الهيئة العربية للطاقة الذرية

الذرة والتنمية

نشرة علمية إعلامية فصلية
المجلد الخامس والثلاثون ـ العدد الأول 2023

إستجابة الكائنات الحية لبيئة منخفضة الإشعاع وانعكاساتها على الحماية من الإشعاع

دور التقانات النووية في المكافحة المتكاملة للآفات الزراعية على نطاق واسع

إستخدام الإشعاع المؤين لحفظ مواد التراث الثقافي

المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء (المتوضعة في البحار) : المفاعل الروسي KLT-40S مثالاً

الذرة في خدمة الإنسان

نشرة الذرة والتنمية، نشرة علمية إعلامية فصلية تهتم بزيادة وعي أبناء الوطن العربي بمختلف مجالات العلوم والتقنيات النووية واستخداماتها السلمية
تصدر عن الهيئة العربية للطاقة الذرية

إن الآراء والأفكار والمعلومات التي تنشر بأسماء كتّابها تكون على مسؤوليتهم
يسمح باستعمال ما ورد في هذه النشرة من مواد علمية أو فنية، بشرط الإشارة إلى مصدرها
المقالات والمراسلات توجه إلى رئيس تحرير نشرة الذرة والتنمية على عنوان الهيئة أدناه .

العنوان البريدي : الهيئة العربية للطاقة الذرية، 7، نهج المؤازرة، حي الخضراء 1003، تونس
الهاتف : 71.808.400 ـ الفاكس : 71.808.450
العنوان الإلكتروني: aaea@aaea.org.tn & aaea_org@yahoo.com
الموقع الإلكتروني: www.aaea.org.tn

الذرة والتنمية

نشرة فصلية ربع سنوية

تصدرها الهيئة العربية للطاقة الذرية ـ تونس

المجلد الخامس والثلاثون ـ العدد الأول 2023

لجنة التحرير

رئيس التحرير : أ. د. سالم حامدي

سكرتير التحرير : م. نهلة نصر

المراجعون : أ. د. ضو سعد مصباح

أ. د. يحيى خليل شخاترة

أ. د. خالد زهرمان

جدول المحتويات

الموضوع	الصفحة
✯ إستجابة الكائنات الحية لبيئة منخفضة الإشعاع وانعكاساتها على الحماية من الإشعاع – أ. د. عمر دسوقي.....	3
✯ دور التقانات النووية في المكافحة المتكاملة للآفات الزراعية على نطاق واسع – أ. د. محمد منصور.....	16
✯ إستخدام الإشعاع المؤين لحفظ مواد التراث الثقافي د. م. سعدو الظواهرة.....	27
✯ المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء (المتوضعة في البحار): المفاعل الروسي KLT-40S مثالاً – أ. د. قاسم خطاب.....	38
✯ أخبار عربية وعالمية ــ م. نهلة نصر	49
✯ أخبار الهيئة	53
✯ قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية	70

إستجابة الكائنات الحية لبيئة منخفضة الإشعاع وانعكاساتها على الحماية من الإشعاع(*)

Abstract

Life has evolved on Earth for about 4 billion years in the presence of the natural background of ionizing radiation. Today the natural background radiation is extremely small, however it may be significant enough for living organisms to respond to it. A better understanding of this response is relevant not only for improving our knowledge on life evolution, but also for assessing the robustness of the present radiation protection system at low doses. Given the large uncertainties in epidemiological data below 100 mSv, quantitative evaluation of these health risk is currently obtained with the aid of radiobiological models. These predict a health detriment, caused by radiation-induced genetic mutations. This article focuses on the role that epigenetic mechanisms can have in the responses to low dose and protracted exposures, particularly to natural background radiation. Many lines of evidence show that epigenetic modifications are involved in non-linear responses relevant to low doses and that genetic and epigenetic effects share, in part, a common origin. Cell response to low doses of ionizing radiation appears more complex than that assumed for radiation protection purposes. Studying the changes occurring in various living organisms at reduced radiation background have opened a new avenue to answer whether low doses are detrimental or beneficial.

(*) المقالة مترجمة بتصرف من الورقة المرجعية: The Response of Living Organisms to Low Radiation Environment and its Implications in Radiation Protection, Published 15 december 2020, volume 8 of "Frontiers in Public Health".

مقدمـــــة

استمرت الكائنات الحية على الأرض لنحو 4 مليارات سنة في ظل وجود الخلفية الطبيعية للإشعاع المؤين حتى لو لم تكن دائمًا كما هي اليوم. لا تحتوي قشرة الأرض فقط على النويدات المشعة، ولكن الأرض أيضًا تتعرض للقصف المستمر من الجسيمات عالية الطاقة الناشئة في الفضاء الخارجي والشمس (الإشعاع الكوني).

إن الحياة محمية من الجسيمات الكونية بواسطة المجال المغنطيسي للأرض وطبقة الغلاف الجوي، ولكن بعض الإشعاع يصل إلى المحيط الحيوي نتيجة لتفاعلات الجسيمات الأولية والتي تولّد جسيمات ثانوية في الغلاف الجوي. ومن المهم تحسين معرفتنا حول طبيعة الحياة على الأرض وحول الآثار الصحية للتعرض للإشعاع المؤين بجرعات منخفضة، وفهم أهمية النتائج البيولوجية لذلك في الحماية من الإشعاع. سوف يتم النظر في هذه المقالة في دور الخلفية الإشعاعية من منظور الجرعات الإشعاعية المنخفضة في عملية الحماية من الإشعاع.

الخلفية الطبيعية للإشعاع المؤين

تتعرض الكائنات الحية للإشعاع المؤين، حيث الخلفية الإشعاعية الطبيعية سمة لا مفر منها للحياة على الأرض. يُقصد بإشعاع الخلفية الإشعاع الموجود بالفعل في موقع ما دون تدخل أي مصدر. تم تقييم الجرعات الناتجة عن هذه الخلفية لدى البشر لسنوات عديدة من قبل الهيئات الدولية، ولا سيما من قبل لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) والأكاديمية الوطنية الأمريكية لعلوم التأثيرات البيولوجية للإشعاع المؤين (BEIR).

إن تعرض الجمهور لإشعاع الخلفية يتأتى بصورة رئيسية من مصادر طبيعية: الإشعاع الكوني، الإشعاعات الأرضية الخارجية، استنشاق وابتلاع النويدات المشعة الصادرة من الإشعاع الطبيعي، في حين أن مساهمة المصادر الصنعية (التي من صنع الإنسان) صغيرة نسبيًا، ويأتي معظمها من تداعيات التساقطات الناتجة عن تجارب الأسلحة النووية في الغلاف الجوي التي حدثت بين عامي 1945 و 1980.

ينشأ الإشعاع الكوني عن طريق قصف الأرض بجسيمات عالية الطاقة تأتي من الفضاء الخارجي ومن الإشعاع الشمسي (بشكل أساسي البروتونات، خاصة أثناء التوهجات الشمسية). تتفاعل هذه الجسيمات مع أنوية الغلاف الجوي لإنتاج سلسلة من التفاعلات ومنتجات تفاعلات ثانوية تشكل الإشعاع الكوني على سطح الأرض. تنتج هذه التفاعلات أيضًا عددًا من الأنوية المشعة المعروفة باسم النويدات المشعة الكونية، مثل الكربون- 14، والتي تصل في النهاية إلى سطح الأرض ويمكن أن تندمج في الكائنات الحية.

إلى جانب الحماية التي يوفرها المجال المغنطيسي للأرض، تتم حماية الحياة من الإشعاع الكوني بواسطة طبقة هوائية يمكن مقارنتها عند مستوى سطح البحر بطبقة مائية بسمك 10 أمتار. لذلك، تعتمد طاقة هذه الجسيمات على خط العرض والارتفاع (عدد الجسيمات التي تخترق الغلاف الجوي أعلى بالقرب من قطبي الأرض). على مستوى سطح الأرض، يتكون مجال الأشعة الكونية إلى حد كبير من الميونات والنترونات والإلكترونات، حيث تشكل الميونات المكوّن المهيمن. بمعنى آخر، أنها مصنوعة من صفات إشعاعية مختلفة: بشكل تقريبي، تعتبر النترونات جسيمات عالية معامل نقل الطاقة الخطي (LET). في حين أن الميونات، وغيرها من الجسيمات والفوتونات المشحونة المؤينة مباشرة، هي إشعاع منخفض معامل نقل الطاقة الخطي (LET).

إن دراسة آثار الإشعاع الكوني على الكائنات البشرية، حتى خارج الحماية التي يوفرها الغلاف الجوي للأرض والمجال المغنطيسي، لها أهمية كبيرة في الوقت الحاضر لتقييم مخاطر الإشعاع أثناء سفر الإنسان إلى الفضاء.

وتأتي المساهمة الرئيسية في التعرض الأرضي الخارجي من النويدات المشعة الباعثة لأشعة غاما الموجودة بكميات ضئيلة في التربة، والتي تختلف كميتها حسب الموقع الجغرافي.

أما التعرض الداخلي فينشأ من تناول النويدات المشعة الأرضية عن طريق الاستنشاق والابتلاع. يشكل استنشاق غاز الرادون ومنتجاته غالبية تعرّض البشر للإشعاع المؤين في الخلفية الطبيعية. وينتج عنه تعرض أنسجة الرئة لجسيمات ألفا عالية معامل نقل الطاقة الخطي، ولكن أيضًا ينبعث إشعاع منخفض معامل نقل الطاقة الخطي (LET).

وتبلغ الجرعة السنوية الناتجة عن التعرض الخارجي من الخلفية الطبيعية في المتوسط 1 ملي سيفرت / سنة، حيث أن تأثير الإشعاعات الكونية أقل قليلاً من تأثير الإشعاعات الأرضية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن: (1) متوسط الجرعة السنوية من الخلفية الطبيعية 2.4 ملي سيفرت، وهذا يتوافق مع معدل جرعة منخفض قدره 0.27 ميكروسيفرت/ساعة؛ (2) مناطق عديدة من العالم (مثل غوارابان في البرازيل، ورامسار في إيران ويانغجيانغ في الصين وكيرالا في الهند) لديها مستويات من إشعاع الخلفية الطبيعية تزيد على تلك التي تعتبر "خلفية طبيعية" بحيث يتم تعريفها على أنها مناطق ذات خلفية إشعاعية طبيعية عالية؛ (3) تقييم التعرض للاستنشاق والابتلاع مرتبط ارتباطًا وثيقًا بالبشر.

الجرعات المنخفضة والوقاية من الإشعاع

المقاربات الوبائية للمخاطر الصحية

على الرغم من حقيقة أن خلفية الإشعاع الطبيعي صغيرة للغاية، إلا أنها قد تكون لها تأثير بما يكفي على الكائنات الحية لاستشعارها والاستجابة لها. ترتبط معرفتنا باستجابة الكائنات الحية للجرعات المنخفضة من الإشعاع المؤين بشكل أساسي باحتياجات الحماية من الإشعاع، حيث ينصب التركيز على الآثار الضارة. ومع ذلك، فإن استجابة الكائنات الحية لهذه المستويات من التعرض لا تزال محل نقاش.

أصبح مجتمعنا العلمي على دراية بالإشعاع المؤين منذ أكثر من قرن بقليل، بعد اكتشاف الأشعة السينية (1895) والنشاط الإشعاعي الطبيعي (1896). في عام

1926، اكتشف عالم الوراثة الأمريكي مولر أنه من خلال تعريض ذبابة الفاكهة لمستويات عالية من الإشعاع (مثل الأشعة السينية أو أشعة غاما)، يمكن زيادة معدل الطفرات في نسلها بما يصل إلى 150 مرة. وحصل نتيجة هذا الاكتشاف على جائزة نوبل عام 1946 في الطب والفسيولوجيا. ومع ذلك، فإن التركيز الأساسي للحماية من الإشعاع ظل لفترة طويلة على متلازمات الإشعاع الحادة / الحتمية.

بعد بضع سنوات فقط من القصف الذري لهيروشيما وناغازاكي، تم توثيق زيادة مخاطر الإشعاع للإصابة بالأمراض الخبيثة بين الناجين، ولا سيما اللوكيميا. ونظرًا لأن هذه الآثار الصحية ظهرت كأحداث عشوائية، فقد قام برنامج اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) بتحديث توصياته. حتى ذلك الحين كان يهدف إلى إبقاء التعرض أقل من العتبات القادرة على إحداث التأثيرات الحتمية، من خلال تقديم مفهوم تقليل التعرض إلى أدنى مستوى ممكن (ALARA).

ما هي "الجرعة المنخفضة" من الإشعاع المؤين؟

باستخدام تعريف مبني على علم الأوبئة، فإن "الجرعة المنخفضة" هي جرعة لا يمكن تحتها الكشف عن الآثار الصحية الضارة. لأغراض الحماية من الإشعاع، تعرّف اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع الجرعات المنخفضة بأنها تلك التي تبلغ 100 ملي سيفرت أو أقل للإشعاع منخفض معامل نقل الطاقة الخطي (LET)، وهي قيمة تتفق أيضًا مع تلك المستخدمة من قبل لجنة الأمم المتحدة (UNSCEAR) والأكاديمية الوطنية الأمريكية (BEIR). من الناحية العملية، فإن الجرعات التي تتم مواجهتها عادةً في مكان العمل وفي البيئة وفي الطب التشخيصي تقع في نطاق الجرعات المنخفضة؛ ويمكن أيضًا تضمين تعرض الأنسجة السليمة أثناء العلاج الإشعاعي لهذا النوع من الإشعاع المنخفض. علاوة على ذلك، تم تعريف معدل الجرعة المنخفضة على أنه 0.1 ملي غراي / دقيقة أو أقل للإشعاع منخفض معامل نقل الطاقة الخطي (LET).

البيولوجيا الإشعاعية ضرورية لاستقراء البيانات الوبائية للجرعات المنخفضة

نظرًا لقصور البيانات الوبائية عن زيادة المخاطر العشوائية عند الجرعات المنخفضة، فإنه من المعترف به أن المعرفة البيولوجية الإشعاعية توفر إطارًا لتحليل المخاطر عند التعرض للجرعة المنخفضة ولإنشاء علاقات سببية من الارتباطات التي وجدتها دراسات المراقبة. هناك حاجة إلى التكامل بين الآليات البيولوجية والأساليب الوبائية لتقييم شكل العلاقة بين الجرعة والاستجابة لإحداث السرطان بجرعات منخفضة. من حيث المبدأ، يمكن لبيانات البيولوجيا الإشعاعية والنماذج تحديد الآليات الإشعاعية البيولوجية ذات الصلة، وبالتالي توفير الأساس المنطقي لإستقراء الجرعات المنخفضة من البيانات الوبائية التي تم الحصول عليها بجرعات متوسطة وعالية.

في الواقع، تم الحصول على ثروة من المعلومات البيولوجية الإشعاعية بعد ما يزيد قليلاً على قرن من البحث حول استجابة الكائنات الحية لجرعة منخفضة من الإشعاع المؤين. ونظرًا لأن احتياجات الوقاية من الإشعاع كانت حافزاً لإجراء هذه الدراسات، فليس من المستغرب أن يكون التركيز على التأثيرات البيولوجية المؤكدة.

الأسس الإشعاعية لتقييم المخاطر الصحية

النموذج التقليدي للبيولوجيا الإشعاعية ونموذج عدم العتبة الخطى(LNT)

من المعروف أن الإشعاع المؤين، الذي يتم تعريفه على أنه إشعاع قادر على تأيين المادة البيولوجية (عتبة التأين تبلغ 12.4 إلكترون فولط تقريباً)، يمكن أن يكسر الروابط الكيميائية لمكونات الخلية، والحمض النووي هو الهدف الأكثر أهمية. يمكن أن يسبب الإشعاع المؤين تلف الحمض النووي عن طريق التفريغ المباشر للطاقة في الحمض النووي، وكذلك عن طريق التأثير غير المباشر من خلال الأنواع الكيميائية التفاعلية (الجذور الحرة في الغالب) التي تتكون من التفكك الإشعاعي لجزيئات الماء بالقرب من الحمض النووي. يعّد تلف الحمض النووي غير المباشر أكثر الآليات شيوعًا للإشعاع منخفض معامل نقل الطاقة الخطي (LET) بينما يكون تلف الحمض النووي المباشر هو السائد للإشعاع عالي معامل نقل الطاقة الخطي.

وبناءً على عدة إعتبارات، تم إستخلاص الصورة العامة التالية، التي يطلق عليها أحيانًا "النموذج التقليدي للبيولوجيا الإشعاعية": (أ) تلف الحمض النووي في الخلايا المعرّضة مباشرة هو الحدث الرئيسي للتأثيرات البيولوجية؛ (ب) تلف الحمض النووي يحدث أثناء تشعيع الأنوية في الخلايا المستهدفة أو بعد ذلك بفترة وجيزة؛ (ج) يمكن التعبير عن احتمالية حدوث عواقب بيولوجية خلال جيل أو جيلين من الخلايا؛ (د) عند الجرعات المنخفضة يكون التأثير البيولوجي متناسبًا بشكل مباشر مع الطاقة المودعة في الحمض النووي.

يشير هذا النموذج إلى أن الطفرات الجينية الناتجة عن الضرر الناجم عن تعرض الحمض النووي للإشعاع هي الحدث الرئيسي الذي يؤدي إلى تأثيرات بيولوجية ضارة، وأنها مرتبطة ارتباطاً خطيًا بالجرعة الممتصة. وبالتالي، فإنه يوفر الأساس المنطقي لافتراض نموذج عدم العتبة الخطى (LNT) الذي يبين زيادة خطر الإصابة بالسرطان عند التعرض لجرعات إشعاعية بما فيها الجرعات المنخفضة أيضًا. ولكن في السنوات الخمس عشرة الماضية، نشأ نقاش حيوي حول الآثار الصحية للجرعات المنخفضة، وبالتالي تم التشكيك في علاقة LNT. في ما يلي، سيتم النظر في القواعد الإشعاعية البيولوجية ذات الصلة بهذه القضية.

محدودية النموذج التقليدي

تستخدم المقاربة الحالية في تقدير المخاطر الصحية بجرعات منخفضة نموذجًا يركز على التأثيرات الضارة الناشئة عن تلف الحمض النووي والطفرات الجينية، مع استجابة خطية للجرعة مماثلة لتلك التي لوحظت للاستجابة للجرعات العالية. وقد لاقى هذا النموذج تحديات منذ نهاية الثمانينيات نتيجة الدراسات المختبرية والحيوية التي أظهرت حدوث استجابات بيولوجية غير متوافقة معه، لا سيما الاستجابات غير الخطية للجرعة والتأثيرات اللاجينية، مثل تلك المذكورة في ما يلي:

– إختلاف الاستجابة البيولوجية بين الجرعات العالية والمنخفضة

تتراكم الأدلة على أن الكائنات الحية، بما في ذلك البشر، تستجيب للجرعات المنخفضة بطريقة تختلف ليس فقط من الناحية الكمية، ولكن أيضًا من الناحية النوعية عن الجرعات العالية. تثير هذه الملاحظات التساؤل عما إذا كانت الاستجابة البيولوجية المعتمدة على الجرعة تتمثل في علاقة غير خطية بين الآثار الصحية والجرعة. علاوة على ذلك، تبين أن الاستجابات الخلوية البشرية لجرعات منخفضة من الإشعاع تؤدي في بعض الحالات إلى إحداث مستويات أقل من الضرر الكروموسومي عن ذلك الذي يحدث تلقائيًا على المستوى القاعدي. مما يدعم الافتراض، بناءً على دراسات أجريت في المختبر والنماذج الحيوانية، أن الجرعات المنخفضة من الإشعاع لها آثار مفيدة.

– الاستجابات غير المستهدفة والتكيفية

تم وصف عدد من الاستجابات غير الخطية بالتفصيل في العقود الماضية، مثل ما يسمى بالتأثيرات غير المستهدفة، أي التأثيرات التي لا تنتج عن تلف الحمض النووي في الخلايا المشعة مثل عدم الاستقرار الجيني وفرط الحساسية للجرعة المنخفضة، والتأثيرات التكيفية.

