة لعام ٢٠١٨ كان أن التكنولوجيا النووية جزء من الحل.

ففي الجلسة الافتتاحية للمحفل العلمي 'تسخير التكنولوجيا النووية من أجل المناخ لعام ٢٠١٨: التخفيف والرصد والتكيف'، الذي عُقد أثناء المؤتمر العام الثاني والستين للوكالة، قالت الأميرة سُمية بنت الحسن، رئيسة الجمعية العلمية الملكية الأردنية: «الأمر متروك لنا لإثارة قضية التكنولوجيا النووية ونشرها على نطاق واسع. ويجب أن نجعل فكرة تسخير التكنولوجيا النووية من أجل المناخ واضحة ويسيرة الفهم ومستساغة للجميع. ومن واجبنا أن نتأكَّد من أنَّ العالم أجمع يعي ذلك ويدرك أهمية التكنولوجيا النووية في مكافحة تغيُّر المناخ.»

وخلال المنتدى، الذي عقد من ١٨ إلى ١٩ أيلول/سبتمبر ٢٠١٨، ناقش قادة الفكر، ومن بينهم اقتصاديون وعلماء ومسؤولون رفيعو المستوى من أكثر من ٢٠ بلداً، سبل توسيع نطاق استخدام التكنولوجيا النووية لرصد تأثير تغيُّر المناخ وتخفيفه والتكيف معه.

يمكن للقوى النووية أن تساعد على الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري

بالنظر إلى أن إنتاج الطاقة يشكل ثلثي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، سلَّط مقدمو العروض الضوء على أن القوى النووية — التي هي مصدر نظيف للطاقة ويمكن التعويل عليه ومعتدل التكلفة ومنخفض انبعاثات الكربون — يمكن أن تخفض هذه الانبعاثات مع ضمان توليد الطاقة الكافية لدفع عجلة النمو الاقتصادي في الوقت نفسه.

وقالت أغنيتا رايزينغ، المديرة العامة للرابطة النووية العالمية: «يتعيَّن علينا أن نبني على العلم والحقائق، ولكن يتعيَّن علينا أيضاً أن نستخدم التقنيات المجرَّبة الآن.» «فباستخدامك للطاقة النووية، لن تزيل الكربون فقط بل ستنمِّي اقتصادك في الوقت نفسه.»

ومع ذلك فإلى جانب هذه الفوائد تجلب الطاقة النووية معها تحديات معيَّنة. ويوضح مالكولم غريمستون، كبير الباحثين في إمبيريال كوليدج بلندن، أنه إلى جانب الجوانب المالية والتقنية، تقول دول عديدة إن تقبُّل الجمهور هو أحد العوائق الرئيسية.

ويتساءل غريمستون: «لماذا يعتبر عدد كبير من الناس مصدر الطاقة الواسع النطاق الأكثر أماناً أكثرها خطورة؟» وقد حلل العرض الذي قدمه كيف تتواصل

> **"يجب أن نجعل فكرة تسخير التكنولوجيا النووية من أجل المناخ واضحة ويسيرة الفهم ومستساغة للجميع."**
>
> — الأميرة سُمية بنت الحسن، رئيسة الجمعية العلمية الملكية، الأردن

(الصورة من: ف. نصيف/الوكالة)

الصناعة النووية مع الجمهور، وخلص إلى أنه لكي تحسِّن الصناعة تقبُّل الجمهور يجب أن «تتعامل مع هذه الصناعة باعتبارها صناعة عادية تثير قضايا عادية.»

البيانات الدقيقة عن تغيُّر المناخ

أوضح مقدمو العروض خلال جلسة المنتدى التي ركزت على رصد تغيُّر المناخ وقياسه أن جمع بيانات دقيقة عن تغيُّر المناخ يساعد العلماء وصانعي القرار على فهم ماهية القضايا التي يتعاملون معها وماهية الإجراءات اللازمة لمعالجتها.

وقالت أوكسانا تاراسوفا، رئيسة شعبة البيئة والبحوث في المنظمة العالمية للأرصاد الجوية: «الناس يريدون أن يتخذوا إجراء. فهم يريدون أن يعرفوا ما هي الانبعاثات التي يمكنهم تخفيضها، وأين يمكنهم تخفيضها، والأهم من ذلك، ما إذا كان لهذه الإجراءات تأثير.»

وسلَّط المتحدثون خلال الجلسة الضوء على دقة التقنيات النظيرية المستخدمة لجمع البيانات وتنوع استخداماتها: من تحديد منشأ انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي والمحيطات وقياسها وإلى دراسة موارد المياه العذبة والموارد الزراعية بغية جعل إدارتها أكثر استدامة.

وقالت تاراسوفا: «هذه المعرفة مهمة لتقديم أدلة أفضل من أجل صنع سياسة سليمة، لكن بلداناً عديدة ليست قادرة بعد على تطبيقها»، داعية إلى زيادة التدريب على هذه الأساليب.

التكيف مع بيئة متغيِّرة

يرهق تغيُّر المناخ كوكب الأرض، بينما يطلق العنان لظروف بيئية أكثر قسوة، جاعلاً من الأصعب على الناس زراعة الأغذية والحفاظ على الموارد الطبيعية وصد الحشرات الضارة. ويلاحَظ تأثيره على مستوى المنازل والنظم الإيكولوجية والاقتصادات في جميع أنحاء العالم. ولكن، وفقاً للمتحدثين في جلسة المنتدى حول تأثير تغيُّر المناخ على الصحة والأمن الغذائي، يمكن للتكنولوجيا النووية أن تساعد العلماء على إيجاد سبل ذكية مناخيًّا للتعامل مع هذه الآثار.

وقالت ناتاليا أليكسيفا، رئيسة الفريق المعني بالعمل الوطني بشأن التغيُّر المناخي في منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو): «علينا إنشاء أنظمة قادرة على مواجهة التحديات المختلفة. وعلى سبيل المثال فإن استخدام التقنيات النووية لاستحداث سلالات جديدة من النباتات تقاوم الجفاف وتستهلك كميات أقل من المياه أو الأسمدة والمواد الكيميائية الأخرى يساعد على إعادة تصميم النظم الزراعية بطريقة أكثر متانة واستدامة.»

وناقش الخبراء كيف ساعدت التقنيات النووية والنظيرية على الحفاظ على موارد المياه والتربة وعلى مكافحة الآفات الحشرية، فضلاً عن تحسين الإنتاج الحيواني والصحة. وشرحوا السبل التي ساعدت بها التكنولوجيا النووية أيضاً على التغلب على التحديات المرتبطة بالمناخ من أجل ضمان سلامة الأغذية وتعزيز الأمن الغذائي، الذي بدوره يحسِّن التغذية والصحة.

وقالت إلمي هيواجوليغ، كبيرة نواب المدير وكبيرة علماء الأبحاث بمعهد التكنولوجيا الصناعية في وزارة العلوم والبحوث في سري لانكا، إن التكنولوجيا النووية لا تستطيع بمفردها حل قضايا تغيُّر المناخ. «ولكن يمكننا استخدام هذه التكنولوجيا كأداة لمكافحة العديد من قضايا تغيُّر المناخ.»

كيميائي شاب في الفلبين يتوصل إلى بيانات بيئية ناقصة من خلال اللجوء إلى العلوم النووية

بقلم ميكلوس غاسبار

استخدم ويلفرين كلوتاريو، وهو كيميائي، العلوم النووية لدراسة الكيفية التي تعامل بها المحيط مع التلوث الناجم عن إعصار عنيف وقع في عام ٢٠١٣.

(الصورة من: م. غاسبار/الوكالة)

عندما أراد الكيميائي البيئي ويلفرين كلوتاريو أن يفهم مستوى التلوث في المحيط، الذي نتج عن أعنف إعصار في العالم يصل إلى اليابسة، والذي أودى بحياة أكثر من ٦٠٠٠ شخص ودمَّر ثلثي مدينة تاكلوبان في عام ٢٠١٣، كانت لديه مشكلة هي أنه لم تكن هناك بيانات خط أساس متاحة.

يقول كلوتاريو: «كان بوسعنا أن نقيس تركيز النترات والمواد العضوية في البحر، لكننا لم نكن نعرف كم منها كان طبيعيًّا وكم منها كان ناتجاً عن التلوث الناجم عن الإعصار.» وفي ذلك الوقت، كان كلوتاريو باحثاً في جامعة ولاية فيسایاس الشرقية يستخدم التقنيات التقليدية لقياس تركيز المركَّبات المختلفة الموجودة في مواقع أخذ العينات. وقد تسبَّبت الرياح العاتية لإعصار هايان، الذي ضرب المدينة في ٨ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٣، في موجات شبيهة بأمواج التسونامي حملت حطاماً يحتوي على مواد عضوية وملوِّثات وجثث بشرية وحيوانية من الأرض إلى المحيط.

وأوضح كلوتاريو أن الباحثين وصانعي السياسات لم يكونوا متأكدين مما إذا كان المحيط سيتمكن من التعامل مع حجم التلوث الذي دخل إلى المحيط أثناء الإعصار، والذي كان يمكن أن يحول المنطقة إلى قطاع ميت يدوم لعقود. وكانوا بحاجة إلى معرفة ما هي مكونات التلوث وما هي المكونات الطبيعية، لكي يعرفوا ما إذا كانت هناك حاجة إلى أي تدابير لمساعدة المحيط على 'هضم' الحطام لكي يتمكن من العودة إلى حالة توازنه الطبيعية.

وعندما عرض كلوتاريو مشكلته البحثية في مؤتمر عقد في عام ٢٠١٥، كان ريموند سوكجانغ، وهو كبير باحثين من معهد البحوث النووية الفلبيني لديه خبرة في استخدام التقنيات النظيرية لتحديد خصائص تلوث المياه، يجلس على حافة مقعده، متلهفاً إلى تقديم حل لمعضلة كلوتاريو. وما زالا يعملان معا بصورة وثيقة منذ ذلك الحين. يقول سوكجانغ «إن عملنا معاً مثل زواج تم تنظيمه بطريقة احترافية في السماء.»

وقد تعلم كلوتاريو كيفية استخدام التقنيات النظيرية لتحديد خصائص مصدر النيتروجين والمواد العضوية وحركتها إلى المحيط (انظر مربع «العلوم»)، بمساعدة من معهد البحوث النووية الفلبيني والوكالة وبالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، وليس ذلك فحسب، بل أضاف أيضاً استخدام التقنيات النظيرية إلى المناهج الدراسية في المدرسة العليا الفلبينية للعلوم — حرم ولاية فيسایاس الشرقية، حيث يقوم بالتدريس. وقد أشرف منذ ذلك الحين على عدد من مشاريع البحوث التي يضطلع بها طلاب المدارس الثانوية العليا بشأن استخدام هذه التقنيات في تحديد خصائص التلوث في مسطحات المياه العذبة في المنطقة.

ويقول سوكجانغ «ليس لدينا مكتب في تاكلوبان، ولكن لدينا ويلفرين.» وبالفعل، في يوم مشمس من آب/أغسطس ٢٠١٨، كانت إحدى القاعات الدراسية بالمدرسة مليئة بباحثين من المدينة والمقاطعة شاركوا في حلقة عمل لمدة يوم واحد عقدها معهد البحوث

"عندما شاهدت الإعصار واندفاع العاصفة يدمران مدينتي ويقتلان العديد من الناس الذين أعرفهم، لم أكن أعلم أنني بعد سنوات قليلة سأكون عاكفاً على استخدام التقنيات النووية لمساعدة مدينة تاكلوبان على التعامل مع آثار الإعصار."

— ويلفرين كلوتاريو، كيميائي، جامعة ولاية فيسایاس الشرقية، الفلبين

النووية الفلبيني حول استخدام التقنيات النووية والنظيرية في مجموعة واسعة من المجالات.

ويقول كلوتاريو، الذي شارك في دورات تدريبية قادتها الوكالة في أستراليا وماليزيا قاصداً توسيع معارفه الخاصة في هذا الموضوع: «يمكن للتقنيات النووية أن تفعل الكثير، ولكن معظم الناس، حتى في الأوساط العلمية، لا يعرفون ذلك. فعندما يسمع الناس، حتى الباحثون منهم، عبارة 'نووي'، لا يفكرون إلا في القوى النووية، ولكن في الأمر أكثر من ذلك بكثير.»

ويقول كارلو أ. أرسيللا، مدير معهد البحوث النووية الفلبيني، إن نشر استخدام التطبيقات النووية في الأوساط العلمية أمر أساسي لرسالة معهد البحوث النووية الفلبيني، الذي يتطلع إلى الباحثين مثل كلوتاريو للمساعدة في هذا المجال. «ونحن نعقد حلقات عمل في جميع أنحاء البلاد لتثقيف العلماء».

حماية السلسلة الغذائية

كشفت أبحاث كلوتاريو عن أن التركيزات العالية نسبيًّا من النيتروجين الموجودة في المناطق التجارية والساحلية كانت طبيعية، في حين أن التركيزات الأقل نسبيًّا الموجودة في المناطق المحمية ومصايد الأسماك التجارية المجاورة يمكن تتبعها إلى مصدرها وهو الكتلة الحيوية القادمة من الأرض، من قبيل الجثث.

ويوضح كلوتاريو قائلاً: «النيتروجين هو المقتفي، وهو يوضح لنا المكان الذي انتهى إليه التلوث.»

وللخطوة التالية، يجب دراسة الأسماك والرواسب لتحديد الكمية التي وصلت إلى السلسلة الغذائية من هذه الملوثات. والتحقق من تركيز المعادن الثقيلة في الأسماك مهم لأن مواد سامة يمكن أن تكون قد دخلت البحر كجزء من الركام.

ويواصل كلوتاريو أخذ العينات، وتقوم مكاتب معهد البحوث النووية الفلبيني الواقع بالقرب من مانيلا بتحليلها باستخدام مقياس للطيف الكتلي لنسبة النظائر، وهو جهاز تبرعت به الوكالة من خلال برنامجها للتعاون التقني. وستكشف هذه التحليلات ما إذا كانت التركيزات تتناقص وما إذا كانت هذه العملية تحدث طبيعيًّا. ويقول كلوتاريو: «هنالك الكثير الذي يجب عمله لفهم المحيط فهماً أفضل.»

لقد أثَّرت الأحداث الكارثية التي وقعت في عام ٢٠١٣ على كلوتاريو لمدى الحياة؛ وهو يقول إنه بينما لا يمكن تغيير التاريخ فهو سعيد بأنه يستطيع المساعدة في أعمال الاستصلاح.

ويقول كلوتاريو: «عندما شاهدت الإعصار واندفاع العاصفة يدمران مدينتي ويقتلان العديد من الناس الذين أعرفهم، لم أكن أعلم أنني بعد سنوات قليلة سأكون عاكفاً على استخدام التقنيات النووية لمساعدة مدينة تاكلوبان على التعامل مع آثار الإعصار.»

العلوم

تقنيات النظائر المستقرة

النظائر هي ذرات من نفس العنصر تحتوي على نفس عدد البروتونات ولكن تحتوي على عدد مختلف من النيوترونات. وفي حين أن جميع نظائر العنصر الواحد لها نفس الخصائص الكيميائية فإن وزنها يختلف تبعاً لعدد النيوترونات التي تحتوي عليها. وهذه الاختلافات في الوزن تمكِّن العلماء من تمييزها عن بعضها البعض عند تحليلها باستخدام مقياس للطيف الكتلي لنسبة النظائر. ويمكن للعلماء استخدام هذا النهج لتحديد التركيب النظيري للمادة.

وبالنسبة لهذه الدراسات حول تلوث المياه، قام الباحثون بتتبع نظائر النيتروجين والكربون المستقرة. وتحتوي أنواع الكائنات الناشئة في أماكن مختلفة على مستويات محددة وفريدة من النظائر تعكس الطعام الذي تأكله والبيئة التي تعيش فيها. ويمكن للعلماء دراسة هذا التركيب النظيري واستخدامه مثل البصمة لتحديد وجود أنواع مختلفة من المواد العضوية في محيط هذه الكائنات.

وفي المحيطات، يمكن للنباتات، مثل الأعشاب البحرية والحشائش البحرية، والحيوانات الساكنة، مثل المحار، أن تخبر العلماء بالكثير عن التركيب النظيري الحالي والسابق للبيئة. ولأن هذه الكائنات الحية لا تتحرك، فعندما تأخذ الغذاء من مياه البحر وتنمو، يتطور تكوينها النظيري بحيث يعكس مستويات تركيز المواد المختلفة الموجودة في المحيط في تلك النقطة الزمنية المحددة. ولذلك يمكن للباحثين قياس التركيب النظيري لهذه النباتات والحيوانات لفهم ماضي المحيط فهماً أفضل.

نحو سدِّ الفجوة بين الجنسين في العلوم النووية

بقلم ميكلوس غاسبار ومارغوت دوبيرتراند

قادت موهاياتون سانتوسو، وهي كبيرة باحثين في الوكالة الوطنية للطاقة النووية في إندونيسيا، بحثاً رائداً حول تلوث الهواء في جميع أرجاء إندونيسيا.

(الصورة من: الوكالة الوطنية للطاقة النووية في إندونيسيا)

تشكِّل النساء أقل من ربع القوى العاملة في القطاع النووي على صعيد العالم، وهذا يضر التنوع داخل الصناعة، وليس ذلك فحسب، بل يضر أيضا القدرة التنافسية، كما يقول الخبراء. ويعمل العديد من المنظمات، ومن بينها الوكالة، عملاً نشطاً على زيادة نسبة النساء في جميع فئات الوظائف.

وتقول غوين بيري-جونز، المديرة التنفيذية لتطوير العمليات في محطة ويلفا نيويد للقوى النووية في المملكة المتحدة: «على الرغم من وجود العديد من النساء الموهوبات وذوات المهارات العالية في الصناعة النووية، ما زلنا ممثَّلات تمثيلاً ناقصاً للغاية. ولا يزال هناك عمل يتعين القيام به. والتنوع في مكان العمل يفيد الجميع، وأنا أدعم تماماً المبادرات التي تشجع النساء على دخول هذه الصناعة وأساعدهن على معرفة سبل الوصول إلى المناصب العليا.»

وتقدم النساء اللائي وصلن إلى الأدوار القيادية مساهمة كبيرة. وقد قادت موهاياتون سانتوسو، كبيرة الباحثين في الوكالة الوطنية للطاقة النووية في إندونيسيا، بحثاً رائداً حول استخدام التقنيات النووية لقياس تلوث الهواء في العديد من مدن إندونيسيا. وساهم عملها في حصول باندونغ، ثالث أكبر مدينة في إندونيسيا، على جائزة رابطة أمم جنوب شرق آسيا (آسيان) للبيئة المستدامة في عام ٢٠١٧.

وتقول موهاياتون سانتوسو: «تلوث الهواء مشكلة رئيسية على صعيد المناطق الحضرية في إندونيسيا، ويؤدي الازدياد السريع في النشاط الصناعي وحركة المرور إلى ازدياد كمية المواد السامة في الهواء. وأنا فخورة بأن أتمكن من مساعدة بلدي على معالجة هذه المشكلة الرئيسية.»