إن عدم الاستقرار الجينى هو تأثير إشعاعي متأخر، لوحظ في كل من النماذج المختبرية والحيوية، وهو مصطلح شامل لوصف زيادة معدل اكتساب التعديلات في الجينوم. يتميز عدم الاستقرار الجيني الناتج عن الإشعاع بزيادة معدل التغيرات الجينية التي تتراوح من التغييرات البسيطة في تسلسل الحمض النووي إلى التشوهات الهيكلية والعددية على المستوى الكروموسومي في ذرية الخلايا المشعة لعدة أجيال بعد التعرضات الأولية.

تعتبر التأثيرات التكيّفية ظاهرة عامة يمكن أن تحدث مع العديد من العوامل الضارة. وهي ظاهرة عابرة لوحظت في الخلايا والأنسجة والكائنات الحية، تحدث عند

التعرض لجرعة إشعاع صغيرة تسمى "الجرعة الأولية"، ثم لجرعة إشعاعية لاحقة (أعلى عادة) تسمى "الجرعة الصعبة".

التأثيرات اللاجينية (Epigenetic) الناتجة عن الإشعاع

التغيرات اللاجينية هي تغييرات وراثية ومستقرة في التعبير الجيني دون تغيير في تسلسل الحمض النووي، ويمكن أن يكون المقصود من "الإبيجينوم" مجموعة كاملة من السمة اللاجينية للكائن الحي. بحلول النصف الثاني من القرن الماضي، تم الاعتراف بأن الحمض النووي في حد ذاته لا يحدد جميع خصائص الكائن الحي، بما في ذلك الكائن البشري. يلعب التنظيم اللاجيني دورًا مهمًا في العمليات البيولوجية المختلفة بما في ذلك تطور الخلايا الجنينية، والبصمة الجينية، وتعطيل الكروموسوم X. وبالتالي يشرح كيفية تمايز الخلايا التي تحمل الحمض النووي المتطابق إلى أنواع مختلفة من الخلايا، وكيف تحافظ على الحالات الخلوية المتمايزة.

الضغوطات أو المحفزات البيئية، بما في ذلك الإشعاع المؤين، يمكن أن تؤدي إلى تغييرات في النمط الظاهري من خلال التعديلات اللاجينية. من المثير للاهتمام أن بعضها يمكن أن يعود إلى حالته بعد إزالة عامل الضغط ولكن بعض التعديلات اللاجينية يمكن أن تستمر. غالبًا ما يُطلق على التغيير الوراثي في التعبير الجيني الناجم عن محفز سابق إسم "الذاكرة اللاجينية".

- الروابط بين الإجهاد التأكسدي الناتج عن الإشعاع والتغيرات اللاجينية والتأثيرات غير المستهدفة والاستجابة التكيفية

يتسبب الإشعاع المؤين في الإجهاد التأكسدي عندما لا يتم تعويض الفائض من أنواع الأكسجين التفاعلية / أنواع النتروجين التفاعلية (ROS / RNS) في الخلية. يمكن أن تتولد أنواع الأكسجين التفاعلية بشكل مباشر من خلال التعرض للإشعاع وبشكل غير مباشر من خلال تلف الميتوكوندريا. إلى جانب التأثير المطفر المعروف لـ ROS وRNS، هناك أيضًا دليل على أن الإجهاد التأكسدي يمكن أن يعدل الإبيجينوم بآليات متعددة، أهمها أكسدة قواعد الحمض النووي و / أو التغييرات

التي تتم بوساطة الميتوكوندريا. من المعروف أيضًا أن الإجهاد التأكسدي يلعب دورًا مهمًا في التأثيرات غير المستهدفة والتأثيرات التكيفية.

إن الاستجابة البيولوجية للإشعاع المؤين عبارة عن استجابة معقدة لمجموعة متنوعة من الإشارات على المستويين الخلوي وفوق الخلوي. بهذه الصورة، تم التعرف على التغيرات اللاجينية بشكل متزايد على أنها جوانب مهمة إلى جانب الجوانب الجينية، خاصة عند الجرعات المنخفضة. تشير هذه الاعتبارات بقوة إلى أن افتراض الاستجابة الخطية للجرعة، للسرطان الناجم عن الإشعاع هو تبسيط مفرط. إن تطوير نماذج بيولوجية إشعاعية أكثر واقعية لا يتعلق فقط ببيولوجيا الإشعاع، ولكنه مهم أيضًا للحماية من الإشعاع عند توجيه الاستقراء إلى الجرعات المنخفضة ومعدلات الجرعات المنخفضة من البيانات الوبائية للكائنات البشرية المعرضة، وكذلك لتحديد العوامل التي تحدد حساسية / قابلية التعرض للإشعاع الفردي.

تجارب البيولوجيا الإشعاعية تحت الأرض

يعد فهم دور إشعاع الخلفية الطبيعية على الكائنات الحية أمرًا ضروريًا، نظرًا لأن هذه الخلفية تساهم في الحالة البيولوجية الأساسية التي تترتب عليها الاستجابة للتعرضات الإضافية (من صنع الإنسان). من المسلم به أن دراسات التعرض للجرعات المنخفضة من المصادر البيئية يمكن أن تسهم في فهم أفضل لمخاطر السرطان الناتج عن الإشعاع. من المثير للاهتمام ملاحظة أن إشعاع الخلفية يظهر اختلافات جغرافية كبيرة وأن السكان في مناطق إشعاع الخلفية الطبيعية العالية (High Natural Background Radiation, HNBR) كانوا موضوع العديد من الدراسات الوبائية في محاولة للعثور على الاختلافات المحتملة بينهم وبين الأشخاص الذين يعيشون في المناطق ذات الخلفية الطبيعية (Normal Background Areas).

بشكل عام، لم تظهر هذه الدراسات أية زيادة في مخاطر الإصابة بالسرطان، ولكن نظرًا لأنها تخضع للقيود النموذجية للدراسات الوبائية، فقد تم الاعتراف بالحاجة إلى تحسينات. كان المقيمون في مناطق إشعاع الخلفية الطبيعية العالية أيضًا

موضوعًا للدراسات الوراثية الخلوية. وعلى الرغم من المساهمة المحتملة المعترف بها لدراسات مناطق الخلفية الطبيعية عالية الإشعاع في فهم أفضل لمخاطر الإصابة بالسرطان الناجم عن الإشعاع، فإن البيانات التي تم الحصول عليها حتى الآن بعيدة كل البعد عن تقديم صورة متسقة ومساهمة قوية في هذه المسألة، لذلك لا تزال الفرضيات المختلفة قيد البحث.

يمكن أن توفر التجارب طويلة المدى التي يتم التحكم فيها مع الكائنات الحية النموذجية، والتي يتم إجراؤها في مختبرات تحت الأرض مع وجود خلفية إشعاعية منخفضة أو منخفضة إلى حد كبير، مقارنة بالظروف الطبيعية عند إشعاع الخلفية الطبيعية، معلومات أساسية لفهم دور هذه الخلفية. تم بناء المعامل الموجودة تحت الأرض بشكل أساسي لاستضافة التجارب في الفيزياء الأساسية والفيزياء الفلكية التي تبحث عن أحداث نادرة مثل تفاعلات النيوترينو، مما يتطلب بيئة نشاط إشعاعي منخفضة للغاية لتقليل الضوضاء التجريبية. يوفر الغطاء الواقي درعًا يقلل بشدة من تدفق الأشعة الكونية، وفي العديد من الحالات تم اتخاذ تدابير إضافية لتقليل المكونات الأخرى للخلفية الإشعاعية. وفي الآونة الأخيرة فقط تم استغلال تلك المعامل لتجارب البيولوجيا الإشعاعية.

على الرغم من الصعوبات المتمثلة في استبعاد العوامل المربكة عند مقارنة الظروف الموجودة تحت الأرض بالأوضاع الطبيعية (أي عوامل مثل درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي وما إلى ذلك)، فإن هذه النتائج بشكل عام تشير إلى أن إشعاع الخلفية الطبيعي قادر على تحفيز الدفاع ضد آليات الإجهاد، بما في ذلك التعرض الإضافي للإشعاع المؤين.

الاستنتاجات

أثار الوعي بأننا نعيش في عالم يوجد فيه إشعاع الخلفية الطبيعي في كل مكان عدة أسئلة أساسية، من السؤال العام "هل تحتاج الحياة إلى إشعاع منخفض

المستوى؟" إلى القضايا الأكثر تحديدًا "هل إشعاع الخلفية الطبيعي عامل ضار أو محفز؟" و "هل آليات الوراثة اللاجينية مهمة للاستجابة البيولوجية لهذه الخلفية؟"

إن مراقبة الظواهر البيولوجية المستحثة بالإشعاع مثل الاستجابات غير الخطية عند التعرض لجرعات منخفضة، والآليات اللاجينية القادرة على الاستجابة للتغيرات في الإشعاع المؤين البيئي والتحفيز المحتمل لآليات الدفاع الخلوي عن طريق إشعاع الخلفية الطبيعي تؤدي إلى الاستنتاجين التاليين:

– الأول هو الملاحظة العامة التي تفيد بأن إشعاع الخلفية الطبيعية كان ضروريًا لتطور الحياة على الأرض. على سبيل المثال، من خلال تثبيت الجينوم، وفي نفس الوقت السماح بالتكيف الضروري للكائنات مع التغيرات البيئية.

– الثاني والأكثر تحديدًا يتعلق بقضايا الحماية من الإشعاع. يبدو أن الاستجابة البيولوجية لجرعات منخفضة أكثر تعقيدًا من تلك التي تؤخذ كأساس لعلاقة عدم العتبة الخطي (LNT) بين المخاطر الصحية والجرعة.

في المجال البحثي تظهر "البيولوجيا تحت الأرض" كمجال جديد ومثير لتحسين معرفتنا بالبيولوجيا الإشعاعية الأساسية، وكذلك في تطبيقاتها العملية، مثل الحماية من الإشعاع. ومن المتوقع الحصول على مزيد من المعلومات ذات الصلة من البحث الجاري في مختبرات فرنسا والولايات المتحدة الأمريكية وإيطاليا وكندا وإسبانيا والصين.

ومن المتوقع أن مثل هذه التطورات يمكن أن تحسم الجدل طويل الأمد حول الآثار الضارة أو المفيدة للتعرضات الإشعاعية منخفضة المستوى. فعلى الرغم من أن تحفيز ردود الفعل الدفاعية يؤدي إلى نتائج إيجابية، إلا أنه لا يمكن أن يكون الأمر كذلك إذا نجت الخلايا المتضررة من التعرض لفترات طويلة بجرعات منخفضة من موت الخلايا المبرمج. وهي حالة يمكن أن تعزز الورم عن طريق زيادة احتمالية بقاء الخلايا المصابة مع تراكم الضرر أو الطفرة.

لذلك، فإن حسم هذا الجدل يحتاج إلى رؤى أعمق لتلك الآليات الجينية الإشعاعية التي تسود بجرعات منخفضة وفي نفس الوقت ذات صلة بالتأثيرات الصحية على البشر، وذلك لتجنب الاستنتاجات المتحيزة وحتى المعاكسة. يجب أيضًا مراعاة أنه في الدراسات البشرية يمكن أن تكون الحساسية / القابلية للإشعاع الفردي مصدرًا للتباين الكبير حول متوسط الاستجابات.

ترجمة: أ. د. عمر دسوقي
هيئة الطاقة الذرية المصرية
omardesouky@yahoo.com

References

(1) Belli M, Tabocchini MA. Ionizing radiation-induced epigenetic modifications and their relevance to radiation protection. Int J Mol Sci. (2020) 21:5993. doi: 10.3390/ijms21175993.

(2) Liu J, Ma T, Liu Y, Zou J, Gao M, Zhang R, et al. History, advancements, and perspective of biological research in deep-underground laboratories: a brief review. Environ Int. (2018) 120:207–14. doi: 10.1016/j.envint.2018.07.031

(3) Ozasa K, Cullings HM, Ohishi W, Ayumi H, Grant E. Epidemiological studies of atomic bomb radiation at the radiation effects research foundation. Int J Radiat Biol. (2019) 95:879–91. doi: 10.1080/09553002.2019.1569778

(4) Sisakht M, Darabian M, Mahmoodzadeh A, Bazi A, Shafiee S, Mokarram P, et al. The role of radiation induced oxidative stress as a regulator of radio-adaptive responses. Int J Radiat Biol. (2020) 96:561–76. doi: 10.1080/09553002.2020.1721597.

(5) Wojcik A, Harms-Ringdahl M. Radiation protection biology then and now. Int J Radiat Biol. (2019) 95:841–50. doi: 10.1080/09553002.2019.1589027.

دور التقانات النووية في المكافحة المتكاملة للآفات الزراعية على نطاق واسع

Abstract

Area-Wide Integrated Pest Management (AW-IPM) is a relatively new, safe and environmentally friendly method, for insect pest population management. The concept of AW-IPM developed over the last 60 years and has been endorsed by all multilateral environmental agreements. AW-IPM means the integration of a number of different management tactics to control the total pest population within a delimited area. In other words, it depends on the integration of a number of control methods, particularly those that depend on nuclear applications in IPM, into an IPM system on an area wide (AW) basis. In fact, AW-IPM programs are increasingly accepted especially for mobile pests where management at a larger scale is more effective than the uncoordinated field-by-field approach. This article reviews the evolution and implementation of AW-IPM concept and the role of nuclear techniques in the successful applications of AW-IPM programs.

مقدمـــة

تساهم التقانات النووية (الأشعة والنظائر المشعة) بشكل جوهري في مجالات الحياة كافة، وتقدم تطبيقاتها في مختلف مجالات الحياة حلولاً رائعة وأحياناً فريدة للكثير من المشاكل العلمية والتقنية في الطب والصيدلة والهندسة والصناعة والغذاء والبيئة والزراعة ومجالات كثيرة أخرى. وتعد التطبيقات النووية في الزراعة، وخاصة في مجال مكافحة الآفات، واحدة من النجاحات العلمية الباهرة التي لم تكن لتتحقق

لولا استعمال التقانات النووية، وخاصة منها الأشعة المؤينة. فلأول مرة في تاريخ البشرية تم استئصال آفة زراعية بالغة الخطورة، الدودة اللولبية الأمريكية *(Cochliomyia hominivorax)* من ملايين الكيلومترات المربعة من الأراضي باستعمال تقانة الحشرات العقيمة (SIT)، كإحدى التقانات النووية التي تعتمد استراتيجية المكافحة المتكاملة على نطاق واسع (AW-IPM).

تهدف هذه المقالة إلى تسليط الضوء على نشوء وتطور مفهوم المكافحة (الإدارة) المتكاملة على نطاق واسع كإستراتيجية جديدة في مكافحة الآفات الزراعية، ودور التقانات النووية في التطبيق الناجح لهذه الإستراتيجية.

الثورة الخضراء ودور المبيدات

أدت الثورة الخضراء في العقود التي تلت الحرب العالمية الثانية، والتي نتجت عن استعمال تقنيات جديدة أهمها مبيدات الآفات والأسمدة الكيميائية والأصناف عالية الإنتاجية، إلى قفزة نوعية في الإنتاج الزراعي نتج عنها زيادة كبيرة في إنتاج العالم من الغذاء، مما حد من مشاكل الجوع وقلل من حدوث المجاعات. إن دور المبيدات الكيميائية في مكافحة الآفات الزراعية ومساهمتها في الثورة الخضراء مسألة لا نقاش فيها، فقد مكنت هذه المركبات المزارعين ولعشرات السنين من السيطرة على الآفات في حقولهم وحماية محاصيلهم منها. ولكن سرعان ما ظهرت مساوئ استعمال المبيدات على نطاق واسع، إذ تبين أنها تلوث المياه والتربة وتهدد الحشرات النافعة والكائنات الحية الأخرى غير المستهدفة، وتسبب التسمم الحاد والمزمن للمزارعين والمستهلكين. كما أنها تتراكم في النظام البيئي وتتضخم في السلسلة الغذائية مؤدية إلى مشاكل خطيرة للبيئة والإنسان والكائنات الحية الأخرى.

أدى ازدياد وعي الجمهور بمشاكل المبيدات واهتمامه بأساليب المكافحة الأقل ضرراً للإنسان والبيئة والتطور السريع لظاهرة مقاومة الآفات للمبيدات إلى ظهور مفهوم جديد لمكافحة الآفات أقل اعتماداً على المركبات الكيميائية وأكثر اهتماماً بالبيئة والصحة العامة، وهو ما أطلق عليه المكافحة المتكاملة للآفات (IPC) التي

باتت، بشكل تدريجي، خلال الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي، خياراً مقبولاً وإستراتيجية مستدامة في المكافحة. وتم تحوير هذا المصطلح لاحقاً إلى الإدارة المتكاملة للآفات (IPM) .

الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية (IPM)

أدى الإحساس بالحاجة الماسة لتقليل استعمال المبيدات الكيميائية في الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي إلى اعتماد مفهوم الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية، كإستراتيجية مستدامة لمكافحة الآفات تستوعب في مكوناتها بعض الطرق السابقة لعصر ما قبل الثورة الخضراء وطرقاً حديثة تعتمد على التطبيقات النووية في مجال مكافحة الآفات. يعتمد مفهوم الإدارة المتكاملة للآفات على دمج طرق المكافحة المختلفة، وخاصة منها التي تعتمد على التطبيقات النووية، مثل الحشرات العقيمة والأعداء الحيوية والمواد الجاذبة الجنسية (الفرمونات وأشباه الفرمونات) والغذائية (هيدروليزات البروتين)، إضافة إلى الإجراءات الزراعية والمبيدات، بهدف المحافظة على مجتمعات الآفات دون العتبات الاقتصادية للمكافحة مع تخفيض الضرر البيئي إلى حدوده الدنيا.

وبشكل مشابه للمكافحة الكيميائية التقليدية التي اعتمدت في مكافحة الآفات على المبيدات واسعة الطيف باستعمال إستراتيجية المكافحة "من حقل إلى حقل" دون إعطاء اهتمام يذكر لما يجري في الحقول المجاورة، إعتمدت الإدارة المتكاملة التقليدية على مكافحة الآفات في مساحات محدودة تضمن حماية المحصول الخاص بكل مزارع دون الاهتمام بما يقوم به المزارعون الآخرون أو التنسيق معهم. نتج عن هذه الإستراتيجية بقاء جيوب في المناطق المجاورة للحقول المعالجة دون مكافحة نظراً لعدم وجود جدوى اقتصادية من مكافحة الآفة فيها. ولكن هذه الجيوب شكلت دوماً مصدراً للعدوى وتجدد الإصابة بالآفة مما يستدعي تكرار عملية المكافحة. ونتيجة لذلك، تتزايد أعداد مجتمعات الآفات الحشرية في معظم المزارع التي تعتمد نظام المكافحة المتكاملة التقليدية بمستويات اقتصادية في كل عام. ويضطر المزارعون إلى

إستعمال المبيدات سريعة التأثير لحماية محاصيلهم، مما يلغى الهدف الأساسي من هذا النظام الذي يقوم على الاستفادة القصوى من الأعداء الحيوية الطبيعية. وهذا ما مهد الطريق لظهور مفهوم جديد للإدارة المتكاملة للآفات وهو الإدارة المتكاملة على نطاق واسع (AW–IPM) الذي يعتمد على معالجة المجتمع الحشري في منطقة معينة بكامله، حتى ولو كانت بعض المساحات غير مغطاة بالمحصول العائل، أو أنها تحتوي على نباتات غير هامة اقتصادياً، وحتى ضمن المناطق التي لا مصلحة لأحد في معالجتها.

الإدارة المتكاملة للآفات على نطاق واسع (AW– IPM)

تقدم الإدارة المتكاملة للآفات على نطاق واسع نظرة إستراتيجية لحل مشاكل الآفات الزراعية ضمن مفهوم النظام البيئي الذي يضمن المحافظة على البيئة وصحة الإنسان. وقد حظيت هذه الإستراتيجية بدعم المنظمات الدولية والحركات الاجتماعية ومناصري البيئة. ويتزايد إستعمال الإدارة المتكاملة على نطاق واسع، خاصة لمكافحة الآفات سريعة الحركة والانتشار، حيث أن معالجتها على نطاق واسع أكثر فعالية من المكافحة التي تتم من حقل لآخر.

تعود فكرة إدارة (مكافحة) الآفات على نطاق واسع إلى القرن الرابع عشر الميلادي عندما وضعت قوانين الحجر في بعض الدول والمدن الأوروبية للحد من انتشار مرض الطاعون الذي ينقله نوع من البراغيث التي تتطفل على الإنسان والفئران. كما شهدت نهاية القرن التاسع عشر عدة مشاريع من هذا النوع، مثل المكافحة البيولوجية والنباتات المقاومة. فمثلاً، أدى انهيار زراعة العنب في فرنسا في نهاية القرن التاسع عشر، بسبب إصابة العرائش بحشرة الفيلوكسرا، إلى تطعيم جميع أصناف العنب الفرنسية على أصول العنب الأمريكية المقاومة لهذه الحشرة. وفي العشرينيات من القرن الماضي نُظمت حملات على نطاق واسع لاحتواء موجات الجراد في شمال أفريقيا وغرب آسيا. كما تم تطبيق المكافحة على نطاق واسع بنجاح خلال النصف الأخير من القرن الماضي، باستعمال إحدى التقانات النووية الهامة

وهي تقنية الحشرات العقيمة (SIT) بالاشتراك مع بعض التقانات الحيوية الأخرى لمكافحة ذبابة الدودة اللولبية الأمريكية واستئصالها من مساحات شاسعة من الأراضي. مما أدى إلى تركيز اهتمام العلماء على إستعمال إستراتيجية الإدارة المتكاملة على نطاق واسع لمعالجة العديد من الآفات الاقتصادية الهامة الأخرى.

عناصر الإدارة المتكاملة للآفات على نطاق واسع (AW-IPM)

تستعمل بعض العناصر غير الكيميائية، الآمنة بيئياً، المتوافقة بيولوجياً، مثل الحشرات العقيمة والأعداء الحيوية والمركبات الكيميائية الصديقة للبيئة كالمواد الجاذبة الجنسية (الفرمونات والبارافرمونات) والمواد الجاذبة الغذائية (هيدروليزات البروتين). وللتقانات النووية دور كبير في جميع هذه العناصر.

وتتطلب المكافحة على نطاق واسع إمكانيات ضخمة وتجهيزات مختلفة عن تلك المستعملة في إستراتيجية المكافحة "من حقل إلى حقل" نظراً للمساحات الشاسعة التي يتم التعامل معها، ومثل هذه الإمكانيات أو التجهيزات (طائرات لنشر وتوزيع الحشرات العقيمة أو الأعداء الحيوية، منشآت لتربية الحشرات، معامل لتربية الأعداء الحيوية، أجهزة تشعيع....إلخ) قد يصعب على الأفراد امتلاكها أو اقتناؤها. لذلك، غالباً ما يتم تبني هذه المشاريع من قبل الحكومات أو الشركات أو المؤسسات الكبيرة التي تستطيع تأمين مثل هذه المستلزمات.

دور التقانات النووية في الإدارة المتكاملة للآفات على نطاق واسع

قلما تُستعمل المبيدات الكيميائية في مكافحة الآفات الزراعية على نطاق واسع. فلا يمكن، مثلاً، رش المبيدات الكيميائية على مساحات واسعة من الأراضي نظراً للمخاطر التي يمكن أن تنتج عن ذلك، وهي مسألة لم تعد مقبولة في القرن الحادي والعشرين. كما لا يمكن الجمع بين المبيدات والأعداء الحيوية أو المبيدات والحشرات العقيمة، وحتى عند استعمال المبيدات اضطرارياً، بغرض تخفيض كثافة مجتمع الآفة تمهيداً لإطلاق الحشرات العقيمة أو الأعداء الحيوية، كما هو الحال عند مكافحة بعض أنواع ذباب الفاكهة. في هذه الحالة يستعمل الرش الجزئي بالطعوم الغذائية

الجاذبة التي يضاف إليها مبيدات سريعة التفكك. وتستخدم الطائرات عادة لمعالجة مساحات واسعة من الأراضي، أو يستخدم الرش الجزئي باستعمال الوسائل الأرضية كالمرشات المقطورة بالجرارات لرش جانب واحد من شجرة واحدة لكل عدة أشجار ومن خط واحد لكل عدة خطوط من الأشجار. لذلك، تعتمد الإدارة المتكاملة للآفات على نطاق واسع على مكونات صديقة للبيئة لا يسبب استعمالها أية أضرار صحية أو بيئية مثل الحشرات العقيمة والأعداء الحيوية والمواد الجاذبة الجنسية (الفرمونات وأشباه الفرمونات) والمواد الجاذبة الغذائية (هيدروليزات البروتين). وجميع هذه المكونات تعتمد على استعمال التقانات النووية، وخاصة منها الأشعة المؤينة، وهي متوافقة مع بعضها ولا يسبب استعمالها أية أضرار صحية أو بيئية. وأهم التقانات المستعملة هي:

1. تقانة الحشرات العقيمة (SIT)

يعتمد مبدأ تقانة الحشرات العقيمة (SIT) على تربية الحشرة المراد مكافحتها بأعداد كبيرة (بالملايين أو حتى عشرات الملايين أسبوعياً)، ثم إعقامها جنسياً باستعمال الأشعة المؤينة، وإطلاقها في الطبيعة بأعداد كبيرة (على الأقل تسعة أمثال أعداد الآفة المقدرة في وحدة المساحة) وتواتر مدروس ولمدة كافية، بحيث يؤدي تزاوجها مع الحشرات الطبيعية إلى إكسابها صفة العقم مما يؤدي إلى وقف تكاثرها ومن ثم فناء مجتمعاتها. أظهرت هذه التقنية، منفردة أو بالاشتراك مع طرق بيولوجية أخرى، فعالية كبيرة في مكافحة، بل واستئصال، العديد من أنواع الآفات الزراعية من مساحات شاسعة من الأراضي.

أدى النجاح الكبير لاستعمال تقانة الحشرات العقيمة في استئصال ذبابة الدودة اللولبية الأمريكية إلى اهتمام عالمي كبير بهذه التقنية. فقد استعملت التقانة نفسها بنجاح باهر في استئصال، أو مكافحة، العديد من أنواع الآفات الحشرية مثل السيطرة على ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط من بقاع عديدة من العالم ومنع استيطانها في بقاع أخرى. كما أنه كان لها دور في استئصال ذبابة البطيخ وذبابة الفاكهة

الشرقية من اليابان وبعض جزر المحيط الهادي، وذبابة النوم من جزيرة زنجبار في نهاية القرن الماضي، وفراشة ثمار التفاح من أجزاء كبيرة من مقاطعة برتش كولومبيا الكندية، وفراشة لوزات القطن القرنفلية وفراشة العذر في الولايات المتحدة الأمريكية. كما أن هنالك عشرات المشاريع الضخمة التي تعتمد على استعمال هذه التقانة، منفردة أو بالاشتراك مع تقانات أخرى صديقة للبيئة، في مكافحة أو استئصال العديد من الآفات الزراعية الهامة حول العالم اليوم.

2. الأعداء الحيوية في المكافحة على نطاق واسع ودور التقانات النووية

بعكس المبيدات التي لا يتوافق إستعمالها مع الحشرات العقيمة، أو الطرق البيولوجية الأخرى، يمكن للأعداء الحيوية أن تؤدي دوراً هاماً في مشاريع المكافحة على نطاق واسع، بإدماجها مع تقنية الحشرات العقيمة. والحقيقة أنه كثيراً ما يعطي الدمج بين تقانة الحشرات العقيمة والأعداء الحيوية، في مكافحة الآفات الزراعية، نتائج تفوق في تأثيرها المجموع الحسابي لتأثير كلا الطريقتين معاً. فكثيراً ما نضطر عند إستعمال الحشرات العقيمة في المكافحة المتكاملة على نطاق واسع إلى إطلاق كلا الجنسين معاً (ذكوراً وإناثاً). وباستعمال الأعداء الحيوية، وخاصة منها طفيليات البيوض؛ يمكن للإناث أن تؤدي دوراً لا يقل أهمية عن دور الذكور. فمثلاً، تضع الإناث العقيمة المحررة بيوضاً لا حياة فيها، ولا يمكن أن تسبب أي أذى للمحصول، لكن هذه البيوض يمكن أن تكون مفيدة جداً إذا أطلقنا طفيليات البيوض بعد إطلاق الحشرات العقيمة، وهذه الطفيليات يمكن أن تتطفل على البيوض العقيمة وتتكاثر فيها مؤدية إلى زيادة أعدادها، كما يمكن أن تصيب أيضاً البيوض الخصبة الناتجة عن تزاوج إناث وذكور طبيعية مؤدية إلى منعها من إتمام دورة حياتها. وبالتالي تساهم إلى حد كبير في خفض مجتمع الآفة بسرعة تزيد كثيراً عما هو متوقع. وبشكل مشابه، يمكن أن نتخيل الدور الذي يمكن أن تؤديه طفيليات اليرقات أو طفيليات العذارى.

تساهم التقانات النووية بشكل كبير في مجال المكافحة الحيوية وبطرق مختلفة، فهي تحسن من طرق تربية الأعداء الحيوية وتسهل عملية استيرادها (عند اللزوم) ونقلها ونشرها في الحقول وتزيد من قدرتها على الاستيطان والتكاثر.

ففي مجال تربية الأعداء الحيوية، يمكن للأشعة المؤينة أن تساهم بشكل كبير، في تحسين تربيتها. فمثلاً، يُمكن استعمال الأشعة المؤينة في تعقيم البيئات الغذائية المستعملة في تربية الأعداء الحيوية (أو تخفيض حمولتها الميكروبية)، دون أي فقد في مكوناتها الغذائية، أو تغير في خواصها الفيزيائية. وعند الحاجة إلى تخزين الطفيل لإطلاقه عند ذروة ظهور الآفة، تُمكّن معاملة العائل بالأشعة المؤينة من إبطاء نموه مما يؤدي إلى إطالة فترة حساسيته للإصابة بالطفيل وزيادة مدة تخزين العائل والطفيل معاً. مسألة ثالثة يمكن للأشعة المؤينة أن تساهم فيها في تربية الأعداء الحيوية وهي زيادة كفاءة التربية على العوائل الطبيعية، إذ أن تعريض هذه العوائل للأشعة المؤينة يؤثر سلباً في قدرتها المناعية. يمكن أيضاً استعمال النواتج الثانوية لمنشآت تربية الحشرات، كفائض التربية مثلاً أو الدفعات التي لا تؤمن الحد الأدنى المقبول من المواصفات المطلوبة واستعمالها في تربية الأعداء الحيوية، بدلاً من إتلافها، وذلك بعد تعريضها لجرعة كافية من الأشعة المؤينة تضمن إيقاف قدرتها على التكاثر. كما أثبتت الدراسات أنه بالإمكان استعمال الجرعات الإشعاعية المنخفضة (الجرعات التحفيزية) لتنشيط القدرة على التكاثر والتطفل عند الأعداء الحيوية.

تساهم الأشعة المؤينة أيضاً في تدعيم قدرة الطفيليات على الاستيطان والتكاثر في الحقل وزيادة أعدادها بشكل مبكر في بداية الموسم، حيث تكون أعداد العائل الطبيعي منخفضة جداً. وذلك عن طريق نشر أفراد العائل المعرّضة للأشعة المؤينة بهدف السماح لمجتمع الطفيل بالتكاثر المبكر في الحقل دون خوف من حدوث مشاكل يمكن أن يسببها العائل. وتُمكّن هذه الطريقة أيضاً من تأمين عوائل بديلة معاملة بالأشعة المؤينة ليتكاثر عليها الطفيل. يمكن استعمال العوائل الطبيعية المعاملة بالأشعة المؤينة أيضاً لمسح ودراسة الأعداء الحيوية في الطبيعة ومراقبة

مجتمعاتها. وهي مسألة ذات أهمية كبيرة في دراسة مجتمعات الأعداء الحيوية في الحقل، خاصة في مشاريع المكافحة المتكاملة على نطاق واسع.

تؤدي المعاملة بالأشعة المؤينة أيضاً دوراً هاماً في تسهيل إدخال أنواع جديدة مستوردة من الأعداء الحيوية، إلى بيئات لا توجد فيها، دون الخوف من احتمال إدخال عوائلها، فكثيراً ما تعجز الأعداء الحيوية المحلية عن إبقاء مجتمع الآفة تحت السيطرة، مما يضطرنا إلى اللجوء لاستيراد هذه الأعداء من دول أخرى، وخاصة الدول التي نشأت منها الآفة، وتربيتها على عائل قد يكون آفة حجرية في الدول المستوردة، وذلك عن طريق إعطاء أفراد العائل المستعمل في التربية جرعة كافية من الأشعة المؤينة تضمن إنهاء قدرتها على التكاثر.

3. المواد الجاذبة في المكافحة على نطاق واسع ودور التقانات النووية

تؤدي المواد الجاذبة الجنسية مثل الفرمونات وأشباه الفرمونات (البارافرمونات) والطعوم الغذائية (هيدروليزات البروتين) دوراً هاماً في مشاريع مكافحة الآفات الزراعية على نطاق واسع، إذ تستعمل هذه المواد، وخاصة المواد الجاذبة الجنسية، ضمن كبسولات بوليميرية، في المصائد الفرمونية لمراقبة مجتمعات الآفات الزراعية وتحديد مواعيد ظهورها وكثافتها النسبية والحاجة إلى إجراء عمليات المكافحة وأعداد الحشرات العقيمة أو الأعداء الحيوية اللازم إطلاقها في وحدة المساحة، وفعالية الإطلاقات المتتالية من الحشرات العقيمة أو الأعداء الحيوية (أو كليهما معاً) في تخفيض مجتمع الآفة. كما تستعمل الطعوم الغذائية في المصائد الحشرية أو باستعمال تقنية الرش الجزئي لتخفيض أعداد المجتمع الحشري قبل البدء بإطلاق الحشرات العقيمة أو الأعداء الحيوية ودون إلحاق أي ضرر بالبيئة.

للتقانات النووية دور هام في تحضير الكبسولات الجاذبة الجنسية. تستخدم الأشعة المؤينة في معالجة البوليميرات المستعملة في تصنيع هذه الكبسولات وتكسبها مواصفات هامة جداً مثل إعطائها القوام المناسب والقدرة على الإطلاق المنتظم

وتحرير المواد الجاذبة، بحيث ينجم عن ذلك توفير كبير في المادة الفعالة غالية الثمن وزيادة فعالية وسيلة الإطلاق وعمرها الفعال في الحقل.

هيدروليزات البروتين هي أيضاً إحدى المواد المستعملة في الإدارة المتكاملة للآفات على نطاق واسع وتؤدي دوراً هاماً في هذا المجال، إذ كثيراً ما تستعمل لتخفيض المجتمع الحشري في الحقل قبل البدء بإطلاق الحشرات العقيمة (أو الأعداء الحيوية) مما يخفض عدد الحشرات العقيمة اللازم إطلاقها في وحدة المساحة في كل دفعة ويزيد من كفاءة عملية المكافحة. تعد خميرة البيرة من أكثر المواد استعمالاً، كمادة أولية، في تحضير الطعوم البروتينية (هيدروليزات البروتين) بسبب غناها بالبروتين والسكريات والعناصر المعدنية. ولكن يمكننا أيضاً الحصول على نفس النتيجة عن طريق الاستعانة بالتقانات النووية، وخاصة منها الأشعة المؤينة، إذ يؤدي تعريض المواد المراد معالجتها لجرعة عالية من الأشعة إلى تفكيكها خلال دقائق، مما يقلل من الكلفة ويوفر في زمن تحضيرها.

الخلاصة

تُعد الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية على نطاق واسع (AW-IPM) من الطرق الحديثة نسبياً، الآمنة بيئياً، والمجزية اقتصادياً، وتتضمن الجمع بين عدة طرق، وخاصة منها التي تعتمد على التقانات النووية، لمكافحة المجتمع الحشري لآفة ما في منطقة محددة أو استئصاله كلياً. تعتمد إدارة (مكافحة) الآفات على نطاق واسع على الفعل المشترك لعدد من الطرق اللاكيميائية المتوافقة فيما بينها مثل الحشرات العقيمة والأعداء الحيوية والمواد الجاذبة الجنسية والغذائية. وللتقانات النووية، وخاصة منها الأشعة المؤينة، دوراً هاماً جداً في جميع هذه العناصر، وخاصة في مجال إنتاج الحشرات العقيمة واستيراد ونقل ونشر وتربية الأعداء الحيوية وتحضير المواد الجاذبة الجنسية والغذائية، وبكلفة أقل بكثير من الطرق التقليدية.

أ. د. محمد منصور
هيئة الطاقة الذرية السورية
mmansour@aec.org.sy

References

(1) Cardé R. T. (2021). Mating Disruption with Pheromones for Control of Moth Pests in Area-Wide Management Programmes. In: Area-wide Integrated Pest Management: Development and Field Application (779-795). Edited by Hendrichs J., R. Pereira and M. Vreysen. DOI: 10.1201/9781003169239-11, CRC Press.

(2) Dara, S. (2022). How does the digital transformation of agriculture affect the implementation of Integrated Pest Management? (pp.1-9). In: Frontiers in Sustainable Food System. Edited by: Henrique Iost Filho, F., J. de Bastos Pazini, T. Micael Alves, R. Lee Koch and P. Takao Yamamoto.

(3) Klassen, W and M. Vreysen (2021). Area-Wide Integrated pest Management and the Sterile Insect Technique. In: Sterile Insect Technique: Principles and Practice. Edit. Dyck V. A., A.S. Robinson and J. Hendrichs. DOI: 10.1007/1-4020-4051-2, CRC Press.

(4) Liedo P., P. Montoya and J. Toledo (2021). Area-Wide Management of Fruit Flies in a Tropical Mango Growing Area Integrating the Sterile Insect Technique and Biological Control: From a Research to an Operational Programme. (pp.197-214). In: Area-wide Integrated Pest Management: Development and Field Application. Edited by Hendrichs J., R. Pereira and M. Vreysen. DOI: 10.1201/9781003169239-11, CRC Press.

. (5) Ramalakshmi V., L. Dash, D. Padhy1, S. Rout and B. Tripathy (2020). Role of Semiochemicals in Pest Management. In: Agriculture and Forestry: Current Trends, Perspectives (pp. 209-228). Edited by S. Rout. ISBN: 978-93-5426-676-8. Printed at: Renu Graphics D.No: TF6, Anjanadri Towers Vijayawada – 521108.

إستخدام الإشعاع المؤين لحفظ مواد التراث الثقافي(*)

Abstract

Radiation sterilization has been considered as a mass decontamination technique for biodegradable cultural heritage (CH) since its widespread application in the medical field. Initial experiments have revealed advantages in terms of efficiency and effectiveness, but also disadvantages, namely “side effects” concerning CH materials. More than 50 years later, the adequacy of ionizing radiation for some CH artefacts is still a subject of discussion. For wooden items, there is general agreement that the irradiation dose required for insect eradication is not damaging, even in the case of polychromed wood. The ionizing radiation processing of cultural heritage artifacts and archived materials has proven to be a viable and safe alternative for many materials in cultural institutions.

مقدمـــة

التراث الثقافي هو إرث من المصنوعات المادية والسمات غير الملموسة لمجموعة أو مجتمع موروثة من الأجيال السابقة، ويتم الحفاظ عليها لصالح الأجيال القادمة. يشتمل التراث الثقافي المادي على الأعمال الفنية والمصنوعات اليدوية في المتاحف والكتب والمخطوطات والرسومات والمستندات الأرشيفية والآلات الموسيقية والنتائج الأثرية ومجموعات التاريخ الطبيعي والمباني والأماكن التاريخية، والمعالم

(*) المقالة مترجمة بتصرف من: ”Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation“ IAEA Radiation Technology Series No.6,16_17821_PUB1747_web.pdf,264 Pages, November 2017.

الأثرية والأشياء التراثية الصناعية. وقد أصبحت المتاحف اليوم مؤسسات مهمة ليس فقط للثقافة، ولكن أيضاً للسياحة والاقتصاد وللهوية الوطنية. إن دراسة وحفظ القطع الفنية وغيرها من المشغولات التراثية الثقافية المتاحة في أفضل حالة ممكنة للأجيال القادمة هو تحد كبير.