وأغنيتا رايزينغ، المديرة العامة للرابطة النووية العالمية، هي أخصائية رائدة في الطاقة النووية والبيئة. وعندما كانت نائبة الرئيس لشؤون البيئة في مؤسسة فاتنفال، التي هي المشغِّل المملوك للدولة لمحطات القوى النووية والقوى الكهرمائية في السويد، ترأست إدارة أوروبية تركز على الطاقة والبيئة والاستدامة. وهي أيضا المؤسسة المشاركة والرئيسة السابقة لرابطة العاملات في المجال النووي. وخلال رئاستها للرابطة، تضاعفت عضوية الرابطة أربعة أضعاف.

وتقول رايزينغ: «المرأة ضرورية للتطور القوي للقطاع النووي العالمي. فلكي تكون المنشأة التجارية على أقصى حد من القدرة على المنافسة، تحتاج إلى أن يعمل بها أفضل الأشخاص. وينبغي أن تكون لدى الصناعة النووية برامج لاجتذاب النساء وتعيينهن، وإلا فإنها ستفقد المزية التنافسية التي يمكن أن تجلبها مواهبهن. وعندما تعكس القوى العاملة تنوع المجتمع بصورة أفضل، بما في ذلك تمثيل المرأة، فإنها تساعد أيضاً على بناء ثقة المجتمع في التقنيات النووية.»

”ينبغي أن تكون لدى الصناعة النووية برامج لاجتذاب النساء وتعيينهن، وإلا فإنها ستفقد المزية التنافسية التي يمكن أن تجلبها مواهبهن.“

— أغنيتا رايزينغ، المديرة العامة، الرابطة النووية العالمية

طالبتان فلبينيتان تجريان تجارب عملية للتعرف على العلوم النووية.
(الصورة من: م. غاسبار/ الوكالة)

وحاليًّا تشكل النساء ٢٢,٤٪ فقط من القوى العاملة في القطاع النووي، وفقاً للبيانات المستقاة من الوكالة.

المرأة في المجال النووي

الهدف من رابطة العاملات في المجال النووي، التي هي منظمة غير ربحية تضم ٣٥ ٠٠٠ عضو من ١٠٩ بلدان، هو الدعوة إلى تولي المرأة أدواراً أقوى في العلوم والتكنولوجيا النووية وزيادة الوعي بأهمية التوازن بين الجنسين في المجالات التي يسيطر عليها الذكور تاريخيًّا. وتروج الرابطة أيضاً للالتحاق بهذه المجالات بين النساء اللائي يقمن باختيار مسارهن المهني.

وتقول غابرييل فويغت، رئيسة رابطة العاملات في المجال النووي والمديرة السابقة لمرافق ومختبرات نووية في ألمانيا وفي الوكالة: «في حين أن هناك نسبة متزايدة من النساء في مناصب تقنية عليا في كل فرع من فروع العلوم والتكنولوجيا النووية، لا تزال المرأة ممثَّلة تمثيلاً ناقصاً فيها.»

وتضيف: «يتمثل جانب من المشكلة في أن عدداً أقل مما ينبغي من الشابات يدرس العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات في التعليم الثانوي والعالي. وثمة قضية أخرى هي الحد الأعلى والتحيز الدائمان — سواء عن وعي أو عن غير وعي — الذي تصعب مواجهته في بيئة العمل.»

وتساعد رابطة العاملات في المجال النووي على تغيير ذلك من خلال زيادة تعرُّف الفتيات على المواضيع المتصلة بالمجال النووي منذ سن مبكرة وببناء شبكة قوية من النساء وإتاحة التعرُّف على نماذج يحتذى بها للجيل القادم. وتقوم بعض البلدان، بما في ذلك بمساعدة من الوكالة، بإدخال العلوم النووية في المناهج الدراسية لطلاب المدارس الثانوية العليا مع تركيز خاص على الفتيات.

وتقول ميكا باتشيكو، المشرفة العلمية الإقليمية في وزارة التربية والتعليم في الفلبين، والتي تحت إشرافها أدخلت عدة مدارس في منطقة مانيلا برامج لتعليم العلوم والتكنولوجيا النووية: «إن تقديم العلوم، وعلى وجه الخصوص العلوم النووية، للفتيات في سن مبكرة هو أفضل طريقة لتحقيق وجود نسبة أعلى من النساء في هذا المجال. فالمجال النووي ممتع — ويجب أن تعرف الفتيات ذلك!»

التقدم الذي أحرزته الوكالة بشأن التكافؤ بين الجنسين

في نهاية عام ٢٠١٧، بلغت نسبة النساء في الفئة الفنية والفئات العليا في الوكالة ٢٩٪، مقارنة بنسبة ٢٢,٥٪ قبل عشر سنوات. وقد صرَّح المدير العام يوكيا أمانو بأنه يودُّ أن يحقق التكافؤ بين الجنسين على أعلى المستويات بحلول عام ٢٠٢١.

وتقول ميري أليس هيوارد، نائبة المدير العام ورئيسة إدارة الشؤون الإدارية في الوكالة: «اتخذت الوكالة خطوات ملموسة لتحسين تمثيل المرأة في الأمانة من خلال جهود التوظيف المهدَّفة وأنشطة التوعية، وقد شهدنا تحسناً في تمثيل المرأة في الوكالة. لكننا ندرك التحديات التي لا تزال قائمة. فالمساواة بين الجنسين في مكان العمل تتطلب أكثر من تحسين الإحصائيات — فهي تعني أيضاً التأكد من أن تكون الوكالة مكاناً ترغب النساء في العمل فيه.»

ويشمل ذلك تهيئة بيئة داعمة، مثل ترتيبات العمل المرنة التي تمكِّن الموظفين من الجمع بين مسؤوليات العمل ومسؤوليات الأسرة، فضلاً عن توجيه حملات توعية خاصة إلى الشابات تسلِّط الضوء على فوائد العمل في الوكالة.

وكان من أمثلة النجاح في تحقيق التكافؤ بين الجنسين في المناصب العليا في الوكالة النجاح المحرز في شعبة تكنولوجيا المعلومات. ففي حين أن هذا مجالاً يهيمن عليه الذكور تاريخيًّا، فقد أسفرت استراتيجية نشطة للحملات والاستعانة بالمصادر الخارجية عن وصول التوعية المهدَّفة إلى عدد كبير من المرشحات المؤهلات.

وفي مكتب الشؤون القانونية، تشكل النساء غالبية الموظفين الفنيين.

وتقول مديرة المكتب بيري لين جونسون: «لدينا مديرة من النساء، وليس ذلك فحسب، بل إن اثنين من الأقسام الثلاثة ترأسهن نساء أيضاً، وهذا يعني أن النساء يشكلن ٧٥٪ من كبار الموظفين. وعلاوة على ذلك، لدينا ١١ محامية وعشرة محامين، ونحاول ضمان التكافؤ بين المتدربين عندنا.»

التغلب على مفارقة الابتكار، وكيف يمكن للوكالة الدولية للطاقة الذرِّية أن تقدم المساعدة

أسئلة وأجوبة مع كبير الاقتصاديين المعني بالنمو العادل في البنك الدولي

بقلم أليكساندرا بيفا

تمتلك التكنولوجيات الجديدة القدرة على تعزيز تنمية أي بلد ما، لكن دراسة من البنك الدولي في عام ٢٠١٧ تشير إلى أن العديد من البلدان النامية يستثمر القليل نسبيًّا في تحويل هذه الإمكانية التكنولوجية إلى واقع.

لماذا؟

لمعرفة ذلك، تحدثنا إلى وليام ف. مالوني، كبير الاقتصاديين المعني بالنمو العادل والتمويل والمؤسسات في مجموعة البنك الدولي، والمؤلف المشارك للكتاب المعنون 'مفارقة الابتكار: قدرات البلدان النامية والوعد غير المحقق باللحاق بركب التقدم التكنولوجي' (*The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up*). أعطانا مالوني آراءه بشأن مفارقة الابتكار هذه وبشأن الكيفية التي يمكن بها للوكالة أن تساعد البلدان على تعظيم إمكاناتها التكنولوجية.

سؤال: تُظهر نتائج دراستك التي صدرت مؤخراً أن البلدان النامية تضيع فرصة كبيرة من خلال عدم الاستثمار الكافي في مجال البحث والتطوير. لماذا ترى ذلك وكيف يمكن تغييره؟

جواب: هناك مفهوم خاطئ شائع وهو أن الابتكار هو تدفق لأفكار عظيمة، ولكن الابتكار هو، في الواقع، تراكم للمعارف. ومن المهم الإشارة إلى أنه ليست أحدث التقنيات وحدها هي التي يمكن أن تستفيد منها البلدان النامية، بل يمكنها أن تستفيد أيضاً من التقنيات الناضجة القائمة، مثل بعض التقنيات النووية، التي يمكنها أن تستفيد منها كثيراً ويتعين عليها أن تجربها.

لكن عوامل عديدة يمكن أن تمنع البلدان والشركات من الحصول على الفوائد التي نرى أنها يمكن أن تحصل عليها عندما تستثمر في التكنولوجيا. وفي الدراسة المعنونة 'مفارقة الابتكار'، نقدم تفسيرين لعدم اعتماد التكنولوجيا بقدر أكبر.