يعد تطبيق الأساليب العلمية على الفن والمواد الأثرية تقليداً عريقاً، وقد شجعت مؤسسات مثل منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو)، والمجلس الدولي للمتاحف – لجنة الحفظ، والمركز الدولي للحفاظ على الممتلكات الثقافية وترميمها، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، على إستخدام تقنيات العلوم الطبيعية من قبل أمناء المتاحف والباحثين في مجال التراث الثقافي. وساعدت الوكالة الدولية للطاقة الذرية، بصفتها داعماً رائداً للاستخدام السلمي للتكنولوجيا النووية، المختبرات في دولها الأعضاء على تطوير وتطبيق الأساليب النووية في أبحاث التراث الثقافي من أجل التنمية الاجتماعية والاقتصادية في الاقتصادات الناشئة. يتم التعرف الآن على تقنيات الإشعاع المؤين على أنها أدوات مهمة لفحص وتوصيف وتحليل القطع الفنية أو غيرها من المشغولات التراثية الثقافية والمواد المكونة لها.

الطرق التقليدية والإشعاعية لتعقيم مواد التراث الثقافي

لا يزال الحفاظ على القطع الأثرية الموجودة في التراث الثقافي يشكل تحدياً خطيراً، بسبب مجموعة متنوعة من العوامل مثل: ظروف التخزين غير الملائمة أو تغير المناخ أو الكوارث مثل الفيضانات التي تؤدي إلى تدهور أو فقدان التراث الثقافي. تم تطوير كل من الأساليب الكيميائية والفيزيائية لمعالجة وترميم المشغولات التراثية الثقافية. ومع ذلك، قد تترك الطرق الكيميائية مواد كيميائية غير مرغوب فيها، والطرق الفيزيائية تستخدم عموماً ظروفاً قاسية غير مناسبة لبعض أنواع المواد. أدت جهود برامج البحث الوطنية والدولية المكرّسة لتطوير منهجيات منسقة للمعالجة الإشعاعية إلى قبول تكنولوجيا الإشعاع لمعالجة المشغولات التراثية الثقافية. كما بدأت

الوكالة الدولية للطاقة الذرية عدة مشاريع لدعم تطبيق التقنيات النووية في البحوث المتعلقة بالتراث الثقافي.

يتيح اختيار استخدام الإشعاع المؤين، كطريقة معالجة للتطهير من التهديدات البيولوجية، سهولة نسبية في التطبيق وفعالية فورية، ولا يترك أية بقايا كيميائية، أو أي نشاط إشعاعي؛ وذلك عند مقارنته بالطرق التقليدية الأخرى المستخدمة. وله ميزة أخرى تتعلق بإمكانية القضاء على الحشرات والفطريات نهائياً، حيث يعمل الإشعاع في أية مرحلة من مراحل دورة حياتها، مما يضمن الوثوقية في علاج التدهور البيولوجي.

مصادر ومنشآت المعالجة بالإشعاع

يمكن تقسيم المنشآت المستخدمة في تطبيقات المعالجة الإشعاعية المنتظمة والتي يمكن استخدامها لمعالجة عناصر التراث الثقافي إلى فئتين:

(أ) منشآت تشعيع غاما باستخدام منابع محمية تحتوي على النويدات المشعة مثل الكوبلت- 60 أو السيزيوم- 137؛

(ب) المنشآت التي تستخدم مولّدات الإشعاع مثل مسّرعات الحزم الإلكترونية مع طاقات تصل إلى 10 ميغا إلكترون فولط ومولدات الأشعة السينية مع طاقات تصل إلى 5 ميغا إلكترون فولط.

تسمح قدرة الاختراق الأكبر لأشعة غاما والأشعة السينية بمعالجة المنتجات السميكة أو الكثيفة نسبياً، في حين أن المسرعات الإلكترونية مناسبة لتشعيع المواد الرقيقة ولكنها توفر إنتاجية أعلى بتكلفة أقل لكل وحدة من المنتج عند معالجة كميات كبيرة.

أ- المنشآت الكبيرة للمعالجة بأشعة غاما

يشكّل مصدر الإشعاع نواة أية منشأة للمعالجة بأشعة غاما عالية الطاقة. يتم الحصول على أشعة غاما المستخدمة في المعالجة الإشعاعية، بما في ذلك معالجة مواد التراث الثقافي من مصادر الكوبلت (60Co) الكبيرة محكمة الغلق. يصدر الكوبلت- 60 في وقت واحد فوتونين (أشعة غاما) لكل تفكك بطاقة 1.17 و 1.33 إلكترون فولط. في المنشآت الصناعية، يتراوح النشاط المركّب بين 310-510 تيرابكريل (410-710 كيلو كوري).

تم استخدام أجهزة مشعات غاما تجارياً للمعالجة بالإشعاع منذ الستينيات. ويوجد اليوم أكثر من 160 جهاز إشعاع تجاري من 60Co تعمل في العديد من الدول في جميع أنحاء العالم في التعقيم الإشعاعي وتشعيع الطعام. كما يتم تشغيل بعض منشآت التشعيع في مراكز البحث والتطوير. عندما تؤخذ جميع الاستخدامات في الحسبان، يوجد في المجمل أكثر من 200 جهاز إشعاع غاما يتم تشغيلها لمجموعة متنوعة من الأغراض في دول مختلفة. وقد قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بتجميع ونشر دليل لمنشآت معالجة غاما في الدول الأعضاء، ويصف هذا الدليل تفاصيل المواقع والتوزيع الجغرافي وإجراءات ضمان الجودة في العديد من هذه المنشآت.

ب- منشآت المعالجة الإشعاعية بالحزم الإلكترونية

تتميز مسرعات الحزم الإلكترونية بعاملين مهمين هما: طاقة الحزمة وتيار الحزمة. تحدد طاقة الحزمة عمق الاختراق الذي يمكن أن تحققه الحزمة، بينما يتحكم تيار الحزمة في الإنتاجية التي يمكن الحصول عليها. تمتلك مسرعات الحزم الإلكترونية المستخدمة في المعالجة الإشعاعية طاقات إشعاعية في نطاق 0.1 ميغا إلكترون فولط إلى 10 ميغا إلكترون فولط. تم تعيين الحد الأعلى لطاقة الحزمة بـ 10 ميغا إلكترون فولط لتطبيقات الحزم الإلكترونية لتجنب أي تحريض للنشاط الإشعاعي

من خلال التفاعلات النووية الضوئية. تيار الحزمة العالي هو السمة المميزة الرئيسية التي تميز مسرعات الحزم الإلكترونية الصناعية عن المعدات المستخدمة لأغراض البحث. بينما تحتوي المسرعات الصناعية على تيارات حزم في نطاق عشرات الملي أمبير، فإن معدات البحث، مثل مسرعاتVan de Graaff و Pelletrons والعديد من linacs، تعمل في نطاق الميكرو أمبير. تكون التيارات العالية للحزمة مرغوبة في الصناعة لأن معدلات الإنتاج تتناسب مع تيار الحزمة.

لتطهير القطع الأثرية التراثية الثقافية، عادة ما تكون هناك حاجة إلى الحزم الإلكترونية عالية الطاقة لتحقيق التغلغل ضمن المنتج وعبوته. وعند تقييم إشعاع الحزم الإلكترونية لغرض التعقيم، يجب مراعاة كثافة المنتج وحجمه واتجاهه وعبوته. بشكل عام، يعتبر التشعيع بالحزم الإلكترونية هو الأنسب لتشعيع المنتجات منخفضة الكثافة والمعبأة بشكل موحد. ويجدر التأكيد على أن عملية التشعيع لا تستمر سوى بضع ثوان. غالباً ما تكون الحزم الإلكترونية كافية لتطهير أو تعقيم مقتنيات التراث الثقافي الصغيرة. فمثلاً، من المفيد استخدام تشعيع الحزم الإلكترونية لمعالجة الكتب والوثائق. ويوجد حالياً أكثر من 1400 وحدة عالية الطاقة للاستخدام التجاري.

ج- منشآت التشعيع بالأشعة السينية

ينتج عن تحويل الإلكترونات عالية الطاقة من مسرعات الحزم الإلكترونية إلى أشعة سينية انبعاث طيف كبير من الفوتونات يجمع بين خصائص الأشعة السينية للهدف وفوتونات الكبح مع طاقة قصوى تساوي طاقة الإلكترونات الساقطة على الهدف. على عكس مصادر النويدات المشعة، التي تنبعث منها فوتونات أحادية الطاقة تقريباً، فإن هذه العملية تخلق طيفاً واسعاً من الطاقة. يتم إنتاج طيف من الأشعة السينية عن طريق توزيع الحزم الإلكترونية الأولي على محوّل الأشعة السينية بالحجم الكافي. غالباً ما يتم تعيين حد طاقة أعلى قدره 5 ميغا إلكترون فولط لتطبيقات الأشعة السينية لتجنب أي تحريض للنشاط الإشعاعي في المنتج المعالج

خلال التفاعلات النووية الضوئية. في المستقبل، قد يصبح حد الطاقة الأعلى 7.5 ميغا إلكترون فولط مقبولاً، لأن خطر النشاط الإشعاعي المستحث لا يكاد يذكر. في ظل الظروف المثلى، يتم تحويل حوالي 7.6% فقط من إجمالي طاقة الحزم الإلكترونية إلى تيار موجه من الأشعة السينية مع طاقة إلكترونية تبلغ 5 ميغا إلكترون فولط. ويجب إزالة ما يصل إلى 76% من طاقة الحزم الإلكترونية بواسطة نظام تبريد، بينما يُفقد الجزء المتبقي عن طريق تشتت الإلكترون والتشتت الخلفي والإمتصاص في الغلاف.

ومع ذلك، بالنسبة لبعض تطبيقات المعالجة الإشعاعية، قد توفر الأشعة السينية فوائد اقتصادية وتشغيلية مقارنة بأشعة غاما (سهولة التحكم في الإشعاع، ووجود معدات كهربائية سهلة التشغيل يمكنها العمل وفقاً لمتطلبات الإنتاج).

تطهير الآثار الثقافية باستخدام الإشعاع

التشعيع هو نقل الطاقة من الإشعاع المؤين إلى المادة المشعّعة. بالإضافة إلى إستخدامها لتطهير القطع الأثرية التراثية، يتم استخدام الإشعاع المؤين (مثل الأشعة السينية وأشعة غاما) في الاختبار غير الإتلافي للأشياء مثل المصنوعات التراثية.

عندما تخضع المواد للعلاج الإشعاعي فإن الطاقة المنقولة تعدّل بنية المادة فقط على المستوى الجزيئي. وتعتمد تأثيرات التشعيع على الروابط الكيميائية الموجودة في المادة المشعّعة. في المعادن والمواد غير العضوية، حيث توجد روابط معدنية أو إلكتروستاتيكية، يكون التأثير الأساسي للإشعاع هو التسخين؛ وفي حالات معينة قد تحدث تغيرات في اللون. هذا التأثير مشابه لتسخين الطعام في فرن الميكروويف. أما في المواد العضوية، التي تتميز بالروابط التساهمية، فيؤدي التشعيع بشكل أساسي إلى تكسير الروابط الكيميائية. وكلما كان الجزيء أكثر تعقيداً، كلما زادت سهولة كسر الروابط. لذلك، على سبيل المثال، يمكن كسر الروابط الموجودة في الحمض النووي بسهولة أكبر من تلك الموجودة في السليلوز.

يؤدي التشعيع إلى إتلاف المواد العضوية الموجودة في كل من المصنوعات اليدوية وملوثاتها الحية، أما بالنسبة للقطع الأثرية القديمة و/أو المتدهورة فإن الضرر يعتمد على جرعة الإشعاع، وبالتالي يجب أن تقتصر الجرعة على 10 كيلوغراي كحد أقصى للقضاء على العفن. ويعتبر التطهير بالإشعاع لمواد التراث الثقافي طريقة مقبولة، لأن جرعات التطهير أقل من الجرعات التي تنتج آثاراً جانبية كبيرة.

جرعات التشعيع الموصى بها

هناك مستويان مختلفان من الجرعات التي يمكن التوصية بها للمعالجة الإشعاعية: أحدهما للحشرات والآخر للعفن. جرعة تطهير الحشرات أقل من جرعة العفن. يعتمد هذا على مدى تعقيد بنية الحمض النووي للأنواع، حيث يتحلل الحمض النووي المعقد بسهولة أكبر من الحمض النووي الأبسط.

1- الحشرات

يفضل أن تكون جرعة المعالجة الموصى بها في حالة هجوم الحشرات 0.5 كيلوغراي، مع إمكانية الوصول إلى 2 كيلوغراي. هذه الجرعة فعّالة أيضاً في القضاء على بيض الحشرات. وهناك بعض العناصر التي يجب وضعها في الاعتبار عند استخدام العلاج الإشعاعي لإزالة الحشرات:

- يمكن التوصية بالمعالجة بـ 2 كيلو غراي للأثاث الذي تم تخزينه في ظروف غير مناسبة لفترة زمنية قصيرة نسبياً، ويقع في مناطق جغرافية ذات مناخ معتدل.

- إذا كانت الظروف البيئية خارجة عن السيطرة، يمكن أن يحدث هجوم فطري في وقت واحد مع هجوم الحشرات. فتكون جرعة 2 كيلو غراي منخفضة جداً لتطهير جميع أنواع الفطريات؛ وقد تبقى بعض الفطريات بل وتشكل أساساً لانتشار الحشرات من جديد. بالتالي، لا يوصى باستخدام 2 كيلو غراي إذا تمت إعادة إدخال المصنوعات اليدوية بعد المعالجة في بيئة غير خاضعة للرقابة.

– هناك خطر جسيم يتمثل في أن المعالجة بجرعة 2 كيلو غراي قد تكون غير فعالة في الظروف المناخية الدافئة والرطبة، وذلك لأن نظام تغذية النمل الأبيض يعتمد على علاقة تكافلية مع بعض الكائنات الحية الدقيقة.

2- العفن والعلاج الشامل

يمكن اعتبار جرعة العلاج البالغة 10 كيلوغراي كحد أقصى جرعة مرجعية للتطهير الشامل للقطع الأثرية من مواد التراث الثقافي. عند هذا المستوى من الجرعة، يتم القضاء على الفطريات. وهناك بعض العناصر التي يجب وضعها في الاعتبار:

– يجب أن يُنظر إلى الجرعة المعطاة لمجموعة من المواد على أنها جرعة متوسطة. ويفضل عدم دمج المواد الأكثر كثافة في نفس الدفعة مع المواد خفيفة الكثافة. وبالتالي، إذا أمكن، يجب فرز المواد إلى مجموعات حسب الكثافة.

– يجب التعامل مع جرعة 10 كيلو غراي كحد أقصى. وبناءً على البحث يجب تحديد متوسط الجرعة بـ 8 ± 2 كيلو غراي. هذه الجرعة كافية للقضاء على معظم الفطريات، وسيكون لها آثار جانبية طفيفة على المواد المشععة.

– قد يقرر المعالج وموظفو مرفق التشعيع استخدام جرعة متوسطة أخرى أقل أو أعلى من الجرعات الموصى بها.

في حالة القطع الأثرية المعرضة للفيضانات، هناك بعض الاعتبارات الإضافية كما يلي:

– تتطور الكائنات الدقيقة، والفطريات على وجه الخصوص، في ظروف الرطوبة الزائدة. ويحدث هذا كثيراً في حالة القطع الأثرية التي تعرضت للفيضان، وبقيت بعد الفيضان في بيئة ذات محتوى رطوبة مرتفع. كما أن ظروف التخزين بين وقت الفيضان والمعالجة قد تشجع نمو العفن. لذلك، يجب أخذ جرعة 10 كيلوغراي في الاعتبار.

– يمكن أخذ جرعة أعلى من 10 كيلوغراي في الاعتبار في حالات خاصة.

الاعتبارات الواجب اتخاذها عند معالجة مواد معينة

– **بقايا العفن:** غالباً ما تنتج الفطريات والكائنات الدقيقة بقايا على المادة. ويمكن أن يكون لدى الأشخاص حساسية تجاه بعض هذه البقايا، وفي أسوأ الحالات يمكن أن تكون البقايا مسببة للسرطان. لذلك، يجب تنظيف أسطح المصنوعات اليدوية بعناية بعد التشعيع.

– **الخشب:** يُحسّن التشعيع، باستخدام جرعة تصل إلى 10 كيلوغراي، الخواص الميكانيكية للخشب بسبب الترابط المتقاطع للسليلوز. عند استخدام جرعة أعلى، قد تتغير الخواص الميكانيكية والكيميائية للخشب.

– **تعدد الألوان:** لا يتم تعديل لون الأصباغ غير العضوية عملياً بجرعة التشعيع الموصى بها. وبالنسبة للأصباغ العضوية، قد تتغير الألوان.

– **الورق:** يتسبب تطور الفطريات والكائنات الدقيقة في الكتب المحفوظة بمشاكل صحية خطيرة للأشخاص الذين يستخدمونها أو يعتنون بها. متوسط الجرعة للإشعاع الآمن للمشغولات الورقية هو 8 ± 2 كيلو غراي.

– **الجلود والفراء، والشعر، والريش أو الجلد في المصنوعات اليدوية المركّبة:** المصنوعات اليدوية المركبة هي المشغولات اليدوية التي تتكون من مواد مختلفة، مثل المومياءات. وبالنسبة لهذه المواد، يمكن اعتبار العلاج بجرعة قصوى تبلغ 10 كيلو غراي أمراً آمناً. في هذه الحالة، لا يلزم إجراء اختبارات إضافية.

– **المنسوجات والأقمشة:** يمكن استخدام الجرعة القصوى البالغة 10 كيلو غراي بأمان في المنسوجات، خاصةً عند وجود ألياف السليلوز في المنسوجات. يجب أن يكون 10 كيلو غراي هو الحد الأقصى للجرعة، ويمكن اعتبار الجرعة المتوسطة 8 ± 2 كيلو غراي .

– **مواد الربط، والصمغ والراتنجات في اللوحات الخشبية:** لا تؤثر جرعة 10 كيلو غراي عادة على هذه المجموعة من المواد. ومع ذلك، فمن الحكمة إجراء اختبارات لتحديد الآثار الجانبية قبل أي عملية علاج.

– **العنبر:** وهو مادة راتنجية طبيعية توجد في العديد من الألوان. في بعض الأحيان تتم خياطة خرز الكهرمان على الملابس أو إضافتها إلى المصنوعات اليدوية الأخرى. ونظراً لأن بعض أنواع الكهرمان قد تتحول إلى اللون البني من خلال التشعيع، فمن الأفضل إزالة حبات الكهرمان قبل تشعيع المصنوعات اليدوية.

– **المواد "البيضاء" (بما في ذلك العاج والقرن والعظام):** تضاف هذه المواد إلى المواد المركّبة، حيث تؤدي دوراً جمالياً. حتى أدنى تغيير في اللون يجب تجنبه. ونظراً لعدم وجود خبرة كافية في تشعيع هذه المجموعة من المواد، يوصى بإزالتها من المصنوعات اليدوية قبل إجراء أية معالجة بالإشعاع.

– **الزجاج والأحجار الكريمة الشفافة:** الزجاج والأحجار الكريمة الشفافة عبارة عن مواد غير عضوية ويجب عدم تعريضها للإشعاع لتطهيرها. ويتغير لونها عند التعرض للإشعاع. ومع ذلك، قد تتعرض هذه المواد للإشعاع بهدف تغيير لونها.

السلامة من الإشعاع

في إستخدام التقنيات النووية للأغراض السلمية، تتمثل الخطوة الأولى في تقييم ما إذا كانت التطبيقات التي تستخدم الإشعاع المؤين لها ما يبررها. إذا تقرر أن التطبيق له ما يبرره، فإن الخطوة التالية هي تحديد الوسائل والتدابير للتحكم في التعرض الناتج عن التشعيع من قبل منشأة مرخصة تم إنشاؤها بموافقة السلطة الرقابية. تغطي المتطلبات الرقابية التدابير الهندسية والإدارية للسلامة. ويجب توفير الحماية الإشعاعية اللازمة بما يتناسب مع درجة الخطر. المصدر المحتمل للمخاطر في مرفق التشعيع هو التعرض الخارجي بشكل أساسي بسبب إشعاع غاما. ويتم

تحديد المقدار المطلوب من الحماية عند تقييم السلامة الإشعاعية أثناء عملية الترخيص. لا تولّد عملية تشعيع غاما أي نشاط إشعاعي في المواد المشعة أو أي بقايا مشعة على سطحها. وتوفر سلسلة معايير الأمان الخاصة بالوكالة الدولية للطاقة الذرية رقم SSG-8 معلومات وإرشادات شاملة بشأن التصميم والتشغيل الآمن لمنشآت التشعيع. بالإضافة إلى ذلك، قد يتم تنفيذ لوائح أمان أخرى (محلية أو وطنية أو دولية) تغطي مناطق أخرى غير السلامة الإشعاعية في هذه المنشآت.

ترجمة: د. م. سعدو الظواهرة

هيئة الطاقة الذرية السورية

saldawahrah@aec.org.sy

References

(1) Ana. M. The Use of Gamma Radiation for the Treatment of Cultural Heritage in the Argentine National Atomic Energy Commission: Past, Present, and Future. Springer International Publishing Switzerland (2017).

(2 Ioan. V. M. Radiation processing for cultural heritage preservation – Romanian experience. NUKLEONIKA (2017); Volume 62; Edition (4) Pages: 253- 260

(3) Nagai M.L.E. , Santos P.S. , Vasquez P.A.S. Irradiation protocol for cultural heritage conservation treatment; Brazilian Journal of Radiation Sciences 09-01A (2021) 01-16.

المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء (المتوضعة في البحار): المفاعل الروسي KLT-40S مثالاً

Abstract

There are six water cooled small modular reactors (marine based) in the world, according to the IAEA publication, these are : the Russian KLT-40S reactor which is in operation stage, the Russian RITM-200M reactor which is under development stage, the Chinese ACPR50S reactor which is under conceptual design stage, the Russian ABV-6E reactor which is in the final design stage, the Russian VBER-300 reactor which is under licensing stage and the Russian SHELF reactor which is under the detailed design stage. This article focuses on the technological development and technical specifications of the Russian KLT-40S reactor, precisely as an example of the water cooled small modular reactors (marine based).

مقدمـــة

سيتم التركيز في هذه المقالة على الأفكار التي يمكن استخدامها لبناء مفاعلات نووية تُستخدم في البحار: سواء كانت محطة نووية ضخمة عائمة في البحر (Floating Nuclear Power Plant , FNPP) أو محطة نووية مغمورة بمياه البحر (غواصة نووية). يوجد في العالم ستة مفاعلات من المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء و المتُوضعة في البحار وفق منشورات الوكالة الدولية للطاقة

الذرية. تم استخدام بعض من هذه المفاعلات لتحريك السفن النووية والعمل ككاسحات للجليد. أما عن أسماء هذه المفاعلات فهي كالتالي: المفاعل KLT-40S الروسي قيد التشغيل الذي بدأ العمل الفعلي فيه في 2020، والمفاعل RITM-200M الروسي قيد التطوير، والمفاعل ACPR505 الصيني قيد التصميم النظري، والمفاعل ABR-6E الروسي قيد التصميم النهائي، والمفاعل VBER-300 الروسي قيد الترخيص، والمفاعل HELF الروسي قيد التصميم المفصل.

المفاعل الروسي KLT-40S

المفاعل الروسي KLT-40S هو مفاعل من نوع مفاعلات الماء المضغوط (PWR) تم تصميمه لتشغيل محطة طاقة نووية عائمة على مياه البحر (FNPP) لإنتاج طاقة كهربائية بقدرة 35 ميغاواط للوحدة الواحدة . وهو مفاعل من الجيل الثالث، حيث يستخدم لدفع وتسيير كاسحات الجليد النووية منذ فترة زمنية طويلة نسبياً تحت الظروف التشغيلية القاسية من الطقس، والتي لا توجد عادة في مفاعلات الطاقة النووية الثابتة. يتم تصميم المفاعل KLT-40S خارج السفينة عادة وينقل إلى السفينة حيث يركّب ويفحص ويشغّل. لا تحتاج كاسحة الجليد النووية إلى قاعدة أرضية ثابتة كما في المفاعلات النووية التي يتم بناؤها على اليابسة، بحيث تستطيع كاسحة الجليد أن ترسو في أية منطقة ساحلية. يبين الجدول (1) الصفات الفيزيائية للمفاعل الروسي KLT-40S. كما يبين الشكل (1) صورة توضيحية لأجزاء المفاعل KLT-40S. ويبين الشكل (2) صوره توضيحية للمحطة النووية العائمة على مياه البحر (FNPP) والتي يتم تشغيلها بالمفاعل النووي KLT-40.

تطبيقات المفاعل KLT-40S

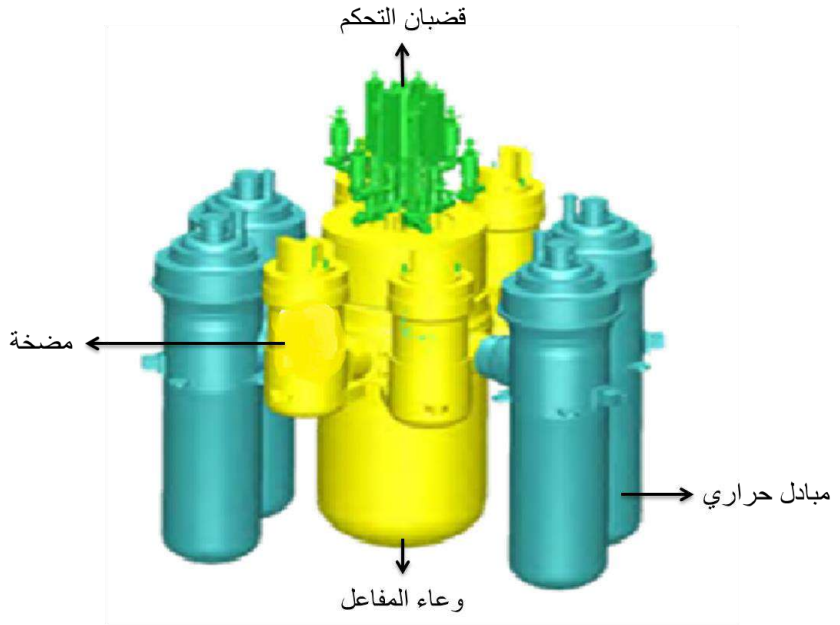
تستطيع محطة الطاقة النووية العائمة (التي تحتوي على المفاعل KLT-40S) توليد مياه التدفئة والطاقة الكهربائية معاً للقاطنين في المناطق البعيدة والمعزولة. كما

يمكن استخدام المحطة النووية العائمة من أجل إزالة ملوحة مياه البحر، بالإضافة إلى إنتاج الطاقة الكهربائية والتي تحتاجها منصات إنتاج النفط في البحار.

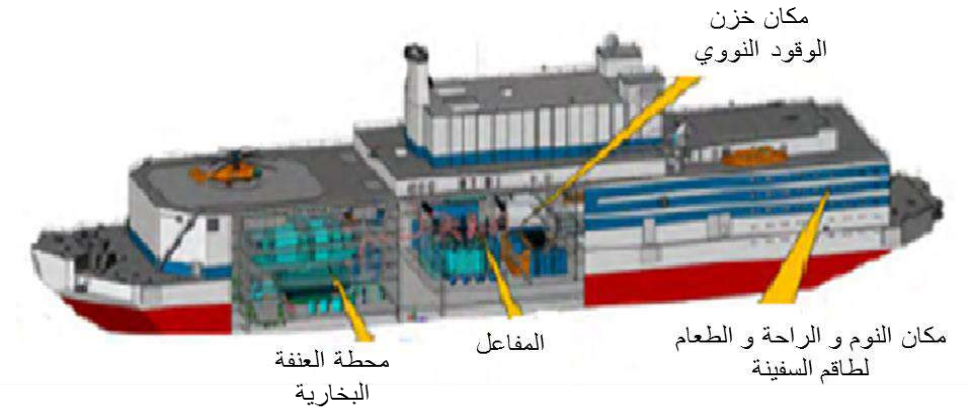
الجدول (1) الصفات الفيزيائية للمفاعل الروسي KLT-40S

المتحول (parameter)	القيمة (Value)
المطور التكنولوجي للمفاعل	JSC (Afrikantov OkBM)
البلد المصمم للمفاعل	شركة روسأتوم ، روسيا
نوع المفاعل	مفاعل ماء مضغوط
المبرد-المهدئ	الماء العادي
القدرة الحرارية	150 ميغا واط
القدرة الكهربائية	35 ميغا واط
التبريد في الدارة الأولية	تدوير قسري
الضغط في الدارة الأولية والثانوية	12.7 ميغا باسكال
درجة حرارة مدخل القلب	280 درجة مئوية
درجة حرارة مخرج القلب	316 درجة مئوية
نوع الوقود	حبيبات في UO_2
عدد مجموعات الوقود في القلب	121
درجة إغناء الوقود	%18.6
درجة الاحتراق للوقود المستبدل	45.4 غيغا واط /طن
زمن استبدال مجموعة الوقود	30-36 شهر
آلية التحكم بتفاعلية المفاعل	مجموعة من قضبان التحكم
أنظمة الأمان	فعالة (ذاتية العمل جزئياً)
العمر التصميمي للمفاعل	40 سنة

مساحة المفاعل	4320 م^2
ارتفاع وعاء المفاعل	4.8 متر
قطر وعاء المفاعل	2 متر
وزن وعاء المفاعل	غير متوفر
تصميم الزلزالية	تسع درجات على مقياس ميركالي المعدّل (MSK)
مميزات المفاعل	محطة عائمة على مياه البحر لإنتاج ماء للتدفئة وإنتاج الكهرباء
الحالة التصميمية للمفاعل	تم تشغيل المفاعل في مايو 2020.



الشكل (1) صوره توضيحية لأجزاء المفاعلKLT-40S



الشكل (2) صوره توضيحية للمحطة النووية العائمة على مياه البحر (FNPP) والتي يتم تشغيلها بالمفاعل النووي KLT-40S.

فلسفة الأمان في المفاعل:

المفاعل KLT-40S هو المفاعل المستخدم في المحطة النووية العائمة الروسية "AKademik Lomonosov". تستخدم هذه المحطة النووية لتزويد القاطنين في المناطق البعيدة (والذين لا تصلهم مصادر الطاقة المركزية) بالطاقة الكهربائية، وكمصدر للماء الساخن بسعر رخيص منافس لسعر الوقود الأحفوري المرتفع السعر نسبياً في تلك المناطق.

نظام التزود بالبخار النووي:

يسقط البخار المتولد في الدارة الثانوية للمفاعل على العنفات (Turbines) ويولّد بذلك الطاقة الكهربائية من المحطة النووية. لجعل المحطة النووية تقوم بعمل مزدوج من توليد الطاقة الكهربائية والماء الساخن، يمكن إضافة مبادل أو عدة مبادلات حرارية بين الدارة الأولية والدارة الثانوية للمفاعل.

قلب المفاعل:

من المميزات الإيجابية للمحطة النووية العائمة هو زمن التشغيل الطويل للمحطة النووية، حيث يمكن تبديل وقود المفاعل بعد 2.5 – 3 سنوات من بدء التشغيل. يتم تبديل الوقود بعد 14 يوماً من إغلاق المفاعل بعد أن يصل مستوى الحرارة المتولّدة عن تفكك نواتج الانشطار في المفاعل إلى مستوى منخفض نسبياً. يتم خزن الوقود المحترق في مكان خاص في السفينة، ثم يرحل لاحقاً إلى روسيا للمعالجة. يتم استبدال قلب المفاعل دفعة واحدة للحصول على زمن أطول بين فترتي تبديل الوقود، حيث يتم استبدال كافة مجموعات الوقود دفعة واحدة في نفس الوقت .

التحكم بتفاعلية المفاعل:

تتحرك قضبان التحكم بالمفاعل بمحركات كهربائية، حيث يمكن إدخال قضبان التحكم وتلك التي تستخدم عند الطوارئ في قلب المفاعل عند ارتفاع مستوى الطاقة التشغيلية للمفاعل. تبلغ سرعة قضبان الأمان التي تتحرك بمحرك كهربائي في حالة الطوارئ 2 ملم/ثانية. كما يبلغ متوسط سرعة قضبان الأمان التي تتحرك بفعل الجاذبية الأرضية 30 – 130 ملم/ثانية.

نظام التبريد في المفاعل:

يتألف المفاعل KLT-40S من قلب المفاعل ومولّدات البخار ومضخات لتدوير المياه. كما يحتوي المفاعل على أربع دارات لتبريد القلب قسرياً ودارة لتبريد القلب بالحمل الطبيعي. كما يحتوي على دارة تبريد أولية مضغوطة ومضخات ذات محرك مضاد لتسّرب المياه ومجموعة من الصمامات محكمة الإغلاق. ويحتوي القلب أيضاً على مولّدة للبخار ومجموعة من أنظمة الأمان ذاتية العمل (Passive safety systems). كما يحتوي قلب المفاعل على ضاغط خارجي ومجمّعات (Accumulators). يبرّد قلب المفاعل بتدفق المبرّد من أسفل قلب المفاعل إلى أعلى قلب المفاعل، كما هو مألوف في مفاعلات الماء المضغوط.

مميزات الأمان:

تم تصميم المفاعل KLT-40S بالإعتماد على مفاهيم الأمان المثبتة علمياً، مثل البنية المتراصة لمجموعة مولّدات البخار باستخدام أنابيب صغيرة القطر لوصل المكونات الرئيسية للمجموعة، وإستخدام أنابيب في الدارة الأولية بأقطار أصغر من المألوف في المفاعلات العادية، وإستخدام مجمّعات لإغلاق المفاعل عند الحوادث تعمل بمبادئ تشغيل مختلفة ومتنوعة، وإستخدام أنظمة لترحيل الحرارة موصولة بدارات التبريد الأولية والثانوية. كما يحتوي المفاعل على حواجز إضافية حول قلب المفاعل لمنع تسّرب المواد المشعة من محطة الطاقة النووية العائمة لدى تعرض المحطة لحوادث نووية قاسية. بالإضافة إلى ذلك، يحتوي المفاعل على مجموعات من أنظمة الأمان المنفصلة والمستقلة. تعمل أنظمة الأمان على إغلاق المفاعل عند الحوادث، وترحيل الحرارة من الدارة الأولية، وتبريد قلب المفاعل، وإحتواء نواتج الانشطار وعدم تحريرها إلى الوسط الخارجي. كما يحتوي المفاعل على أنظمة أمان لمنع الحوادث والتقليل من آثارها إن وقعت، ويحتوي أيضاً على مجموعة من الحواجز الفيزيائية لحماية العاملين على السفينة والسكان والبيئة المحيطة بها.

يحتوي المفاعل KLT-40S على مجموعة من أنظمة الأمان غير متوفرة في المفاعلات التي تستخدم على اليابسة، والتي تضمن أمان المياه المحيطة بالمحطة النووية العائمة. ويحتوي أيضاً على مجموعة من الأنظمة لمنع غمر المحطة بالماء وأجهزة لمنع اصطدام المحطة بالسفن الأخرى. تضمن خزانات الماء ذاتية العمل والمبادلات الحرارية في المفاعل تبريد المفاعل بصورة كاملة لمدة 24 ساعة متواصلة. ويتم التحكم بمستوى القدرة في المفاعل بإستخدام 6 مجموعات من قضبان التحكم.

نظام التخلص من حرارة التفكك:

يعمل نظام التخلص من حرارة التفكك، الناتجة عن تفكك نواتج الانشطار، على ترحيل الحرارة المتبقية بعد تفعيل نظام الطوارئ في المفاعل في حالة الحوادث،

بالإضافة إلى ترحيل الحرارة في حالة انتهاء خدمة وعمل وعاء المفاعل. يضم نظام التخلص من حرارة التفكك قناتي تبريد تعملان ذاتياً عن طريق مولّدات البخار.

نظام تبريد قلب المفاعل عند الحوادث:

يعمل نظام تبريد قلب المفاعل عند الحوادث على تزويد قلب المفاعل بالماء في حالة الحوادث المتعلقة بفقدان المبرّد في الدارة الأولية، وتزويد قلب المفاعل بالماء في حالة حدوث عطل في نظام إغلاق المفاعل بقضبان التحكم، وفي حالة فحص الدارة الأولية وفحص الأنظمة المتعلقة بها. كما يستخدم أيضاً في حالة حدوث تسرب في الدارة الأولية للمفاعل. يشتمل نظام التبريد في حالة الطوارئ على خزانات مياه عالية الضغط، ونظام منخفض الضغط يحتوي على مضخات لتدوير المياه في قلب المفاعل.

حاوية المفاعل:

صممت حاوية المفاعل KLT-40S بحيث تناسب المحطة النووية العائمة على مياه البحر، حيث تتألف من قشرة من الحديد غير القابل للصدأ الذي يتحمل الضغط المعتدل. تتوضع أنظمة المفاعل داخل غرفة المفاعل التي تحتوي في أسفلها على خزان من الحديد غير القابل للصدأ أيضاً. يتم غمر هذا الخزان بالماء للتخلص من الحرارة الناتجة عن تفكك نواتج الانشطار، ويعمل كذلك كدرع للوقاية من الإشعاع. يكون الجزء العلوي من غرفة المفاعل مضغوطاً بعد سد الجزء العلوي بسدادة مصنوعة من الحديد غير القابل للصدأ والإسمنت المسلّح. عند فتح السدادة من الأعلى، تصبح إمكانية صيانة المفاعل وعملية استبدال قضبان الوقود عملية ممكنة.

أداء أمان المحطة:

يستطيع المفاعل KLT-40S توفير الكهرباء والماء الساخن بين 10% و100% من قدرة المفاعل ولمدة 26000 ساعة. كما تزود المحطة بمجموعة من أنظمة الحماية الفيزيائية. تعمل المحطة العائمة على البحر عادة في المنطقة القطبية الباردة

وتتحمل الظروف الجوية قاسية البرودة. كما يستطيع مبنى المحطة النووية العائمة تحمّل التصادم مع طائرة بوزن 10 طن. وتستطيع أنظمة التدريع في المحطة ضمان حدود تحرير المواد المشعة للوسط الخارجي بحدود أقل من الحدود المسموحة عالمياً تحت كافة الظروف التشغيلية للمحطة.

أنظمة التزود بالطاقة الكهربائية:

يتألف نظام التزود بالكهرباء في محطة الطاقة النووية العائمة على مياه البحر من نظامين: نظام التزود بالكهرباء الرئيسي ونظام التزود بالكهرباء عند الطوارئ. يهدف النظام الرئيسي إلى توليد الكهرباء ونقلها لنظام الطاقة الكهربائية في المنطقة المجاورة للمحطة، بالإضافة إلى تزويد الطاقم التشغيلي على ظهر المحطة. يضم نظام التزوّد بالطاقة الكهربائية مولّدين للتيار المتناوب (AC) بقدرة 35 ميغاواط لكل مولّد، ويضم أيضاً 8 مولدات ديزل للإستخدام عند الطوارئ بقدرة 992 كيلوواط لكل مولّد.

مخطط المحطة:

تعتبر الأبنية في المنطقة الساحلية المجاورة لمحطة الطاقة النووية العائمة معقدة هندسياً، حيث تحتوي على التجهيزات الضخمة لنقل القدرة الكهربائية إلى الشبكة وتجهيزات لنقل مياه التدفئة إلى القاطنين بجوار المحطة. وتضم أيضاً عدداً من الأبنية المساعدة مثل: خزانات تحتوي على الماء الساخن ومستودعات وبرجي تبريد وأبراج مانعة لصواعق البرق.

مبنى المفاعل:

يتألف مبنى المحطة النووية العائمة من عدة طوابق. يحتوي القسم المتوسط من المحطة على المفاعل ومجموعة التزود بالوقود. تتوضع العنفة مع المولد (turbo-generator) في مقدمة المحطة، وتتوضع غرف الإقامة والنوم والطعام في مؤخرة المحطة. كما تحتوي المحطة على حاوية للمفاعل متحملة للضغط الذي يمكن

أن يتشكل عند الحوادث. وتوجد على المحطة خزانات لخزن الوقود النووي ومعدات لتحميل الوقود في قلب المفاعل.