التفسير الأول هو غياب عوامل الإنتاج التكميلية اللازمة للابتكار. ويمكن أن تشمل هذه العوامل عدم القدرة على الحصول على العاملين المؤهلين أو الآليات الضرورية أو التمويل، أو، وهو ما نؤكد عليه بصفة خاصة، القدرات الإدارية. وهذا العامل حاسم الأهمية، لأن المديرين غير القادرين على تنظيم صالة الماكينات

"لا يتعلق الأمر أبداً بتوفير الآلات وحسب، بل يتعلق أيضاً بضمان وجود العوامل المكمِّلة، مثل رأس المال البشري المدرَّب تدريباً عالياً."

— ويليام ف. مالوني،
كبير الاقتصاديين المعني بالنمو العادل والتمويل والمؤسسات، مجموعة البنك الدولي

أو وضع خطة نمو طويلة الأجل يكونون في كثير من الأحيان غير قادرين أيضاً على تحديد وتنفيذ التقنيات الجديدة أو الاضطلاع بالبحث والتطوير.

والتفسير الثاني هو المعلومات. فالناس لا يعرفون ما يجهلونه، وكذلك الحكومات والشركات. وأحد الموارد الرئيسية التي لا تبحث عنها الشركات عموماً هو برامج التطوير الإداري، وهي قيام خبير خارجي بتحليل أداء الشركة واقتراح خطة لتحسينه. وقد ثبت أن لهذه البرامج تأثيراً كبيراً على الإنتاجية والابتكار. وأحد أسباب ذلك هو أن الشركات كثيراً ما تبالغ في تقدير مدى جودة أدائها من حيث جودة إدارتها وجودة قدراتها التكنولوجية مقارنة بأفضل الشركات، ولذلك لا تدرك إلى أي مدى يمكنها أن تتحسن.

سؤال: يشير بحثك إلى أنه يتعين على الحكومات والقطاع الخاص في البلدان النامية أن تعمل بالتضافر من أجل نجاح المبادرات التي تركز على البحث والتطوير. فما هو الدور الذي يمكن أن تؤديه منظمات دولية مثل البنك الدولي والوكالة؟

جواب: كلما ابتعد المرء عن الساحة التكنولوجية كلما ازدادت المشاكل تعقيداً؛ فكثيراً ما تعاني البلدان النامية في وقت واحد من ضعف النظم التعليمية وضعف أداء الأسواق المالية ومناخ الأعمال التجارية، مع وجود حكومات لا تؤدي وظيفتها جيداً أيضاً في كثير من الأحيان. وهذا يعني أن بلداناً نامية عديدة قد تجد نفسها في وهدة لا تملك فيها القدرات اللازمة لإصلاح الأشياء التي يتعين عليها إصلاحها من أجل اعتماد التقنيات والاستفادة منها في النمو.

وكثيراً ما نرى الناس يجلبون نماذج أعمال تجارية من البلدان المتقدمة إلى البلدان النامية. غير أن هذه النماذج لا تنجح في كثير من الأحيان لأن العقبات مختلفة في البلدان النامية والحوافز التي تنطوي عليها النماذج مصممة لأوضاع مختلفة. فعلى سبيل المثال، قد تكون لدى بلد متقدم معدلات منخفضة من الابتكار بسبب مشاكل نمطية، مثل عدم قدرة الشركات على الاستفادة الكاملة من ثمار جهود الابتكار التي تقوم بها. ولذلك تركز هذه الشركات على نظم براءات الاختراع، ومعاهد البحوث الحكومية، والدعم الضريبي للبحث والتطوير أو إعفاء نفقاته من الضرائب. بيد أن البلدان النامية قد لا تكون لديها شركات قادرة على تنفيذ مشروع بحث وتطوير أو رأس المال البشري اللازم للاضطلاع به، وهذا يعني أن السياسات يجب أن تركز على هذه المجالات أولاً.

ويمكن لمنظمات دولية مثل البنك الدولي والوكالة أن تساعد على تعزيز الحكومات، وأن تحدد العوائق الرئيسية أمام الابتكار واعتماد التقنيات، وأن تساعد على وضع سياسات ملائمة للحد من هذه المشاكل. وبمرور الزمن، سيؤدي ذلك إلى إنشاء هياكل ابتكار أكثر تطوراً في البلدان النامية.

سؤال: الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية ليست منظمة مانحة؛ ومجال خبرتنا هو نقل المعارف والتقنيات البالغة الأهمية للتنمية المستدامة على المدى الطويل إلى الدول الأعضاء — لا سيما البلدان النامية. ففي هذا السياق، كيف يمكن للوكالة أن تساعد البلدان على أفضل وجه على الخروج من مفارقة الابتكار؟

جواب: نقل التكنولوجيا عنصر أساسي للنمو، ويتطلب تسهيله معالجة القضيتين اللتين تحدثت عنهما، وهما: توفير المعلومات وبناء القدرات. ولا يتعلق الأمر أبداً بتوفير الآلات وحسب، بل يتعلق أيضاً بضمان وجود العوامل المكمِّلة، مثل رأس المال البشري المدرَّب تدريباً عالياً. ولدى الوكالة الدراية الفنية والخبراء ذوي الخلفية العلمية الصحيحة للمساعدة على تدريب الناس على التعرف على فرص نقل التكنولوجيا وتطوير القدرات اللازمة لنقل هذه التقنيات. وهذا أمر بالغ الأهمية للعديد من الدول النامية ذات رأس المال البشري الضعيف، لأنه إذا لم يكن هناك مهندسون وعلماء قادرون على تحديد الأماكن التي يمكن فيها تطبيق التكنولوجيا والكيفية التي يمكن تطبيقها بها فلن يكون هناك نقل للأفكار، حتى إذا كانت بيئة الأعمال في حالة معقولة.

ويمكن أن يؤدي بناء الارتباطات مع المؤسسات الموجودة خارج البلد إلى تسهيل تدفق المعلومات وزيادة معرفة البلدان للتقنيات القائمة. وهذا مجال آخر بالغ الأهمية يمكن للوكالة أن تساعد فيه الحكومات.

العلوم والتكنولوجيا النووية: نحو خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠ في ماليزيا

بقلم محمد عبد الوهاب يوسف

بدأت الأنشطة النووية في ماليزيا في عام ١٨٩٧، عندما أُدخلت الأشعة السينية لأول مرة إلى مستشفى في مقاطعة تايبينغ بولاية بيراك. ومن هذه البداية المتواضعة، تطوَّرت التكنولوجيا النووية في ماليزيا وازدهرت عندما أنشئ في عام ١٩٧٣ مركز بوسباتي للبحوث النووية (الذي سُمِّي لاحقاً الوكالة النووية الماليزية). وأصبح المجال أكثر نشاطاً وديناميكية عندما بدأ في عام ١٩٨٢ تشغيل المفاعل تريغا بوسباتي، وهو أول مفاعل أبحاث لدينا.

وقد كان لاستخدام التكنولوجيا النووية في الأغراض السلمية أثر إيجابي على التنمية الاجتماعية والاقتصادية للبلد، من خلال تحسين نوعية الحياة وتعزيز الرفاه الاجتماعي والمساهمة في الناتج المحلي الإجمالي. ونعمل حاليًّا، بالاستناد إلى دراسة سابقة، على قياس القيمة المضافة التي تسهم بها التكنولوجيا النووية في الناتج المحلي الإجمالي والنمو الاقتصادي بصفة عامة في البلد.

وتهدف ماليزيا إلى تحديث صناعة الأغذية والزراعة وتحويلها إلى قطاع عالي الدخل ومستدام. وستشمل هذه الجهود ضمان الأمن الغذائي وتحسين الإنتاجية والتغلب على تأثير تغيُّر المناخ على استدامة الممارسات الزراعية. ونستكشف حاليًّا استخدام الزراعة المُحْكمة في إدارة عوامل مختلفة والتصدي لها، مثل أنماط الطقس وحالة التربة ودرجة الحرارة. وباستخدام التقنيات النووية، تم تطوير صنف جديد من الأرز يُسمَّى NMR152، وتبيَّن أنه يخفِّف آثار تغيُّر المناخ من خلال قدرته على تحمل فترات الجفاف والفيضانات. ويستطيع مرفق دفيئة أشعة غاما (Gamma Greenhouse)، وهو المرفق الوحيد لأنشطة توليد الطفرات المزمنة في جنوب شرق آسيا، مواصلة دعم التطورات في مجال الزراعة الذكية مناخيًّا.

كذلك ساهم الاختبار الصناعي باستخدام التكنولوجيا النووية في تعزيز القدرة التنافسية لقطاع الصناعة التحويلية في ماليزيا عن طريق إنشاء سوق للتصدير في جنوب شرق آسيا وتوفير الاختبار غير المدمر للصناعات التحويلية في البلدان المجاورة. وبالمثل، أنتج مجال المعالجة الإشعاعية العديد من المواد الجديدة والمواد المؤلفة ذات الخصائص المرغوبة من أجل صنع الأجهزة الطبية والكابلات واللدائن القابلة للتحلل البيولوجي وغيرها. وتتعاون الوكالة النووية الماليزية حاليًّا مع شركة «بروتون»، التي تصنع السيارات، لإنتاج واختبار مادة عازلة للكوابل مستحثة إشعاعيًّا يمكنها تحمُّل درجات حرارة مرتفعة من أجل تعزيز سلامة السيارات. ويمثل تعيين الوكالة النووية الماليزية بصفة مركز متعاون مع الوكالة في مجال الاختبارات غير المدمرة والمعالجة الإشعاعية اعترافاً بإنجازات ماليزيا في هذين المجالين، فضلاً عن التعاون الوثيق والقيِّم بين ماليزيا والوكالة في مختلف الأنشطة في المنطقة، بما في ذلك البحث والتطوير والتدريب.