مبنى التحكم بالمفاعل:

يتم تشغيل المفاعل من لوحة تشغيل المفاعل المتوضعة في غرفة التحكم المركزية. إذا تعذر التحكم بالمفاعل من قبل لوحة تشغيل المفاعل في غرفة التحكم المركزية، فعندها يتم تفعيل أنظمة الأمان للمفاعل لجعل المفاعل تحت الحرج (Subcritical) وتفعيل لوحات التحكم لتبريد المفاعل عند الطوارئ التي تقع خارج غرفة التحكم المركزية.

مبنى العنفة والمولد:

تعمل محطة العنفة البخارية (Steam turbine plant, STP) على تحويل الطاقة الحرارية للبخار المتولّد من المفاعل KLT-40S إلى طاقة كهربائية، أو إلى ماء يستخدم للتدفئة في الدارة المتوسطية في نظام التدفئة المزدوج. تحتوي المحطة على عنفتي بخار مستقلتين عن بعضهما البعض. يتم تزويد المنطقة الساحلية المجاورة للمحطة بماء التدفئة باستخدام دارة مياه حارة متوسطية، والتي تُدوّر الماء بين المحطة والساحل باستخدام البخار القادم من العنفة.

التطور التاريخي للمحطة:

تم تأسيس المشروع الأول لبناء محطة نووية عائمة على مياه البحر في روسيا عام 1998. تمت الموافقة على دراسة تأثير المحطة على البيئة من قبل وزارة المصادر الطبيعية الروسية في عام 2002. بعد سنوات من التوقف، عادت الحياة للمشروع من قبل وزارة الطاقة النووية الروسية عام 2006. تم اختيار مدينة Pevek كمكان لبناء محطة الطاقة النووية العائمة الأولى في روسيا عام 2012. تم بناء وفحص محطة الطاقة النووية العائمة على مياه البحر في موقع بناء السفن في مدينة Baltic عام 2017. تم الحصول على الحرجية (Criticality) الأولى للمفاعل عام

2018. تم نقل السفينة إلى مدينة Pevek في صيف 2019. تم وصل السفينة بالشبكة الكهربائية للمدينة في ديسمبر 2019. وأخيراً تم بدء التشغيل الكامل للمحطة في مدينة Pevek في 22 مايو عام 2020.

أ. د. قاسم خطاب
قسم الهندسة النووية
هيئة الطاقة الذرية السورية
kkhattab@aec.org.sy

References

(1) IAEA, advances in small modular reactor technology developments, Vienna, 2020.

(2) IAEA, instrumentation and control systems for advanced small modular reactors, Vienna, 2017.

(3) IAEA, TECDOC-1485, Status of innovative small and medium sized reactors designs, 2005.

(4) IAEA TECDOC-1785 , design safety considerations for water cooled small modular reactors incorporating lessons learned from the Fukushima Daiichi accident, Vienna, 2016.

(5) IAEA TECDOC-1915, considerations for environmental impact assessment for small modular reactors, Vienna, 2020.

أخبار عربية وعالمية

مؤسسة الإمارات للطاقة النووية تسلط الضوء على الدور المحوري لمحطات براكة في تحقيق الحياد المناخي خلال القمة العالمية لطاقة المستقبل*

تعد محطات براكة، أكبر مصدر للكهرباء في المنطقة، أكبر مساهم في الجهود المبذولة لمواجهة التغير المناخي. وتدعم أمن الطاقة والنمو الاقتصادي المستدام من خلال إنتاج الكهرباء الخالية من الانبعاثات الكربونية.

سلطت مؤسسة الإمارات للطاقة النووية الضوء على الدور المحوري للطاقة النووية كحل عالمي لظاهرة التغير المناخي وذلك خلال القمة العالمية لطاقة المستقبل، التي عقدت في أبو ظبي في الفترة 16– 2023/1/18. وقد تصدرت القمة العالمية لطاقة المستقبل فعاليات النسخة الـ 15 من أسبوع أبو ظبي للاستدامة، وهو الحدث الريادي السنوي في قطاع الطاقة والاستدامة، والذي يجمع تحت مظلته القيادات المحلية والدولية وخبراء هذا القطاع ومواقع صنع القرار لاتخاذ إجراءات فعالة وشاملة.

خلال القمة، أطلعت مؤسسة الإمارات للطاقة النووية الحضور على التقدم المستمر في تطوير محطات براكة للطاقة النووية السلمية، التي تعتبر مشروع البنية التحتية الاستراتيجي للطاقة، الذي يقود الجهود المبذولة على مستوى دولة الإمارات نحو تحقيق الحياد المناخي بحلول عام 2050 من خلال الحد من ملايين الأطنان من الانبعاثات الكربونية سنوياً، وخاصة أن محطات براكة تُعدّ اليوم أكبر مصدر للكهرباء الصديقة للبيئة في المنطقة. وعززت مؤسسة الإمارات للطاقة النووية التزامها بالتعاون الدولي بشكل أكبر بتوقيع مذكرة تفاهم جديدة خلال زيارة رئيس كوريا الجنوبية إلى دولة الإمارات العربية المتحدة وبحضور صاحب السمو الشيخ محمد بن زايد آل نهيان رئيس الدولة. حيث تم التوقيع على مذكرة تفاهم مع كل من الشركة الكورية للطاقة الكهربائية (كيبكو) الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية لتأسيس مجموعات

* موقع مؤسسة الإمارات للطاقة النووية، بتاريخ 2023/1/19.

عمل استراتيجية لبرنامج تسريع الحياد الكربوني. وفي اتفاقية ثنائية أوسع، أعلنت دولة الإمارات عن خطط لاستثمار 30 مليار دولار في القطاعات الصناعية في كوريا الجنوبية في إطار سعي الدولتين إلى توسيع التعاون الاقتصادي.

تستعد دولة الإمارات العربية المتحدة لاستضافة مؤتمر الأمم المتحدة للمناخ (COP 28) في نوفمبر 2023 في دبي لتسريع جهود مواجهة التغير المناخي. ومع اقتراب المؤتمر الدولي المرتقب، تتزايد الاستثمارات في الطاقة النووية والتي تأتي في إطار اتفاقيات التعاون الدولي. وأعلنت المملكة المتحدة مؤخراً عن توقعها تلقي نحو 10 مليارات جنيه إسترليني من الاستثمارات الإماراتية في مختلف القطاعات، بما فيها الطاقة النووية، بينما اتفقت دولة الإمارات والولايات المتحدة أواخر العام الماضي على تخصيص 100 مليار دولار لمشاريع الطاقة الصديقة للبيئة بهدف إضافة 100 غيغاواط على مستوى العالم بحلول عام 2035.

وفي الآونة الأخيرة، أعلنت مؤسسة الإمارات للطاقة النووية ربط المحطة الثالثة من محطات براكة الأربع بشبكة الكهرباء في دولة الإمارات، بعد عام واحد فقط من ربط المحطة الثانية، مما يدل على التقدم الكبير في مسيرة تطوير محطات براكة التي تعد أول مشروع للطاقة النووية متعدد المحطات في مرحلة التشغيل في العالم العربي، حيث تجري الاستعدادات لدخول المحطة الثالثة مرحلة التشغيل التجاري خلال الأشهر القليلة المقبلة، في حين قاربت الأعمال الإنشائية للمحطة الرابعة على الانتهاء. علماً بأن محطات براكة هي مجرد البداية، حيث تمثل 20% فقط من البرنامج النووي السلمي الإماراتي، وتمهد الطريق لتطوير أنواع جديدة من الوقود الخالي من الانبعاثات الكربونية.

ومع توفيرها الكهرباء الصديقة للبيئة على مدار الساعة، تركز مؤسسة الإمارات للطاقة النووية الآن على واجتذاب الاستثمارات الاستراتيجية في مجال الطاقة النووية محلياً وعالمياً، لدعم التنمية بدولة الإمارات. وتعتبر محطات براكة واحدة من أكبر محطات الطاقة النووية في العالم، حيث تضم 4 مفاعلات من طراز APR-1400، وبمجرد تشغيلها بالكامل ستنتج محطات براكة ما يكفي لإنارة 570 ألف منزل بالإضافة إلى دعم استراتيجية الدولة لتصبح من الدول المصدرة للغاز الطبيعي المسال بحلول عام 2030.

الفيزياء النووية في خطة السبع سنوات لمعهد JINR*

عقد يوم 2023/1/26 الإجتماع العادي (56) للجنة الاستشارية لبرنامج الفيزياء النووية في المعهد المشترك للبحوث النووية (JINR) الذي ترتبط معه الهيئة العربية للطاقة الذرية بمذكرة تفاهم منذ ديسمبر 2016.

ناقش المشاركون في الاجتماع خطط المعهد في مجال البحوث النووية المشمولة ضمن خطط JINR الجديدة للسنوات السبع 2024–2030. وقد ركز جدول أعمال الاجتماع على خطط تنفيذ أبحاث المعهد في الفيزياء النووية والأفكار الرئيسية التي تم تناولها، والتي تهدف إلى تقديم برنامج بحثي موثوق ومطلوب ومنفتح عالمياً ليعزز الاعتراف الدولي الذي يتمتع به المعهد.

قدم مدير مختبر التفاعلات النووية بالمعهد تقريراً عن الأبحاث الحالية وأحدث ما وصلت إليه البنية التحتية العلمية، فضلاً عن خطط المختبر للأعوام السبعة والتي تتجه إلى إجراء تجارب على دراسة خصائص العناصر الجديدة فائقة الثقل في مصنع العناصر الثقيلة. سيواصل العلماء دراسة الخصائص والتحليل الطيفي للعناصر الثقيلة وآليات التفاعلات النووية ودراسة أنماط تفكك النوى الضوئية. لتنفيذ هذا البرنامج العلمي، سيقوم مختبر التفاعلات النووية بإنشاء مرافق جديدة وتحديث المرافق الموجودة. يبحث المختبر أيضاً إمكانية إنشاء مختبر كيميائي إشعاعي من الدرجة الأولى.

كما سيقوم المتخصصون في مختبر الفيزياء النووية النترونية لفترة السبع سنوات الجديدة بزيادة وقت التشغيل حتى 3000 ساعة في السنة. وستكون المهمة الرئيسية لفريق المختبر هي إنشاء مصدر نتروني جديد NEPTUN.

قدم في الإجتماع تقرير بعنوان " بحث في فيزياء النيوترينو غير المسّرع والفيزياء الفلكية ومقترحات لخطة السنوات السبع لتطوير JINR خلال الأعوام 2024–2030".

كما تحدث نائب المدير للعلوم عن دراسة نظرية الأنظمة النووية والاقتراحات الخاصة بخطة السنوات السبع. وقدم اقتراح بتوسيع موضوع "نظرية الأنظمة النووية".

---

* مترجم بتصرف من "JINR Newsletter"، بتاريخ 2023/1/26.

عرض في الإجتماع تقرير عن قرارات الدورة 132 للمجلس العلمي للمعهد (سبتمبر 2022) وقرارات لجنة المفوضين (نوفمبر 2022) التي عقدت بمدينة الغردقة – جمهورية مصر العربية وشارك فيها عن بعد المدير العام للهيئة العربية للطاقة الذرية.

إعداد وترجمة: م. نهلة نصر

أخبار الهيئة

الاجتماعات العلمية

1 ـ الاجتماع الرابع عشر لشبكة الهيئات الرقابية العربية (النور) الحمامات- الجمهورية التونسية: (6 – 2023/2/8)

يعتبر هذا الاجتماع متابعة للاجتماعات السابقة للمسؤولين عن الرقابة النووية والإشعاعية في الدول العربية، بهدف التطرق إلى القضايا المهمة والاحتياجات الملحّة في مجال الرقابة الإشعاعية والنووية. وقد حضر فعاليات الاجتماع حضورياً وعن بُعد ممثلو الهيئات الرقابية في 12 دولة عربية وممثلون عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية وهيئة الرقابة النووية الأمريكية ووزارة الطاقة الأمريكية.

افتتح الإجتماع د. ضو مصباح ممثل الهيئة العربية، مؤكداً على دور الشبكة العربية كشبكة فاعلة تساعد الدول العربية الأعضاء على تعزيز الأمن والأمان النوويين. وسلط الضوء على رؤية شبكة النور لتكون منتدى مؤثراً وفعّالاً ومعترفاً به دولياً يسهم في تبادل الخبرات والمعرفة وأفضل الممارسات الرقابية بين الهيئات الرقابية النووية في الدول العربية. كما أشار إلى أن الاجتماع الرابع عشر لشبكة النور سيناقش جملة من القضايا المهمة في مجال تطوير الشبكة العربية لرصد الإشعاع البيئي والإنذار المبكر، والخطة الاستراتيجية لشبكة النور للسنوات الخمس القادمة.

تضمنت فعاليات اليوم الأول تقديم العروض التقديمية التالية:

1. لمحة عامة عن شبكة النور (ANNuR) وإنجازاتها.
2. دعم الوكالة الدولية للطاقة الذرية الفني للشبكة العربية للهيئات الرقابية النووية.
3. التعاون الفني بين هيئة الرقابة النووية الأمريكية (NRC) مع شبكة النور.
4. نظرة عامة على برنامج الشراكة الدولية في مجال الضمانات النووية (INSEP) التابع لوزارة الطاقة الأمريكية / وكالة الأمن النووي الأمريكية.

5. عرض تقديمي افتراضي (عن بُعد) حول الوضع الحالي لبرنامج معايير الأمان التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية.
6. برنامج تدريب ضباط الوقاية الإشعاعية (RPO)، هيئة الرقابة النووية الأمريكية.
7. البرنامج العربي لتدريب ضباط الوقاية الإشعاعية، هيئة الرقابة النووية والإشعاعية المصرية (ENRRA).
8. المشروع الخاص بإنشاء شبكة عربية لرصد الإشعاع البيئي والإنذار المبكر، الجهاز الوطني السوداني للرقابة النووية والإشعاعية (SNRRA).

وتركزت فعاليات جلسات اليوم الثاني على استعراض تحديث المعلومات الخاصة بالبنى التحتية التشريعية والرقابية للدول العربية الأعضاء في شبكة النور، والخطة الاستراتيجية للشبكة للسنوات الخمس القادمة. وتهدف هذه الخطة إلى تشجيع وتحسين وتعزيز وتنسيق الأطر الرقابية بين الدول الأعضاء في الشبكة في مجالات الوقاية من الإشعاع والأمان والأمن النوويين؛ كما تهدف إلى توفير آليات عمل لشبكة النور لتبادل الخبرات والممارسات الرقابية الجيدة بين الهيئات الرقابية في الدول العربية.

وعلى هامش الإجتماع، عقد ممثلو الهيئات الرقابية العربية في شبكة النور اجتماعاً مشتركاً قصيراً لمناقشة وتحديد احتياجات الدول العربية وخطط العمل المستقبلية المتعلقة ببرنامج التدريب العربي الموحد لضباط الوقاية الإشعاعية. بدأ الاجتماع الدكتور شريف بكر، قائد مجموعة العمل المتخصصة الثانية، من خلال تحديد نطاق الاجتماع والأهداف الرئيسية لبرنامج تدريب ضباط الوقاية الإشعاعية في الدول العربية، مشيراً إلى أن هذه الأهداف يجب أن تكون دقيقة ومحددة وواقعية وقابلة للتحقيق ويمكن قياسها وفقاً للأدوار والمسؤوليات الوطنية للهيئات الرقابية. واقترح الدكتور بكر إمكانية عقد اجتماع افتراضي (عن بُعد)، ويجب على كل دولة عضو تقديم المتطلبات الوطنية لتدريب وتأهيل ضباط الوقاية الإشعاعية من أجل تحديد نقاط الاختلاف ووضع خطة عمل لتحقيق الهدف النهائي المتمثل في توحيد متطلبات ترخيص ضباط الوقاية الإشعاعية وإعداد برنامج تدريبي موحد لضباط الوقاية الإشعاعية يمكن اعتماده في جميع الدول العربية.

تضمنت فعاليات اليوم الثالث من الاجتماع، قيام قادة مجموعات العمل المتخصصة في الشبكة بتقديم عروض موجزة لكل فريق عمل، بما في ذلك إستعراض الشروط المرجعية والأهداف العامة والمخصصة وخطط العمل والأنشطة المقترح تنفيذها في العامين المقبلين. وفي ختام جلسات الاجتماع قدم الدكتور صباح الحسيني رئيس الشبكة ملخصاً عن فعاليات الاجتماع، مؤكداً على أن الدول العربية لا تزال بحاجة إلى المزيد من المساعدة من أجل تعزيز الأمان والأمن النوويين على كافة المستويات.

2 ـ الإجتماع التاسع عشر للجنة التسييرية للشبكة العالمية للأمان والأمن النوويين:
(فيينا : 22-2023/2/23)

بناءً على التنسيق بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والوكالة الدولية للطاقة وبدعوة من السيد رئيس قطاع تنسيق الأمان والأمن في قسم الأمان والأمن النوويين بالوكالة الدولية للطاقة الذرية، قام أ. د. ضو مصباح الخبير المكلف بقسم الأمان والأمن النوويين بالهيئة العربية للطاقة الذرية بحضور الإجتماع التاسع عشر للجنة التسييرية للشبكة العالمية للأمان والأمن النوويين(GNSSN) والذي عقد في فيينا خلال الفترة 22-2023/2/23.

الهدف من هذا الاجتماع هو مناقشة التطور الحاصل في شبكات الأمان النووي الإقليمية والعالمية ومراجعة خطة العمل للشبكة العالمية للعام 2023. افتتح الإجتماع كل من السيد رئيس قطاع تنسيق الأمان والأمن النوويين. في الوكالة والسيد الرئيس الحالي للشبكة العالمية للأمان والأمن النوويين وقد ناقش الإجتماع المواضيع الآتية:

- مخرجات الإجتماعات السابقة.
- الخطة الإستراتيجية للشبكة العالمية للأمان والأمن النوويين.
- برامج الأمان والأمن النوويين: الأولويات والأنشطة.
- ترجمة وثائق الأمان والأمن النوويين حسب إحتياج الشبكات الإقليمية.
- المنصة الإلكترونية للشبكة العالمية للأمان والأمن النوويين.

- التطور في الشبكات الإقليمية: العربية (ANNuR)، الآسيوية (ANSN)، الأفريقية (FNRBA)، أمريكا اللاتينية (FORO)، أوروبا (EuCAS). وخطط عملها وتنفيذ أنشطة مشتركة بينها.
- بناء القدرات وإدارة التجارب الرقابية.
- مشروع تطوير البنية التحتية للأمان النووي: الطريق إلى الأمام.
- التطور في الشبكات المختصة.

قدم أ. د. مصباح عرضاً يبين الوضع الحالي لشبكة "النور" وإحتياجات الدول العربية الأعضاء في الشبكة. وقد خرج الإجتماع بالعديد من الملاحظات منها:

- أبدت اللجنة التسييرية للشبكة العالمية رضاها عن مراجعة منهجية بناء القدرات ووثائقها.
- أبدت اللجنة التسييرية للشبكة العالمية ترحيبها بالخطة الإستراتيجية للشبكة وناقشتها بإستفاضة وأجرت التعديلات الضرورية عليها.
- تم تقييم شامل لبرامج وأنشطة الشبكة العالمية وأثرها على الأمان والأمن على المستويين الوطني والإقليمي والعالمي.
- تمت مراجعة الشروط المرجعية للشبكة العالمية ولجنتها التسييرية وتحديث خططها بناءً على الدروس المستفادة والتحديات والأهداف المستقبلية التي يراد تحقيقها.
- تنفيذ أنشطة مشتركة بين الشبكات الإقليمية والشبكات المتخصصة والمساعدة في ترجمة الوثائق ذات العلاقة إلى لغة الدول الأعضاء في الشبكات الإقليمية.