محمد عبد الوهاب يوسف،
المدير العام،
الوكالة النووية الماليزية

وتظل ماليزيا ملتزمة بتحقيق الوصول الشامل إلى الرعاية الصحية الجيدة من خلال تعزيز الجهود الرامية إلى تحسين خدمات الرعاية الصحية، لا سيما في المجالات التي تُستخدم فيها الإشعاعات في الطب، مثل الطب الإشعاعي والعلاج الإشعاعي والطب النووي. وسنواصل تعزيز وتحسين استخدام الإشعاعات في الطب من أجل الرفاه الاجتماعي. والتقنيات النووية بالغة الأهمية للاكتشاف المبكر للسرطان وتشخيصه وعلاجه ورعاية المصابين به. وقد توسَّع مجال الطب الإشعاعي في ماليزيا كثيراً منذ القرن التاسع عشر، وتوِّج ذلك بإنشاء أول مرفق للسيكلوترونات والتصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني/التصوير المقطعي الحاسوبي في عام ٢٠٠٦، الذي مثل الخطوة الأولى نحو إنشاء المعهد الوطني للسرطان. وحاليًّا يستخدم أكثر من ٢٠ مستشفى في ماليزيا التكنولوجيا النووية في التشخيص أو العلاج.

ولكي تكون ماليزيا ذات أهمية مستمرة بين البلدان الأخرى في مجال التكنولوجيا النووية، نحتاج إلى متابعة اتجاهات تكنولوجية مثل الثورة الصناعية الرابعة، وإنترنت الأشياء، والخطط الوطنية والدولية مثل خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠ وأهداف التنمية المستدامة. وقد كانت التنمية المستدامة في صميم النهج الإنمائي لماليزيا منذ السبعينات، مع التركيز على القضاء على الفقر وتحسين رفاه الناس وتوفير إمكانية حصول الجميع على التعليم ورعاية البيئة. وتمثل خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠، في

السياق الماليزي، مرآة لنموذجنا الاقتصادي الجديد وخطة ماليزيا الحادية عشرة.

إذن، ما الذي يمكننا أن نتطلع إليه؟ في المستقبل، سيكون الاندماج بين التكنولوجيا النووية وغيرها من التقنيات أكثر انتشاراً. وإنني على قناعة بأن التكنولوجيا النووية سوف تستمر في التوسع، لا سيما من خلال تقاربها مع التكنولوجيات الناشئة، مثل التكنولوجيا النانوية والتكنولوجيا الحيوية وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وهذا أمر مهم بالنسبة لنا، وبخاصة عندما نواجه تحديات مثل الحصول على التكنولوجيا، الذي قد يصبح أكثر بروزاً بمرور الزمن والذي يمكن أن يضمن المزيد من التنمية والقدرة التنافسية الاقتصادية، لكي تتمكن ماليزيا من أن تصبح دولة صناعية تماماً وذات دخل مرتفع.

وفي إطار استعداداتنا لمواجهة تحديات المستقبل، يتعين علينا أن نعزِّز توطين وتطوير التكنولوجيا المستحدثة محليًّا، بحيث تكون المنتجات والخدمات في المستقبل متكيفة مع متطلبات وقتها. ومما لا شك فيه أن العلوم والتكنولوجيا النووية ساهمت في التنمية الاجتماعية والاقتصادية للبلد عن طريق توليد فرص العمل وإيجاد فرص لأعمال تجارية جديدة وتعزيز تنمية رأس المال البشري وتحسين جودة خدمات الرعاية الصحية. وقد أتاح استخدام العلوم والتكنولوجيا النووية لماليزيا التعرف على التكنولوجيا المتقدمة، وأفضى ذلك إلى تحسين جودة المنتجات والخدمات وتعزيز القدرات التشخيصية والعلاجية في مجال الطب، كما توفِّر هذه التكنولوجيا للقطاع الزراعي سبل إنتاج أصناف جديدة وأفضل.

يستخدم العلماء الماليزيون التقنيات النووية لتوليد نباتات جديدة ذات سمات مرغوبة، مثل تحمُّل الرطوبة وارتفاع الغلَّة.
(الصورة من: م. غاسبار/الوكالة)

تلبية نداء عالم متغيِّر: التكنولوجيا النووية اليوم وفي المستقبل

بقلم ألدو مالافاسي، نائب المدير العام
ورئيس إدارة العلوم والتطبيقات النووية، الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية

قد تعمل العلوم والتكنولوجيا النووية على مستويات غير مرئية للعين المجرَّدة، لكن تأثير هذا العمل الذري واضح في العديد من مجالات الحياة. فهو يعزِّز الأمن الغذائي من خلال مساعدة المزارعين على زراعة المزيد من الأغذية، والحفاظ على المياه، ودرء الآفات الحشرية. ويستخدم الأطباء وغيرهم من المهنيين الصحيين العلوم والتكنولوجيا النووية لرعاية المرضى وإنقاذ الأرواح. وتشمل الاستخدامات الأخرى ضمان سلامة منتجات مثل إطارات السيارات ومثل الطائرات، علاوة على تنظيف التلوث البيئي وحفظ المصنوعات الثقافية الأثرية.

ولكن مع تغيُّر العالم، تتطور تحديات التنمية كذلك فتستدعي أدوات وأساليب جديدة. وتقع على عاتق أوساط العلوم النووية، بما فيها الوكالة، مهمة تلبية هذا النداء.

ويعمل الباحثون في جميع أنحاء العالم مع خبراء الوكالة وفي مختبرات الوكالة لاستخدام التقنيات النووية والنظيرية للتصدي للتحديات العالمية الجديدة، مثل تغيُّر المناخ، وتلبية المتطلبات الغذائية والطبية المتنامية لسكان العالم الذين يتزايد عددهم، ودعم التوسع في التصنيع من أجل التنمية.

وتشمل بعض الأعمال المبتكرة التي نشهدها بالفعل في العلوم النووية الأساليب الجديدة لمكافحة الآفات الحشرية، مثل البعوض الحامل للأمراض، باستخدام تقنية الحشرة العقيمة، ومثل الأصناف النباتية الجديدة التي يمكنها تحمُّل الظروف المناخية الجديدة مع توفير غلات عالية برغم ذلك. كما يستكشف العلماء مشكلة التلوث البلاستيكي المتزايدة وكيفية التعامل مع الجزيئات البلاستيكية التي تدخل سلسلتنا الغذائية عن طريق المحيطات. ويجري أيضاً تطوير أساليب جديدة لرصد الأمراض والفيروسات الفتاكة، مثل الإيبولا، وإيجاد لقاحات جديدة مشعَّعة لمساعدة الحيوانات والبشر على حدٍّ سواء.

ومع استمرار تقدم التكنولوجيا النووية، يتوصل العلماء إلى سبل جديدة لاستخدام الإشعاعات بمزيد من الدقة والفعالية لتشخيص وعلاج أمراض مثل السرطان، وإنقاذ المزيد من الأرواح، وتحسين نوعية حياة المرضى. كما يقتحمون مجالات طبية جديدة مثل الطب النفسي العصبي واستخدام التصوير الجزيئي للتشخيص المبكر لأمراض مثل داء آلزهايمر.

وتقف الوكالة من وراء هذا البحث والتطوير التطلُّعي. وتعبِّر ولاية 'الذرَّة من أجل السلام والتنمية' المسندة إلى الوكالة عن النطاق الواسع المتاح والفرصة الواسعة المتاحة للعلوم والتكنولوجيا النووية للمساهمة في رفاه الإنسان والتنمية المستدامة. وتوفِّر الوكالة منصة للتعاون العلمي والبحث والتطوير والتدريب في مجموعة واسعة من مجالات التنمية، تشمل الأغذية والزراعة وحماية البيئة وإدارة المياه والتنمية الصناعية والصحة البشرية.

وتصل فوائد العلوم والتكنولوجيا النووية إلى جميع أرجاء العالم من خلال برنامج التعاون التقني للوكالة وأنشطتها البحثية المنسقة، التي تصل إلى أكثر من ١٤٥ بلداً كل عام، بدعم من المختبرات المتخصصة الاثني عشر التابعة للوكالة في النمسا وموناكو.

وللمساعدة على إبقاء التكنولوجيا النووية في طليعة التنمية العالمية، تشهد عدة مختبرات تابعة للوكالة تحديثاً كاملاً، سيضمن لها أن تظل مرنة وقادرة على الاستجابة السريعة للاحتياجات الناشئة والطارئة على صعيد العالم. وسيزيد مختبر جديد تماماً لمكافحة الآفات الحشرية، اكتمل في عام ٢٠١٨، من تعزيز التقنيات النووية الأساسية لمكافحة الآفات الحشرية التي يمكن أن توقف نمو المحاصيل وتضر الثروة الحيوانية والسكان. ويضم مختبر مرن مؤلف من وحدات نمطية، افتُتح في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٨، ثلاثة مختبرات أخرى تركز على أحدث التقنيات النووية المرتبطة بالإنتاج الحيواني والصحة الحيوانية، بما في ذلك مكافحة الأمراض الحيوانية المصدر مثل الإيبولا وزيكا؛ وحماية الأغذية والبيئة، التي تشمل تقنيات الاستدلال الجنائي الخاصة بتعقب منشأ المنتجات من أجل مكافحة الاحتيال الغذائي؛ وإدارة التربة والمياه وتغذية المحاصيل للحفاظ على الموارد الثمينة في الإنتاج الزراعي. وفضلاً عن ذلك، يجري تشييد

غرفة حصينة لقياس الجرعات ستضم معجِّلاً خطيًّا جديداً. ومن المتوقع أن يبدأ تشغيل المعجِّل الخطي في عام ٢٠١٩، وسيوفر خدمات قياس الجرعات لمساعدة المستشفيات على معايرة الإشعاعات واستخدامها بأمان لرعاية المرضى.