البرامج التدريبية

1 ـ ورشة عمل عربية حول تنسيق تنفيذ الخطط المتكاملة لدعم الأمن النووي (الحمامات-الجمهورية التونسية: 1/31 – 2023/2/3)

نظمت الهيئة / الشبكة العربية للهيئات الرقابية بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية ورشة عمل عربية من أجل تنسيق تنفيذ الخطط المتكاملة لدعم الأمن النووي في مدينة الحمامات –الجمهورية التونسية خلال الفترة: 1/31 – 2023/2/3. كان الهدف منها تسهيل تبادل أفضل الممارسات والتحديات والفرص المتعلقة بتنفيذ أنشطة الأمن النووي في إطار الخطة المتكاملة لدعم الأمن النووي (INSSP) للدول الأعضاء في الشبكة العربية للهيئات الرقابية "النور". ناقشت الورشة المواضيع التالية: نظرة عامة على نظام الأمن النووي – المهام الرقابية للأمن النووي – الحماية المادية – الربط بين الأمان والأمن النوويين – البنية التحتية للأمن النووي لبرامج القدرة النووية – آلية التنسيق بين الوكالة والمانحين للمساعدة في إطار الخطة المتكاملة للدعم – استدامة النظام الوطني للأمن النووي من خلال التدريب والتعليم. وكذلك تمت مناقشة مشروع "تعزيز الأنظمة الوطنية للأمن النووي في الدول العربية".

وقد احتوت الورشة على مجموعة من المحاضرات والعروض التقديمية الوطنية لتبادل الخبرات المتعلقة بتنفيذ الخطط المتكاملة لدعم الأمن النووي كما تضمنت العديد من المناقشات لتعزيز التفاعل بين المشاركين وتحديد الاحتياجات المشتركة واستكشاف خطط العمل المحتملة لتلبية تلك الاحتياجات. وشارك فيها 28 مشاركًا من 13 دولة عربية هي: الأردن، البحرين، تونس، السودان، سوريا، العراق، الكويت، لبنان، ليبيا، مصر، اليمن، جزر القمر، عُمان، بالإضافة إلى 7 خبراء عرب وأجانب. ولقد تم تقديم الورشة باللغة الإنجليزية وتم توفير ترجمة فورية للغة العربية.

افتتح ممثل الهيئة أ. د. ضو مصباح ورشة العمل التي تضمنت الجلسات التالية:

- الجلسة الأولى: مقدمة في الأمن النووي.

- الجلسة الثانية: برنامج الأمن النووي التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية INSSP كأداة لبناء نظام وطني مستدام للأمن النووي.
- الجلسة الثالثة: المجال الوظيفي 1: الإطار التشريعي والرقابي للأمن النووي.
- الجلسة الرابعة: المجال الوظيفي 2: التهديد وتقييم المخاطر.
- الجلسة الخامسة: المجال الوظيفي 3: نظام الحماية المادية.
- الجلسة السادسة: المجال الوظيفي 4: الكشف عن المواد النووية وغيرها من المواد المشعة خارج نطاق السيطرة الرقابية MORC.
- الجلسة السابعة: المجال الوظيفي 5: الإستجابة للأعمال الإجرامية أو المتعمدة غير المصرح بها بما في ذلك المواد خارج السيطرة الرقابية.
- الجلسة الثامنة: المجال الوظيفي رقم 6: استدامة نظام الأمن النووي للدولة.
- الجلسة التاسعة: التطلع إلى الأمام للأمن النووي في المنطقة.

التوصيات:

- الطلب من الهيئة والوكالة الدولية والشركاء الدوليين دعم المنتديات الإقليمية في مجال الأمن النووي والدول العربية لتعزيز البنية التحتية للأمن النووي.
- الطلب من الهيئة مواصلة دورها كنقطة محورية لتعزيز التعاون الإقليمي والتنسيق للأمن النووي بين الدول العربية واقتراح مشاريع للتعاون.
- عقد ندوات توعية بموضوع الأمن النووي لكبار المسؤولين وصناع القرار.
- الدعوة إلى مشاركة أنظمة الأمن النووي غير المصنفة والقوانين النووية خاصة المتوفرة باللغة العربية بين الدول العربية.
- إجراء برامج تدريبية إقليمية في مجال الأمن النووي: بناءً على الاحتياجات المشتركة للمنطقة والاستفادة الكاملة من البنية التحتية والموارد المتاحة.
- إجراء تدريب قائم على السيناريو بشأن تقييم التهديدات الوطنية / الإقليمية.
- دعوة الهيئة العربية لتطوير قاعدة بيانات لمرافق التدريب والبرامج المتاحة والخبراء المؤهلين لمشاركتها مع الدول الأعضاء في شبكة النور.

- التعاون بين مراكز التدريب ذات العلاقة بالأمن النووي في المنطقة.
- إجراء تمارين إقليمية لاختبار قدرات وثغرات الاستجابة للكشف.
- تبادل الخبرات في تطوير آليات التنسيق بين السلطات الوطنية المختصة.

2 ـ ورشة العمل حول إستكشاف وتعدين وإستخلاص الخامات النووية (القاهرة 12– 2023/2/16)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة المواد النووية المصرية ورشة عمل حول "إستكشاف وتعدين وإستخلاص الخامات النووية" في القاهرة – جمهورية مصر العربية في الفترة 12 – 2023/2/16. وقد شارك في الورشة 23 متدرباً من مختلف الأقطار العربية: الأردن، تونس، السعودية، السودان، عمان، لبنان، ليبيا، مصر وموريتانيا. هدفت هذه الورشة إلى دعم الدول العربية في التوسّع لإستكشاف وإستخلاص الخامات النووية والخامات المصاحبة عن طريق تقييم أنشطتها الوطنية الحالية وتحديث خططها المستقبلية. كما هدفت الورشة إلى زيادة المهارات العملية للكوادر العلمية والصناعية العاملة في مجال إستكشاف وتعدين وإستخلاص الخامات النووية وآليات التعامل مع النفايات المشعة.

أتاحت الورشة الفرصة لعدد من الكوادر العلمية في التخصصات العلمية المختلفة في الأقطار العربية للتعرّف على تقنيات وأساليب إستكشاف وإستخلاص وتعدين الخامات النووية والطرائق المستعملة في هيئة المواد النووية المصرية. كما أتاحت التفاعل والتدّرب على مختلف الجوانب النظرية والعملية المتعلقة بموضوع الورشة.

وتضمّن برنامج ورشة العمل المحاور الرئيسية الآتية:

1. طرق الإستكشاف الجيوفيزيائي الجوي والأرضي واستخدام تقنيات الإستشعار عن بعد.
2. التعرف على جيولوجيا الخامات النووية وطرق الإستكشاف الجيولوجي والجيوكيميائي.

3. كيفية حساب الإحتياطي الإستراتيجي والإحتياطي المؤكد للخامات النووية وفقاً للمعايير الدولية.
4. التعرف على التكنولوجيات المختلفة لفصل الركازات المعدنية النووية وتصنيع وتنقية الكعكة الصفراء.
5. الطرق التكنولوجية لفصل العناصر الأرضية النادرة على هيئة مجموعات أو منفردة.
6. التطبيقات الصناعية والمردود الإستثماري للخامات النووية والعناصر المصاحبة غير المشعة.
7. التنسيق الفعال بين الدول العربية لتبادل الخبرات الفنية في مجالات الإستكشاف والتعدين والإستخلاص.

حضر الجلسة الافتتاحية رئيس هيئة المواد النووية المصرية الدكتور حامد ميرة والدكتور خالد زهرمان ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية. وقد ألقى كل منهما كلمة ترحيبية بالسادة المشاركين من الدول العربية، وتم توجيه الشكر للهيئة العربية للطاقة الذرية على النشاط الذي تقوم به من أجل نشر الثقافة والمعرفة في العلوم المرتبطة بالاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، وكذلك توجيه الشكر لهيئة المواد النووية المصرية على إستضافتها البرنامج ولكل من بذل جهداً لإنجاح هذه الورشة التي تعالج موضوعاً ذا أهمية للدول العربية خاصة بعد الحرب الروسية الأوكرانية وأزمة الطاقة التي نجم عنها تهديد الأمن الطاقوي لكثير من الدول.

وقد تضمّن البرنامج العلمي للورشة 16 ساعة من المحاضرات النظرية و9 ساعات من الدروس العملية. توزعت المحاضرات النظرية في الأيام الثلاثة الأولى، فيما توزعت الدروس العملية في الوقت المتبقي.

حضر الجلسة الختامية الدكتور حامد ميرة رئيس هيئة المواد النووية المصرية والدكتور خالد زهرمان ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية والأساتذة المحاضرون والسادة المشاركون من الدول العربية. وقد تم توزيع الشهادات وإستعراض آراء المشاركين الخاصة بالبرنامج التدريبي للورشة، وجاءت كلها ايجابية ومتميّزة. وأوصى

بعض المشاركين أن يتم تنظيم دورات متخصّصة في كل مجال على حدة من مجالات الإستكشاف والتعدين والإستخلاص. أكد المشاركون أيضاً على أهمية استمرار التواصل فيما بينهم ودرس أية إمكانية للتعاون في هذا المجال من خلال الهيئة العربية للطاقة الذرية وقد أبدى ممثل الهيئة العربية إستعدادها لدعم أي تعاون محتمل فيما بينهم وذلك ضمن إمكانياتها المتاحة.

3 ـ الدورة التدريبية حول استخدام تقنيات البيولوجيا الجزيئية والنظائر المشعة لتحديد الطفرات المسببة للسرطان والأمراض ومقاومة الميكروبات للعقاقير الحيوية (القاهرة 5 –9 /03/ 2023)

نظمت الهيئة بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية خلال الفترة: 5–2023/03/9 بمدينة القاهرة –جمهورية مصر العربية دورة تدريبية في مجال " استخدام تقنيات البيولوجيا الجزيئية والنظائر المشعة لتحديد الطفرات المسببة للسرطان والأمراض ومقاومة الميكروبات للعقاقير الحيوية ". هدفت هذه الدورة إلى تزويد المختصين العرب بالمعرفة الأساسية والتجارب العملية الحديثة المتعلقة بتدريب المشاركين من الدول العربية على الطرق المختلفة سواء البيولوجيا الجزيئية أو تقنيات النظائر المشعة لاكتشاف الطفرات وعلاقة تلك الطفرات بالأمراض والسرطانات ومقاومة الميكروبات للعقاقير الحيوية. وقد شارك في هذه الدورة 20 متدرباً من الدول العربية التالية: الأردن – تونس – السعودية – السودان – العراق – مصر وموريتانيا.

افتتح الدورة الدكتور عمرو الحاج علي – رئيس هيئة الطاقة الذرية المصرية، والدكتور يحيى الشخاترة ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية، والدكتور طارق المغربى أستاذ البيولوجيا الجزيئية والمنسق المحلى وبحضور المشاركين وعدد من السادة المحاضرين. وبعد الكلمات الترحيبية التي تضمنت أهمية عقد هذه الدورة التدريبية تحقيقاً للإستراتيجية العربية للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية وتعزيز التعاون العربي المشترك والمساهمة في رفع صحة الإنسان، بدأت فعاليات الدورة.

تضمن البرنامج العلمي للدورة 26 ساعة من المحاضرات النظرية والدروس العملية والحلقات النقاشية وفق المواضيع الآتية:

- تعريف الطفرات وأنواعها
- الطفرات المسببة للسرطانات
- الطفرات المسببة للأمراض الشائعة
- الطفرات المسببة لمقاومة الميكروبات للمضادات الحيوية
- تحور الفيروسات وضعف اللقاحات
- الطرق المختلفة لتحديد الطفرات
- اختلاف الطفرات باختلاف المجموعات العرقية والمجتمعات
- النظائر المشعة والتعريف بها وأنواعها
- كيفية استخدام النظائر المشعة فى تحديد الطفرات
- مقارنة بين طرق تحديد الطفرات وجدوى استخدام النظائر المشعة فيها
- تدريب عملى مكثف على الطرق الأكثر شيوعا لتحديد الطفرات
- متابعة كيفية اكتشاف وتشخيص مرض السرطان.

كما تضمن برنامج الدورة زيارة ميدانية لمستشفى 57357 لسرطان الأطفال حيث تم الإطلاع على جميع الأقسام والتعرف على مرافق المستشفى المختلفة وتجهيزاتها، والتي إشتملت على الصيدلية الإكلينيكية ووحدات العلاج المختلفة. حيث تمت زيارة أماكن تلقي العلاج الكيماوي للأطفال من خارج المستشفى، وكذلك معامل المستشفى التي شملت معمل الأنسجة وأمراض الخلية ووحدة أبحاث الجينوم ومعمل الميكروبات والبيولوجيا الجزيئية والفيروسات وأمراض الدم والمناعة والوراثة الخلوية. هذا وقام رؤساء المعامل والوحدات بشرح تفصيلي للأجهزة المستخدمة في كل معمل وكيفية استخدامها في تشخيص مرض السرطان، ودور المعامل المتخصصة للأبحاث في تطوير أداء المستشفى ورفع نسب شفاء الأطفال المرضى. كما تضمن برنامج الدورة أيضاً، زيارة ميدانية لمحطة البحوث النووية في أنشاص، حيث تم تدريب وتعريف المشاركين على ترقيم المركبات بنظائر اليود المشع ونظير التكنشيوم المشع وتطبيقاتها الطبية. كما تمت زيارة السيكلوترون والمفاعل التجريبي الجديد.

تم عقد الجلسة الختامية للدورة بحضور أ.د عمرو الحاج علي وأ.د طارق المغربي وأ.د الدكتور يحيى شخاتره والمشاركين وعدد من السادة المحاضرين وتمت مناقشة نتائج الإستبيان الذي تم توزيعه على السادة المشاركين. وقام المشرف المحلي وممثل الهيئة العربية بالإجابة على الإستفسارات والملاحظات التي قدمها المشاركون.

4 ـ ورشة العمل حول التطورات الحديثة والتحديات في علوم المواد في مجال الطاقة النووية وتطبيقاتها (عمّان: 12 – 2023/3/16)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية الأردنية ورشة عمل حول "التطورات الحديثة والتحديات في علوم المواد في مجال الطاقة النووية وتطبيقاتها"، وذلك في عمّان – المملكة الأردنية الهاشمية خلال الفترة: 12 – 2023/3/16. وقد شارك في هذه الورشة 16 متدرباً من مختلف الأقطار العربية: الأردن، تونس، السعودية، السودان، العراق، لبنان، ليبيا، مصر، موريتانيا وقطر.

هدفت هذه الورشة إلى تبادل الخبرات المكتسبة للعلماء والباحثين من مختلف الدول العربية في مجالات علوم وهندسة المواد ومناقشة التحديات العملية المصادفة والتوصل إلى أفضل الطرق التكنولوجية المقترحة لحل هذه التحديات. كما هدفت إلي زيادة المهارات للكوادر العلمية والصناعية العاملة في مجال التقانات المختلفة في دراسة علوم المواد وتطبيقاتها النووية. وتضمّن البرنامج المحاور الرئيسية الآتية:

- تقنية ومضان الأشعة السينية (X-Ray Fluorescence) في دراسة مكونات المواد وتراكيزها.
- مطيافية امتصاص الأشعة السينية (X-ray Absorption Spectroscopy) في دراسة خصائص البنية الدقيقة في المواد غير البلورية الشكل (Amorphous/Metamict) وتطبيقاتها.
- حيود الأشعة السينية (X-ray Diffraction) في دراسة بنية المواد البلورية (Crystalline Structure) .
- استخدام الطيف بالأشعة تحت الحمراء (Infrared) في علم المواد.

- تأثير العناصر المشعة على السلوك الهيكلي للمواد المستخدمة في المفاعلات وفي تخزين النفايات النووية.
- تصنيع مواد السيراميك لتطبيقات التدريع والوقاية من الإشعاع.
- مواصفات المواد المستخدمة في تدريع وتخزين المواد المشعة وحاويات تخزين النفايات.
- عملية الدمج للمصادر المشعة الغير المستخدمة (DSRS).
- استخدام الطرق اللاإتلافية وأهميتها في سلامة محطات الطاقة النووية.
- دراسة أثر الإشعاع على سلوك المواد، وأهمية ذلك في صناعة مواد جديدة.

حضر الجلسة الافتتاحية رئيس هيئة الطاقة الذرية الأردنية معالي الدكتور خالد طوقان والدكتور خالد زهرمان ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية. وقد ألقى كل منهما كلمة ترحيبية بالسادة المشاركين من الدول العربية، وتم توجيه الشكر للهيئة العربية للطاقة الذرية على النشاط الذي تقوم به من أجل نشر الثقافة والمعرفة في العلوم المرتبطة بالاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، وكذلك توجيه الشكر لهيئة الطاقة الذرية الأردنية على إستضافتها البرنامج وعلى كل من بذل جهداً لإنجاح هذه الورشة.

وقد تضمّن البرنامج العلمي للورشة 19 ساعة من المحاضرات النظرية و10 ساعات من الدروس العملية. وقد توزعت أعمال الورشة ما بين الهيئة الأردنية للطاقة الذرية ومركز السيكلوترون وجامعة العلوم والتكنولوجيا في إربد. إتسمت الورشة بالكثير من التفاعل الإيجابي ما بين المشاركين والأساتذة المحاضرين مما أضفى جواً من الإرتياح والإستفادة العلمية من هذه الورشة.

حضر الجلسة الختامية معالي الدكتور خالد طوقان رئيس هيئة الطاقة الذرية الأردنية والدكتور خالد زهرمان ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية والأساتذة المحاضرون والسادة المشاركون من الدول العربية. وقد تم توزيع الشهادات وإستعراض آراء المشاركين الخاصة بالبرنامج التدريبي للورشة، وجاءت كلها ايجابية ومتميّزة. وعبّر المشاركون عن مدى شكرهم وإمتنانهم للسادة المحاضرين وللهيئة العربية للطاقة

الذرية. وطالب معظم المشاركين بأن تكون مدة الورشة أكثر من أسبوع نظراً للكمية الكبيرة من المعلومات خلال الورشة. أكد المشاركون أيضاً على أهمية استمرار التواصل فيما بينهم ودرس أي إمكانية للتعاون في هذا المجال من خلال الهيئة العربية للطاقة الذرية وقد أبدى ممثل الهيئة العربية إستعدادها لدعم أي تعاون محتمل فيما بينهم وذلك ضمن إمكانياتها المتاحة.

5 ـ ورشة عمل حول الأمن المائي وتطبيقات التقنيات النووية في مجال علوم المياه (القاهرة: 12 –2023/3/16)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية خلال الفترة: 12 – 2023/3/16 بمدينة القاهرة – جمهورية مصر العربية ورشة عمل في مجال "الأمن المائي وتطبيقات التقنيات النووية في مجال علوم المياه ". بلغ عدد المشاركين 25 مشاركاً من الدول العربية التالية: الأردن وتونس والسعودية والسودان والعراق والكويت ولبنان وليبيا ومصر وموريتانيا وعمان. هدفت الورشة إلى تعريف المتدربين من الدول العربية بالنظائر البيئية المستخدمة في علوم المياه وتطبيق التقنيات النووية في معرفة مصادر المياه للآبار الجوفية.

افتتح ورشة العمل أ.د. الدكتور عمرو الحاج علي رئيس مجلس إدارة هيئة الطاقة الذرية المصرية، وأ.د. هداية أحمد كامل نائب رئيس الهيئة للتدريب والتعاون الدولي، و أ.د. نادية لطفي هلال رئيس مركز بحوث الأمان النووي والإشعاعي، وأ.د. الدكتور يحيى شخاترة ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية وأ.د. وفاء مصطفى أستاذ الهيدرولوجيا البيئية والمنسق المحلي للورشة وبحضور المشاركين وعدد من السادة المحاضرين. وبعد الكلمات الترحيبية التي أكدت على أهمية عقد هذه الورشة تحقيقاً للاستراتيجية العربية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية في مجال الأمن المائي وتعزيز التعاون العربي المشترك، بدأت فعاليات الدورة.

تضمن البرنامج العلمي للدورة 26 ساعة من المحاضرات النظرية والدروس العملية والحلقات النقاشية وفق المواضيع الآتية:

- مبادئ الهيدروجيولوجيا وأعمال المسح الهيدرولوجي.
- النظائر البيئية والصنعية ودورها في علوم المياه.
- مبادئ النمذجة الجيوكيميائية لأنظمة المياه الجوفية.
- النظائر البيئية في دراسة منشأ الملوحة للمياه الجوفية.
- النظائر البيئية في دراسة المياه الجوفية العميقة والتغذية الصنعية لها.
- الإدارة المتكاملة للموارد المائية في الوطن العربي.
- قياسات لنسب النظائر باستعمال أجهزة مطياف الكتلة والعد الوميضي السائل.