وتزيد شراكات الوكالة من نطاق انتشار العلوم والتكنولوجيا النووية. فعلى سبيل المثال لا الحصر، أنشئت في عام ١٩٦٤ شعبة مشتركة فريدة مع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. وفي عام ١٩٧٦ بدأت الوكالة ومنظمة الصحة العالمية شراكة رسمية. وتستضيف الآن مختبرات البيئة التابعة للوكالة في موناكو مركز التنسيق الدولي المعني بتحمُّض المحيطات. وأنشئت أيضاً في عام ١٩٩٥ شبكة المختبرات التحليلية لقياس النشاط الإشعاعي البيئي (ألميرا) العالمية لدعم العمل في مجال قياس مستويات النشاط الإشعاعي البيئي في حالة الانطلاق العارض أو المتعمد للنشاط الإشعاعي.

وتشمل شراكات الوكالة أيضاً ٣١ مركزاً متعاوناً مع الوكالة في جميع أنحاء العالم (انظر المربع). وتعمل هذه المراكز مع الوكالة للقيام بالبحث وتوفير التدريب في مجال العلوم النووية، بما يتيح التشارك بكفاءة في الموارد والمعارف والخبرات بين العلماء والوكالة. وستنمو هذه الشبكة بعمل الدول والوكالة معاً لتحديد مراكز متعاونة جديدة.

ويساعد الدعم الذي تقدمه الوكالة وشبكتها العالمية الفريدة من المختبرات والمراكز المتعاونة والشراكات على تمهيد الطريق إلى الأمام. ومع استمرار تطور الاحتياجات الإنمائية للبلدان، سيكون الدعم المقدم من الوكالة متاحاً لمساعدة البلدان على الوصول إلى العلوم والتكنولوجيا الذرِّية والاستفادة من استخدامها من أجل السلام والتنمية. ومع استمرار الابتكارات والتقدم في التكنولوجيا، ستواصل الأدوات الفريدة التي تتيحها لنا الذرَّة مساهمتها في رفاه البشرية لسنوات عديدة قادمة.

الربط بين العلماء في جميع أنحاء العالم

تشكل المراكز المتعاونة مع الوكالة شبكة تمتد عبر جميع القارات: من أفريقيا وآسيا وأستراليا إلى أوروبا والشرق الأوسط وأمريكا الشمالية والجنوبية. والمركز المتعاون هو معهد علمي أو منظمة علمية يوفران مجموعة فريدة من المرافق والمهارات في مجال مستقل يتعلق بالتكنولوجيا النووية، مثل تشعيع الأغذية أو قياس النشاط الإشعاعي البيئي أو الآثار الصحية للإشعاعات أو الاختبارات غير المدمرة أو إدارة الموارد المائية.

ويتم اختيار المراكز على إساس مقدرتها وقدراتها واستعدادها للمساهمة المباشرة في مشاريع وأنشطة محددة تابعة للوكالة. وتعمل المراكز مع الوكالة على تنفيذ خطة متفق عليها بين الجانبين لدعم استخدام العلوم والتكنولوجيا النووية في جميع أنحاء العالم وتوسيع نطاق هذا الاستخدام. ويهدف هذا التعاون إلى تشجيع البحث والتطوير المتسم بالأصالة، في حين يساعد العلماء أيضاً على التشارك في المعارف والموارد والخبرات، وإعداد المواد المرجعية، والتحقق من الأساليب، وتوفير التدريب. وتساعد هذه الأنشطة بدورها البلدان، من خلال المراكز ومن دونها على حدٍّ سواء، على الحصول على الدعم العلمي من أجل العمل على تحقيق أهدافها الإنمائية وبلوغ غاياتها في إطار أهداف التنمية المستدامة التي وضعتها الأمم المتحدة.

يقول ساشا دامياناك، رئيس قسم إدارة العقود البحثية في الوكالة: «من خلال شبكة المراكز المتعاونة، يمكن للدول الأعضاء أن تساعد الوكالة بالاضطلاع بأعمال البحث والتطوير المتسمة بالأصالة وأعمال التدريب فيما يتعلق بالتكنولوجيات النووية. ويشجع ذلك الدراسات العلمية والتعاون العلمي بين الدول الأعضاء، بحيث يجعل المراكز المتعاونة إحدى الآليات التعاونية الرئيسية للوكالة.»

وفي عام ٢٠١٨، كان هناك ٣١ مركزاً تعاونيًّا نشطاً في جميع أنحاء العالم، مع مناقشات مستمرة في عدة بلدان لإنشاء مراكز جديدة.

— بقلم سارة كين

إعلان أسماء الفائزين في مسابقة الوكالة للتوريد الجماعي للمواد لتكنولوجيا الاندماج

فاز فريق من أربعة علماء من معهد ماكس بلانك لفيزياء البلازما ومرفق ماكس بلانك للحوسبة والبيانات في غارشينغ بألمانيا في تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٨ بمسابقة الوكالة للتوريد الجماعي لبرامجيات التصوير البياني والتحليل والمحاكاة الخاصة بالمواد اللازمة لبناء مفاعلات الاندماج.

والاندماج النووي هو التفاعل الذري الذي يمد الشمس بالطاقة، ولديه القدرة على أن يوفر في نهاية المطاف إمدادات غير محدودة من الطاقة النظيفة الخالية من الكربون والمتيسرة التكلفة باستخدام نظائر الهيدروجين التي يُحصل عليها من الماء والليثيوم. بيد أن تسخير قوى الاندماج المجدية تجاريًّا يشكل تحديات تكنولوجية جسيمة، مثل حماية جدار وعاء المفاعل وسائر مكوناته من درجات الحرارة العالية للغاية والجسيمات العالية الطاقة.

وقد قدَّم أربعة عشر فريق بحث من عشرة بلدان تحليلات مبتكرة لعمليات محاكاة لتلف جدار المفاعل، الذي يمكن أن تسببه النيوترونات العالية الطاقة التي يطلقها التفاعل الاندماجي. وتم تقييم عمليات المحاكاة بناءً على فائدتها العلمية، أو حداثة الخوارزمية نفسها، أو استخدامها في مجال علم المواد، ومدى فائدة التصوير البياني وتأثيره المتوقع.

يقول سيرجي دوداريف، مدير برنامج المواد في هيئة الطاقة الذرية في المملكة المتحدة، وأحد الذين شاركوا في إطلاق هذه المسابقة: «كانت بعض المساهمات استثنائية للغاية؛ فقد كان الأمر أشبه بأن تنظم حدثاً محليًّا لكرة القدم ثم يأتيك للمشاركة فيها فريق فاز بكأس العالم.»

وقد قام أعضاء الفريق الفائز — وهم أودو فون توسان، وخافيير دومينكيز، وماركوس رامب، وميشيل كومبوستيللا — بتطبيق تقنية موجودة بالفعل مستمدة من التعلُّم الآلي وعلم البيانات، لأول مرة، لتحديد وتصنيف بنيات العيوب الموجودة في البلورات التالفة المحاكاة.

ويوضح أرجان كونينغ، رئيس قسم البيانات النووية في الوكالة، قائلاً: «يتيح هذا الحل طريقة جديدة ومثمرة للتصنيف التلقائي لبنيات العيوب، وبذلك يتم استنتاج العوامل المشتركة والاختلافات بين المواد بطريقة كمية. ففي سياق دراسة المواد اللازمة للوعاء الفراغي لمفاعل الاندماج النووي، مثل المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي (ITER)، يوفر هذا الحل وسيلة فعالة للقياس والتصنيف والتصوير البياني للضرر الذي يصيب مادة معينة من جراء النيوترونات العالية الطاقة التي يطلقها مفاعل الاندماج. ويمثل البحث عن مادة مناسبة يمكن أن يُبنى بها الجدار الأول لوعاء المفاعل خطوة بالغة الأهمية نحو بناء محطة قوى اندماجية مجدية.»

ويتسم هذا النهج بالعديد من المزايا مقارنة بالأساليب الحالية، بما في ذلك ما يلي:

- يمكن تحديد وتصنيف الأنواع الجديدة أو غير المتوقعة من العيوب تلقائيًّا؛
- يستند النهج إلى مجموعة من الخوارزميات القوية والواضحة المستمدة من علم البيانات؛
- يستطيع النهج أن يميز بين العيوب الحقيقية والتشوهات الصغيرة المؤقتة التي تسببها الحركة الحرارية للذرات؛
- النهج سريع بما يكفي لتطبيقه أثناء تطور تلف البلورة المحاكى بمرور الزمن للحصول على فهم أفضل لكيفية تشكُّل العيوب واندماجها، وفي بعض الحالات كيفية اختفائها في نهاية المطاف عند عودة الذرات إلى مواقعها الأولى على الشبكة البلورية.

وحتى الآن، كان تحديد وتصنيف العيوب مهمتين كثيفتي الاستخدام للعمالة للغاية وتستغرقان وقتاً طويلاً جدًّا، ولذلك لم تكونا تُجريان عادةً إلا في نهاية عمليات المحاكاة الجزيئية. أما هذه الخوارزمية الجديدة فيمكن تطبيقها أثناء محاكاة عيب البلُّورة في كل مرحلة من المراحل، الأمر الذي يمكن أن يقدم رؤى جديدة بشأن وقت حدوث واختفاء أنواع معينة من العيوب. ويوفر ذلك معلومات أكثر كثيراً عن النظام، كان من الصعب الحصول عليها حتى الآن، ويتيح تمييز أنواع العيوب التي يرجح أن تبقى لفترة طويلة عن تلك التي لا يرجح أن تبقى لفترة طويلة.