كما تضمن برنامج الدورة زيارة لمركز بحوث الأمان النووي والإشعاعي حيث تم تعريف المشاركين وتدريبهم على الأجهزة المختلفة مثل مطياف الكتلة وجهاز قياس العناصر الشحيحة وجهاز الوميض السائلي وجهاز التحليل الطيفي الإشعاعي وجهاز الليزر لقياس النظائر المشعة وغيرها.

تم التركيز في هذه الورشة على الإدارة المتكاملة للموارد المائية والنظائر البيئية والتي تعطي بصمة نظائرية دقيقة عن مصادر تغذية المياه ومدى تجددها وتعرضها للتلوث البيئي والفقد منها عن طريق التبخر والتسرب مع إعطاء بعض الأمثلة التطبيقية. وكذلك دراسة علاقة المياه السطحية والجوفية لتجنب استنزاف المياه العذبة وتجنب تملحها وتأثير مياه البحر عليها. كما تم القاء الضوء على استخدام النظائر المشعة في الاستخدامات غير التقليدية للمياه من أجل تحسين الأمن المائي في الدول العربية.

تم عقد الجلسة الختامية لورشة العمل بحضور أ.د عمرو الحاج علي وأ.د وفاء مصطفى وأ.د الدكتور يحيى شخاتره والمشاركين وعدد من السادة المحاضرين. تمت مناقشة نتائج نموذج التقييم للورشة وتم التعرف على النقاط الإيجابية ونقاط الضعف في برنامج الدورة. وقام المشرف المحلي وممثل الهيئة العربية بالإجابة على الإستفسارات والملاحظات التي قدمها المشاركون.

نـشاط الإدارة العامة

1 ـ مشاركة الهيئة في اليوم العربي للاستدامة (القاهرة: 2023/2/26)

عقدت الأمانة العامة لجامعة لدول العربية يوم الأحد الموافق 2023/2/26 اليوم العربي للاستدامة، في المقر الرئيسي لجامعة الدول العربية بالقاهرة، وحضره أ. د. سالم حامدي المدير العام للهيئة.

ففي ضوء التوجه العلمي نحو التنمية المستدامة، وسعي الدول والحكومات العربية نحو تنفيذ خطة الأمم المتحدة 2030، أصدر المجلس الاقتصادي والاجتماعي القرار رقم 2134 في دورته العادية 99 بشأن بالموافقة على الاحتفال باليوم العربي للاستدامة في السادس عشر من شهر فبراير من كل عام.

يهدف اليوم العربي للاستدامة إلى أن يكون محركاً إعلامياً تركز من خلاله المنطقة العربية على التوعية بمفاهيم الاستدامة وإنجازات الدول العربية وأصحاب المصلحة المختلفين في تحقيق الأهداف الأممية من أجل رفاه الشعوب العربية، كما يلقي الضوء على أهداف التنمية المستدامة وغاياتها وسبل خلق مناخ عربي داعم لها.

افتتح الاحتفالية معالي الأمين العام لجامعة الدول العربية السيد أحمد أبو الغيط، الذي أكد أن اليوم سيكون انطلاقة كبرى لسلسلة من الأنشطة والفعاليات ذات الصلة خلال العام الحالي، وصولاً إلى ختام كبير للأنشطة في أكتوبر 2023. وأعرب الأمين العام عن سعادته بالحدث الهام ودعمه لمختلف فعالياته، التي ستتيح للحاضرين الفرصة الكاملة للمشاركة في الحوار وتبادل الخبرات، واستكشاف الأساليب المبتكرة، لمواجهة تحديات الاستدامة.

شهد يوم الاستدامة اجتماعات بين أصحاب المصلحة الرئيسيين والخبراء لمناقشة ومشاركة وتطوير حلول مستدامة للمنطقة، كما عقدت حلقات نقاشية وقام المتحدثون الرئيسيون بإلقاء كلمات هامة خلال الجلسات التفاعلية. وتركزت فعاليات اليوم على الوصول إلى التزام بخلق مستقبل استدامة أفضل للمنطقة، مع تناول المحاور الثلاثية للاستدامة اقتصادياً واجتماعياً وبيئياً.

وأكدت الدكتورة هالة السعيد وزيرة التخطيط والتنمية الاقتصادية في جمهورية مصر العربية على الأهمية البالغة للاستدامة وتأثيرها لصالح صحة المنطقة وازدهارها على

المدى الطويل، مشيرة إلى اجتماع ألمع العقول والأصوات الأكثر حماسة معاً، للدفع قدماً نحو مستقبل أفضل من حيث الاستدامة.

وجرى خلال الفعاليات تكريم عدد من أبرز الشخصيات العربية العاملة في مجالات التنمية المستدامة في المنطقة العربية، وذلك بحضور ومشاركة عدد من ممثلي الحكومات العربية ورؤساء الهيئات الرسمية الخاصة، وممثلي منظمات المجتمع المدني والقطاع الخاص والإعلام.

لقد كانت خطة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة لعام 2030، منذ اعتمادها في عام 2015 في ملتقى باريس– ولم تزل– قوة دافعة رئيسية للحكومات وجميع الجهات المعنية بالتنمية، وإطاراً مرجعياً تسترشد به في سعيها إلى النهوض بالتنمية المستدامة. وتتسم الخطة بالتكامل، وتشدد على أهمية التغيير المنهجي لتحقيق التحوّل المنشود.

2 ــ مشاركة الهيئة في اجتماع لجنة المفوضين لحكومات الدول الأعضاء في المعهد المشترك للبحوث النووية JINR (دوبنا – روسيا الاتحادية: 24-2023/3/25)

بدعوة من البروفيسور جريجوري تروبنيكوف مدير المعهد المشترك للبحوث النووية (JINR) في روسيا الاتحادية وفي إطار مذكرة التفاهم والبروتوكولات المتعاقبة معه شارك أ. د. ضو مصباح الخبير المكلف بإدارة الشئون العلمية في اجتماع لجنة المفوضين لحكومات الدول الأعضاء في المعهد المشترك للبحوث النووية JINR وذلك في مدينة دوبنا ــ الاتحاد الروسي خلال الفترة: 24–2023/3/25.

كان السبب الرئيسي في مشاركة الهيئة في هذا الحدث هو متابعة تنفيذ ما تم الاتفاق عليه بخصوص بناء مركز المعلومات والمختبرات الافتراضية وكذلك المنحة البحثية المقدمة من JINR إلى العلماء العرب الشباب، بالإضافة إلى مناقشة سبل التعاون بين المعهد والهيئة العربية للطاقة الذرية.

حضر الاجتماع حضورياً وافتراضياً ممثلون عن 19 دولة عضو في المعهد، بالإضافة إلى ممثلي الدول المراقبة. عقدت الجلسة برئاسة الممثل المفوض لحكومة جمهورية جورجيا. حيث درس أعضاء اللجنة النسخة الأخيرة من مسودة الخطة

السباعية الجديدة لتطوير المعهد للفترة 2024 –2030. وحضر الجلسة نائب المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية لشئون الطاقة السيد ميخائيل تشوداكوف.

ألقى أ. د. مصباح كلمة في الحفل الإفتتاحي للإجتماع معبراً عن الشكر العميق لإدارة المعهد لحرصهم على الشراكة الفاعلة مع الهيئة والمتمثلة في إنشاء مركز للمعلومات ومختبرات افتراضية وإعطاء 4 منح بحثية لعلماء عرب متميزين في مجالات العلوم النووية. كما تباحث مع المسؤولين في المعهد عن السبل الكفيلة لإنشاء المركز والمختبرات في مقر الهيئة بتونس في أقرب الآجال، حيث عقد لقاءً مع رئيس دائرة التعاون الدولي السيد ديمتري كامانين ورئيس المجموعة الوطنية المصرية في المعهد الدكتور وائل بدوي. واستهل ممثل الهيئة اللقاء بقوله أن الهيئة لديها آمال كبيرة فيما يتعلق بافتتاح مركز المعلومات والمختبر الافتراضي قبل بدء جلسة المجلس التنفيذي للهيئة المقبل في 28–30 مايو 2023. كما أن الهيئة، وضمن مهامها في نقل المعرفة في مجال العلوم والتكنولوجيا النووية وتوطينها في الدول العربية، مستعدة للعب دور سفير للمعهد في العالم العربي ونشر المعلومات حول أنشطته تحت مظلة مذكرة التفاهم والبروتوكولات المتعاقبة.

أوضح السيد ديمتري كامانين رؤية المعهد، حيث يجب إعداد الورقة المفاهيمية لمركز المعلومات، والتي ستشكل أساس خطة عمله. فلأول مرة سيتم افتتاح مركز معلومات للمعهد في مقر منظمة إقليمية. وقال أن مركز المعلومات سيساهم في خلق حافز للدول الأعضاء في الهيئة للمساهمة في البحوث العلمية التي يتم إجراؤها في JINR. واتفق الطرفان على خطة العمل الآتية:

- إعداد الورقة المفاهيمية للمركز والتي تشمل الأهداف والمعالم وخطة العمل مع الخطوات المتعاقبة لافتتاح مركز المعلومات في مقر الهيئة.
- مناقشة القضايا التنظيمية مع مدير مركز المعلومات المستقبلي خلال زيارته إلى مدينة دوبنا للمشاركة في برنامج JEMS (24–28 أبريل 2023).
- تعيين مشغل للمختبر الافتراضي ومركز المعلومات تكون له القدرة على فهم العمليات العلمية والتقنية وشرحها للآخرين ويتكفل المعهد بتدريبه في دوبنا.

إعداد : م. نهلة نصر

قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
1	الهيئة في أربعة أعوام	264	الهيئة العربية	عربية	1993	–
2	وقائع المؤتمر العربي الأول للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	780	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1993	20
3	إستخدام الاشعاع والنظائر المشعة في الزراعة وعلوم الأحياء	531	مجموعة مؤلفين	عربية	1993	20
4	فيزياء وتقانة المفاعلات	728	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1993	20
5	إستخدام الحاسوب في الفيزياء النظرية	197	مجموعة مؤلفين	عربية	1993	10
6	تداول ومعالجة النفايات المشعة	مجلدان	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1993	20
7	الطب النووي تشخيصاً وعلاجاً	289	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1994	15
8	طرق إعداد تقريري الأمان الأولي والنهائي لمفاعلات البحوث	مجلدان	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1994	20
9	إستخدام التقنيات النووية في تحليل المواد	420	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1994	15
10	مصادر الطاقة في الوطن العربي والعالم : الواقع والآفاق المستقبلية	180	د. نواف الرومي	عربية	1994	10
11	الرادون والتلوث البيئي الإشعاعي	218	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1994	15
12	إعداد برامج الرقابة البيئية	618	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	20
13	الإستعداد الطبي للحوادث الإشعاعية والنووية	652	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	20
14	تعقيم وحفظ المواد الغذائية بالإشعاع	237	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	10
15	إنتاج النظائر المشعة واستخداماتها الطبية	828	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1995	20
16	إستخدام أجهزة الكشف عن الإشعاعات المؤينة ومعايرتها	435	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1995	نفد
17	إستخدام المصادر المشعة في الصناعة	387	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	15
18	أجهزة القياس والإلكترونيات النووية	469	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	20
19	إستخدام التقنيات النووية في تحسين الإنتاج النباتي	687	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	20
20	وقائع المؤتمر العربي الثاني للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1995	30
21	النقل الآمن للمواد ذات النشاط الإشعاعي	374	مجموعة مؤلفين	عربية	1996	15
22	تكنولوجيا الإشعاع في الأغذية والزراعة	599	د. محمود شرباش	عربية	1996	20
23	معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤينة	349	الوكالة الدولية	عربية	1996	15
24	الهيئة في أربعة أعوام 93 . 1996	مجلدان	الهيئة العربية	عربية	1997	–
25	دورة الوقود النووي من الخام حتى الركاز الأصفر	635	مجموعة مؤلفين	عربية	1997	20
26	الخامات الذرية في الوطن العربي	386	مجموعة مؤلفين	عربية	1997	15
27	تصميم وإنشاء مرافق حفظ النفايات المشعة	328	مجموعة مؤلفين	عربية	1998	15
28	الإشعاعات المؤينة وحفظ الغذاء من الحشرات	143	أ. د. محمد سعيد هاشم	عربية	1998	10
29	وقائع المؤتمر العربي الثالث للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1998	30

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
30	نظام الضمانات الدولي وأسلوب تطبيقه على المستويين القطري والإقليمي	392	مجموعة مؤلفين	عربية	1998	15
31	البرنامج النظري والعملي للتدريب في عمليات التصوير الشعاعي (المستوى الأول)	243	مجموعة مؤلفين	عربية	1999	20
32	الحفاظ على الحبوب ومشتقاتها بالإشعاعات المؤينة	130	د. محفوظ البشير	عربية	2000	15
33	الأسس العامة لتكنولوجيا معالجة الأغذية بالإشعاع	148	أ. د. علي راضي	عربية	2000	15
34	وقائع المؤتمر العربي الرابع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	5 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2000	40
35	نظام الضمانات النووية الدولي "الآفاق والآليات والمشاكل"	419	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2000	20
36	الهيئة في أربعة أعوام 97 ـ 2000	مجلدان	الهيئة العربية	عربية	2000	ـ
37	البرنامج النظري والعملي للتدريب في الإختبارات بالأمواج فوق الصوتية (المستوى الأول)	278	مجموعة مؤلفين	عربية	2001	20
38	البرنامج النظري والعملي للتدريب في الإختبارات بالسوائل النافذة والجسيمات المغنطيسية (المستوى الأول)	214	مجموعة مؤلفين	عربية	2001	20
39	التقنيات النووية وتقدير الهرمونات	330	د. أحمد عصام فكري	عربية	2002	20
40	وقائع المؤتمر العربي الخامس للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	5 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2002	نفد
41	وقائع المؤتمرالعربي السادس للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	4 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2003	نفد
42	وقائع المؤتمر العربي السابع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2004	نفد
43	مستقبل توليد الكهرباء بالطاقة النووية	56	أ. د. ضو مصباح أ. د. م. نصر الدين	عربية	2006	10
44	وقائع المؤتمر العربي الثامن للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2007	10
45	النشاط الإشعاعي البيئي من المصادر الطبيعية والصناعية والعسكرية	816	(مترجم) أ. د. بهاء الدين معروف	عربية	2007	50
46	Research Reactors Types & Utilization	88	أ. د. إبراهيم داخلي عبد الرازق	إنجليزية	2008	10
47	المفاعلات البحثية : أنواعها واستخداماتها	88	(مترجم) م. نهلة نصر	عربية	2008	10
48	إستخدام التقنيات النووية والذرية في التحليل العناصري والنظائري	176	مجموعة مؤلفين	عربية	2008	20
49	الهيئة العربية للطاقة الذرية في ثماني سنوات 2001 . 2008	174	الهيئة العربية	عربية	2008	ـ
50	الأشعة السينية وبعض تطبيقاتها	190	أ. د. م. نصر الدين	عربية	2008	20

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
51	الإستراتيجية العربية للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى العام 2020	160	الهيئة العربية	عربية	2008	20
52	وقائع المؤتمر العربي التاسع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2009	10
53	توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP-105 "الوقاية من الإشعاع في الطب"	69	(مترجم) مجموعة خبراء	عربية	2011	10
54	الفحص البصري للملحومات . المستوى الثاني	352	أ. د. محمود أحمد شافعي	عربية	2011	25
55	الأشعة غير المؤينة : طبيعتها والوقاية من مخاطرها	60	(مترجم) مجموعة خبراء	عربية	2011	10
56	وقائع المؤتمر العربي العاشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2011	10
57	أسئلة امتحان التأهيل للإختبارات اللاّإتلافية وعلم المواد . المستوى الأول	178	أ. د. حسن إبراهيم شعبان أ. د. جمال محمد عاشور الدرويش	عربية	2013	20
58	البرنامج النظري والعملي في الإختبارات اللاّإتلافية بالتيارات الدوامية ـ المستوى الأول	248	أ. د. حسن إبراهيم شعبان أ. د. جمال محمد عاشور الدرويش	عربية	2014	20
59	وقائع المؤتمر العربي الحادي عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2015	20
60	وقائع المؤتمر العربي الثاني عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2015	20
61	وقائع المؤتمر العربي الثالث عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2017	20
62	وقائع المؤتمر العربي الرابع عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2019	20
63	وقائع المؤتمر العربي الخامس عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص ذاكرة (Flash)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2022	20
64	التحليل بالتنشيط النتروني ومطيافية أشعة جاما	454	أ.د إبراهيم أبوقصة	عربية	2022	30

للحصول على المطبوعات المذكورة يرجى مخاطبة الهيئة العربية للطاقة الذرية على العنوان أدناه وإرفاق شيك باسم الهيئة بمبلغ المطبوعة يضاف إليه قيمة البريد الجوي عن كل نسخة حسب الوزن. عنوان المراسلة : الهيئة العربية للطاقة الذرية نهج المؤازرة حي الخضراء . تونس . الجمهورية التونسية . هاتف : 71.808.400 . فاكس : 71.808.450 . البريد الإلكتروني: aaea_org@yahoo.com و aaea@aaea.org.tn

أو إجراء تحويل بالمبلغ إلى حساب الهيئة العربية للطاقة الذرية لدى الشركة التونسية للبنك – (STB) الفرع المركزي، نهج الهادي نويرة – تونس، مع إخطار الهيئة بالفاكس بصورة من مستندات التحويل.

رقم الحساب: 840-3-4173-90-100 10 404 // **IBAN:** TN 59 1040 4100 9041 7338 4007

BIC: STBKTNTTXXX

دعوة للعلماء والإختصاصيين العرب

ندعوكم لإرسال مقالات علمية مبسّطة مؤلفة أو مترجمة في مجالات العلوم النووية والاستخدامات السلمية للطاقة الذرية حسب القواعد التالية :

1 ـ تكون المقالات موجهة لزيادة تعريف أبناء الوطن العربي بأساسيات العلوم والتقنيات النووية واستخداماتها في مختلف المجالات التطبيقية .

2 ـ يكتب ملخص باللغة الإنجليزية السليمة في بداية المقالة على ألاّ يتجاوز عدد كلماته 200 كلمة، وتضاف قائمة بالمراجع في نهاية المقالة على ألاّ تزيد على 5 مراجع .

3 ـ صياغة المقالات تكون باللغة العربية الفصحى، على أن تكون المصطلحات العلمية المتضمنة مطابقة لما ورد في المعاجم الموحدة لمصطلحات الفيزياء العامة والنووية والكيمياء والبيولوجيا الصادرة عن مكتب تنسيق التعريب بالمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (الألكسو) .

4 ـ مراعاة تجنّب التفاصيل العلمية الدقيقة أو الإستنتاجات الرياضية المعقدة التي تفوق مستوى القارىء غير المتخصص باعتباره القارىء المفضل لنشرة الذرة والتنمية .

5 ـ يجب أن تكون الموضوعات المطروحة لم تسبق معالجتها بشكل مشابه في الأعداد السابقة وملائمة لأغراض النشرة ومتوافقة مع سياسة النشر بها ولا تتضمّن أية إشارات سياسية أو خصوصيات أمنية لأي من الدول العربية.

6 ـ يشترط في المقالات المترجمة أن تكون مرفقة بالأصل الذي ترجمت منه، علماً بأنه عند نشر المقالات المترجمة في نشرتنا يشار إلى إسم صاحب المؤلف الأصلي بالإضافة إلى ذكر اسم الوثيقة المنشور فيها سابقاً مع تحديد العدد وتاريخ النشر .

7 ـ يمكن للسادة المؤلفين أو المترجمين إرسال استفساراتهم بشأن المواضيع التي يرغبون في تقديمها للنشرة للحصول على رأي لجنة التحرير قبل إرسالها للنشر.

ISSN : 0330-7123