ويقول فون توسان: «نأمل أن يسرِّع نهجنا عمليات تحليل محاكاة الديناميات الجزيئية تسريعاً كبيراً. فقوة الحوسبة تتزايد، بينما القدرات اليدوية محدودة. وأي شيء يمكن أن يقوم به الكمبيوتر بدلاً من الناس يسرِّع التطور العلمي.»

ويضيف فون توسان قائلاً إن الفائزين سيتيحون شفرتهم على أساس مصدر مفتوح ومجاني لأي طرف معني. ويمكن أن تستخدمها المؤسسات الأخرى والخبراء الآخرون — وأساساً علماء المواد — لتحليل

نتائج عمليات المحاكاة التي يقومون بها، لا سيما تلك المتعلقة بالتلف الإشعاعي في المواد الصلبة.

ويقول كونينغ إن الوكالة تعتزم أن تقوم بالمزيد انطلاقاً من نجاح هذا التحدي باستحداث تطبيق حوسبة موزَّعة يمكن أن يقوم بتنزيله متطوعون لتشغيل عمليات محاكاة التلف في مواد الاندماج. ومن شأن ذلك أن يزيد كثيراً من السرعة التي يمكن بها استكشاف المواد المرشحة الجديدة لمفاعلات الاندماج، وسيزيد من تعزيز فهم العلماء لسلوك هذه المواد في هذه الظروف البالغة القسوة.

— بقلم كريستيان هيل وأليكساندرا بيفا

دورة الوكالة للتعلُّم الإلكتروني بشأن التنشيط النيوتروني تساعد العلماء في ٤٠ بلداً

من المساعدة على حل القضايا الجنائية التاريخية وإلى تحديد سبب اختفاء شاطئ في جامايكا أو مدى جودة الهواء في صالتك الرياضية، يمثل التنشيط النيوتروني طريقة راسخة لمعرفة تركيبة المواد ومنشئها. وهناك أداة تعلُّم إلكتروني استحدثتها الوكالة تساعد الآن الباحثين في ٤٠ بلداً على تطبيق هذه الطريقة.

والتنشيط النيوتروني هو نوع شائع من التحاليل يُجرى في حوالي نصف مفاعلات البحوث العاملة البالغ عددها ٢٣٨ مفاعلاً في جميع أنحاء العالم، وكذلك في بعض المصادر النيوترونية القائمة على المعجِّلات. ويمكن أن تكشف هذه التقنية الشديدة الحساسية عن تركيز يبلغ ذرة واحدة في المليون، دون مساس بالمواد أو إتلافها. وتتيح دقة هذه التقنية مزايا على الأساليب التحليلية الأخرى، وهي مفيدة بصفة خاصة لإجراء التحليلات الإجمالية ودراسة المواد الفريدة التي يتعين أن تبقى سليمة.

وتعمل هذه التقنية عن طريق تشعيع ذرات مستقرة بالنيوترونات ثم القيام لاحقاً بقياس تآكل عناصر العينة، أي صدور الإشعاع منها. ويستخدم العلماء هذه التقنية لمعرفة البصمة الكيميائية للمواد البلاستيكية والمعادن الفلزية والزجاج وجزيئات التربة والهواء وغير ذلك من المواد.

يقول نونو بيسوا بارَّاداس، أخصائي مفاعلات البحوث في الوكالة: «المجالات الرئيسية لتطبيق هذا الأسلوب حاليًّا هي العلوم البيئية وعلم الآثار والتراث الثقافي، وحتى الاستدلال الجنائي. إلا أن الباحثين في هذه المجالات لا تكون لديهم بالضرورة معرفة بالفيزياء النووية، ومن ثم فقد لا يكونوا قادرين على استخدام هذه التقنية بكامل إمكانياتها.»

بناء المعارف

من أجل سد الفجوة المعرفية وتلبية الطلب المتزايد، قامت الوكالة، من خلال مشروع التعاون التقني المعنون 'الربط الشبكي من أجل برامج التعليم النووي والتدريب والتوعية في مجال العلوم والتكنولوجيا النووية'، بتصميم دورة تعلُّم إلكتروني حول التحليل بالتنشيط النيوتروني. وأُطلقت هذه الأداة التعليمية في أواخر عام ٢٠١٧، وتلبي احتياجات الوافدين الجدد والمهنيين المتخصصين ذوي المستوى المتقدم على السواء.

وفي تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٨، حققت الدورة التدريبية، التي تقدَّم عبر الإنترنت، هدفاً بارزاً، حيث انضم إليها في أقل من عام مشاركون في ٤٠ بلداً من أصل ٥٢ بلداً لديها مفاعلات بحوث عاملة. وتستخدم عدة معاهد هذه الأداة لتعليم الموظفين والطلاب، بما في ذلك على المستوى الجامعي.

تقول كاتالين غميلينغ، من المركز الهنغاري لأبحاث الطاقة: «نحن نواجه تغييرات متواترة في الموظفين، ويستغرق تدريب الموظفين الجدد وقتاً طويلاً جدًّا، لا سيما في مثل هذا المجال المتخصص. وتوفِّر مواد التعلُّم الإلكتروني مجموعة عظيمة من المعلومات لتدريب القادمين الجدد وتحديث معارف الموظفين الأقدم.»

وقد اكتشف التنشيط النيوتروني الكيميائي الهنغاري المولد جورج دي هيفيزي والفيزيائية الألمانية-الدانمركية هيلدي ليفي في عام ١٩٣٥، وأصبح في الأصل أداة مفيدة لقياس كتلة العناصر الأرضية النادرة.

وخلال العقود القليلة الماضية، تم التوصل إلى عدة استخدامات أخرى لهذا الأسلوب، بما في ذلك توفير أدلة إضافية بشأن القضايا الجنائية التاريخية. ففي عام ٢٠١٣، استُخدم التنشيط النيوتروني على شعر شارب النبيل الدانمركي تايكو براهي لدحض النظرية القائلة بأنه قُتل بالتسميم بالزئبق. وقد ورث مذكراته القيِّمة مساعده، المشتبه فيه الرئيسي، عالم الرياضيات والفلكي يوهانيس كيبلر، الذي اكتشف قوانين حركة الكواكب.

وفي وقت أقرب، وعقب سرقة ما يقدر بحمولة خمسمائة شاحنة من الرمال من شاطئ كورال سبرينغز في جامايكا، تعاونت السلطات المحلية مع المركز الدولي للعلوم البيئية والنووية لاستخدام التنشيط النيوتروني لاختبار منشأ الرمال في الشواطئ المتلقية المشتبه فيها، وقدَّم ذلك أدلة إضافية للقضية.

وحاليًّا يُستخدم التنشيط النيوتروني أيضاً لاختبار نوعية الهواء الداخلي وإجراء الأبحاث

حولها (على سبيل المثال في المدارس ومراكز اللياقة البدنية) من خلال المساعدة على تحديد كمية ومنشأ الملوثات الموجودة في الهواء.

وقد استُعرضت أداة التعلم الإلكتروني بشأن التحليل بالتنشيط النيوتروني في حلقة عمل عُقدت في أيلول/سبتمبر ٢٠١٨ في مقر الوكالة الرئيسي في فيينا.

ويقول باراداس: «يُقصد من هذه الأداة أن تكون كتاباً حيًّا يمكن تحديثه وتوسيعه باستمرار مع تطور هذا المجال، لتشمل بروتوكولات مختبرات مختلفة ومجالات أبحاث مختلفة.» ومن المقرر إطلاق أول تنقيح لها في أوائل عام ٢٠١٩.

— بقلم لوسيانا فييغاس

مصر والسنغال تحصلان على أجهزة للكشف عن أشعة غاما للمساعدة على مكافحة تآكل التربة

سيكون الخبراء في مصر والسنغال أكثر قدرة على مكافحة تآكل التربة بفضل أجهزة للقياس الطيفي لأشعة غاما تم تسليمها في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٨ من خلال برنامج التعاون التقني للوكالة. وستُستخدم أجهزة الكشف هذه لتقييم تآكل التربة في المناطق التي شهدت تدهوراً حادًّا في الأراضي، وهذا التآكل هو ظاهرة تهدد الزراعة في العديد من مناطق العالم، بما في ذلك الأراضي القاحلة وشبه القاحلة في إفريقيا.

وتعاني كل من مصر والسنغال كلتاهما من تدهور شديد في الأراضي، مع انخفاض إنتاجية التربة في معظم شمال شرق دلتا النيل في مصر، على سبيل المثال، بنسبة تزيد على ٤٥٪ خلال السنوات الخمس والثلاثين الماضية، وفقاً للدراسات الأخيرة. وينتج تدهور الأراضي عن عدة عوامل، من بينها الاستغلال المفرط للأراضي، والممارسات الزراعية غير المستدامة، والأحوال الجوية القصوى، التي حدثت على نحو أكثر تواتراً في العقود القليلة الماضية. ويمكن أن يؤدي تآكل التربة — الذي هو نوع رئيسي من أنواع تدهور الأراضي الذي تسببه العوامل البشرية والبيئية — إلى خسارة التربة السطحية الخصبة بالكامل، بما يجعل الأراضي المتضررة غير صالحة للزراعة.

والزراعة قطاع اقتصادي مهم في معظم الدول الأفريقية، يشكل حوالي ١٢٪ من الناتج المحلي الإجمالي لمصر و١٧٪ من الناتج المحلي الإجمالي للسنغال. وتمثل الزراعة ذات المدخلات المنخفضة في مزارع الكفاف التي تديرها الأسر عنصراً هامًّا في هذا القطاع. فهي تشكل نسبة عالية من الوظائف وتوفر سبل العيش لمزارعي الكفاف وأسرهم. وبما أن هذا النوع من الزراعة يجري عادة في الأراضي القاحلة وشبه القاحلة ذات الإمكانات الزراعية الهامشية، مثل الأراضي الجافة والجبال، فهي عرضة بوجه خاص لتآكل التربة.

وتعمل الوكالة، بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو)، على مساعدة البلدان منذ أكثر من ٢٠ سنة على مكافحة تدهور الأراضي من خلال دعم استخدام التقنيات النظيرية لتقييم تآكل التربة.

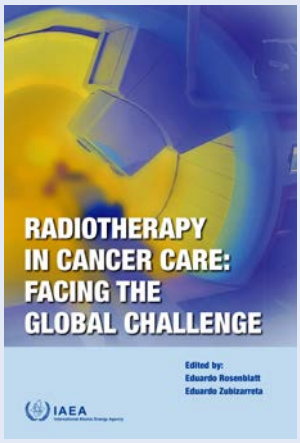
وقد استُخدمت تدفقات النويدات المشعة المتساقطة، مثل السيزيوم-١٣٧، استخداماً واسع النطاق في تقييم تآكل التربة وترسُّبها. وهذه النويدة المشعة موجودة في الغلاف الجوي، الذي تسقط منه على الأرض في الأمطار والثلوج الهاطلة وتتراكم في الطبقة العليا للتربة. وأثناء عملية التآكل، تنجرف التربة السطحية، الأمر الذي يمكن قياسه بقياس مدى انخفاض مستويات السيزيوم-١٣٧. وفي الوقت نفسه تشاهد في الأماكن التي تستقر فيها التربة المتآكلة زيادة في مستويات السيزيوم-١٣٧.

ويقول إميل فولاجتار، عالم التربة في الشعبة المشتركة بين الفاو والوكالة لاستخدام التقنيات النووية في الأغذية والزراعة، إن تقييم التآكل باستخدام السيزيوم-١٣٧ له مزايا عديدة مقارنة بالطرائق التقليدية. فهذه الطريقة تتيح معرفة معدلات متوسط التآكل على المدى الطويل، بينما توفر الطرائق التقليدية في معظم الأحيان بيانات قصيرة المدى. ولذلك لا توجد حاجة عند استخدام هذه التقنية النووية إلى برامج مراقبة طويلة المدة تتطلب الكثير من الموارد، إذ يمكن تقييم إعادة توزيع التربة في حملة واحدة لأخذ العينات. كما أنها تساعد على تحديد التوزيع المكاني للتآكل، الذي هو مُدخل أساسي في برامج حفظ التربة التي تهدف إلى الإدارة المستدامة للأراضي ومن ثم تحقيق الأمن الغذائي.

وتوفير مقاييس طيف أشعة غاما، التي تُستخدم لإجراء قياسات السيزيوم-١٣٧، هو جزء من مبادرة مستمرة من قبل الشعبة المشتركة بين الفاو والوكالة ترمي إلى مساعدة البلدان الأفريقية على تعزيز قدرتها على مكافحة تآكل التربة؛ ويشمل ذلك أيضاً تدريب العلماء على استخدام طريقة السيزيوم-١٣٧ وتأسيس قدرات التحليل الطيفي لأشعة غاما على نطاق القارة. وقد تم بالفعل تسليم ثلاثة أجهزة مكتبية أخرى للكشف عن أشعة غاما — لمدغشقر والجزائر وزمبابوي — وثلاثة أجهزة محمولة للكشف عن أشعة غاما — للمغرب وتونس ومدغشقر.

ويقول محمد كسَّاب، المحاضر في مركز البحوث النووية التابع لهيئة الطاقة الذرية المصرية: «سنستخدم أجهزة الكشف عن أشعة غاما لتحديد بصمة الترسُّب في نهر النيل بغية تتبع منشأ التلوث الوارد من مصادر مختلفة، مثل مياه الصرف القادمة من المنشآت الصناعية والزراعية الموجودة على ضفة النهر. ونعتزم أيضاً أن نساعد البلدان الأخرى في إفريقيا على بناء القدرات في مجال قياسات أشعة غاما والخدمات التحليلية.»

— بقلم مات فيشر



استخدام العلاج الإشعاعي في رعاية مرضى السرطان: مواجهة التحدي العالمي

يقدم هذا المنشور عرضاً شاملاً للمواضيع والقضايا الرئيسية التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند التخطيط لاستراتيجية لمعالجة نقص موارد العلاج الإشعاعي على صعيد العالم، لا سيما في البلدان المنخفضة الدخل والمتوسطة الدخل. والعلاج الإشعاعي معترف به كأداة أساسية في علاج السرطان وتلطيف آلامه. والحصول على العلاج الإشعاعي محدود حاليًا في العديد من البلدان، وغير موجود في بعضها. وهذا النقص في موارد العلاج الإشعاعي يفاقم عبء المرض ويؤكد استمرار التفاوت في الرعاية الصحية بين الدول. ويمثل سدُّ هذه الفجوة إجراءً أساسيًا في معالجة هذه المشكلة المتعلقة بالعدالة الصحية على صعيد العالم. ويقدم هذا المنشور، بمساهمات من شخصيات رائدة في هذا المجال، مدخلاً لإنجازات وقضايا العلاج الإشعاعي في جميع أنحاء العالم كطريقة لعلاج السرطان. وتركز فصول مخصصة على العلاج الإشعاعي بالبروتونات، والعلاج الإشعاعي بأيونات الكربون، والعلاج الإشعاعي أثناء الجراحة، والعلاج الإشعاعي للأطفال، وعلاج الأورام الخبيثة المتصلة بفيروس نقص المناعة البشرية/الإيدز، فضلاً عن مسائل تقدير التكاليف وإدارة الجودة.

منشورات غير مسلسلة؛ الرقم الدولي الموحَّد للكتاب (ISBN): ٤-١١٥٠١٣-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٦٢,٠٠ يورو؛ ٢٠١٧

www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10627/Radiotherapy-in-Cancer-Care

برنامج التعاون التقني للوكالة الدولية للطاقة الذرية: ستون سنة وما بعدها — المساهمة في التنمية

يبيِّن هذا المنشور كيف ساهم برنامج التعاون التقني للوكالة في إنشاء بنية تحتية وقدرات نووية وطنية في الدول الأعضاء على مدى ستة عقود من أجل دعم أولوياتها الإنمائية الوطنية. ويقدم المنشور أيضا أمثلة على الشراكات الناجحة، ويتطلع إلى المستقبل فيما يتعلق بالنُّهج الملائمة والتدابير الملموسة التي من شأنها أن تساعد البلدان على تعظيم استخدامها للعلوم والتكنولوجيا النووية لتحقيق أهدافها الإنمائية، بما في ذلك غايات أهداف التنمية المستدامة. وتشمل المجالات المواضيعية الرئيسية التي يتناولها المنشور تطبيق العلوم والتكنولوجيا النووية في مجال الصحة والتغذية البشرية، والأغذية والزراعة، والمياه والبيئة، والتكنولوجيا الإشعاعية، والطاقة، والأمان. ويعرض المنشور القضايا المشتركة المتعلقة بالتعاون الإقليمي والربط الشبكي، وكذلك النُّهج التي تتبعها الوكالة والدول الأعضاء لبناء شراكات دائمة وذات منفعة متبادلة.

سلسلة الوقائع؛ الرقم الدولي الموحَّد للكتاب (ISBN): ٨-١٠٠٣١٨-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٣٦,٠٠ يورو؛ ٢٠١٨

www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/12280/Technical-Cooperation-Programme

مراقبة الجودة في إنتاج المستحضرات الصيدلانية المشعة

يقدم هذا المنشور إرشادات وممارسات فضلى بشأن مراقبة جودة النظائر المشعة والمستحضرات الصيدلانية المشعة الطبية. وقد أدت التطورات إلى إنتاج مستحضرات صيدلانية مشعة جديدة وإلى توافر طرائق إنتاج جديدة. كما أضيفت إلى قائمة العوامل التي يستخدمها الأطباء عدة عوامل تشخيصية جديدة في هذا المجال (مثل المستحضرات الصيدلانية المشعة والمولِّدات المصنوعة من الغاليوم-٦٨) وكذلك عدة عوامل علاجية (مثل باعثات أشعة ألفا). ومن الضروري إعداد المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية في إطار نظام متين لمراقبة الجودة يشمل المواد والموظفين، مع وثائق كافية، ومع الاستعراض المستمر للنتائج الجارية. وقد أَلَّف هذا المنشور فريق من الخبراء من ذوي الخبرة بشأن مجموعة واسعة من المستحضرات الصيدلانية المشعة، ويهدف إلى دعم المهنيين في إعداد منتجات جيدة النوعية وآمنة لاستخدامها في إجراءات الطب النووي.

وثيقة الوكالة التقنية؛ الرقم الدولي الموحَّد للكتاب (ISBN): ٣-١٠٧٩١٨-٠-٩٢-٩٧٨؛ ١٨,٠٠ يورو؛ ٢٠١٨

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/13422/Quality-Control-in-the-Production-of-Radiopharmaceuticals

للحصول على معلومات إضافية، أو لطلب كتاب، يُرجى الاتصال على العنوان التالي:

Marketing and Sales Unit
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100, A-1400 Vienna, Austria
البريد الإلكتروني: sales.publications@iaea.org

ISSN 1819-1800 18-05866

المؤتمر الدولي بشأن

تغيُّر المناخ ودور القوى النووية

٧-١١ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٩، فيينا، النمسا

مؤتمر تنظِّمه

IAEA

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

تسخير الذرة من أجل السلام والتنمية

#Atoms4Climate

CN-275