الهيئة العربية للطاقة الذرية

الذرة والتنمية

نشرة علمية إعلامية فصلية
المجلد الخامس والثلاثون ـ العدد الثاني 2023

تشعيع الأغذية: مائة عام ونيف من التقدم العلمي والتطور التقني

الآثار البيئية والصحية للمواد المشعة الطبيعية في صناعة النفط والغاز

خطر الإصابة بالسرطان الثانوي بعد العلاج الإشعاعى

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 الثاني 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
✯ تشعيع الأغذية: مائة عام ونيف من التقدم العلمي والتطور التقني – أ. د. محمد منصور.....	3
✯ الآثار البيئية والصحية للمواد المشعة الطبيعية في صناعة النفط والغاز – أ. د. عمر دسوقي.....	18
✯ خطر الإصابة بالسرطان الثانوي بعد العلاج الإشعاعى أ. د. ايهاب معروف عطا الله.....	33
✯ أخبار عربية وعالمية ــ م. نهلة نصر.....	47
✯ أخبار الهيئة.....	53

تشعيع الأغذية:
مائة عام ونيف من التقدم العلمي والتطور التقني

Abstract

Food irradiation is more than a century old. It has gone through an exciting period from its beginning in the early 20th century to the end of World War II, where great advances were made in the technology. The second half of the century witnessed outstanding developments in food irradiation research that laid the bases for this technology and paved the road for its commercial use. In fact, commercial applications of food irradiation greatly advanced in recent years. With the realization of commercial uses, it is now at the threshold of entering large and wide applications.

This article reviews the historical developments of food irradiation, the fundamentals in the use of irradiation technology, affecting factors of radiation efficiency in preserving food products and sources of ionizing radiation used in food irradiation. In addition, the mechanism of microbial inactivation, general doses used in irradiating food products and the importance of ionizing radiation in preserving food are also discussed. Furthermore, the article discusses the present situation and expected future developments in food irradiation, equipment and facilities used in this technology and consumer attitudes toward irradiated foods.

مقدمـــة

يُستعمل إصطلاح تشعيع الأغذية للتعبير عن عملية تعريض الغذاء للطاقة المؤينة الناتجة عن فوتونات أشعة غاما الصادرة عن الكوبلت-60 أو السيزيوم-

137، أو الأشعة السينية بطاقة لا تزيد على 5 مليون إلكترون فولط أو الحزم الإلكترونية بطاقة لا تزيد على 10 مليون إلكترون فولط. تمتلك الأشعة الكهرمغنطيسية للمصدرين الأول والثاني (الكوبلت–60 والأشعة السينية) قدرة عالية على الإختراق في حين أن قدرة الإلكترونات المسّرعة على الإختراق محدودة وتتعلق بكثافة وسماكة المادة المعاملة. لا يؤدي التشعيع، بأي من هذه المصادر، إلى أي نشاط إشعاعي في المواد المعالجة، ولهذه التقنية الكثير من التطبيقات التي من ضمنها تحسين القدرة على حفظ الغذاء، والقضاء على العوامل الممرضة فيه.

تناقش هذه المقالة التطور التاريخي لتقنية تشعيع الأغذية والأسس العلمية التي تعتمد عليها، ومبادئ إستعمال الأشعة المؤينة في حفظ الأغذية والعوامل المؤثرة في فعاليتها، وطريقة تأثير الأشعة المؤينة في الكائنات الحية الملوثة للغذاء (ميكروبات، ديدان، حشرات ...إلخ)، وخاصة منها الأحياء الدقيقة. تتطرق المقالة أيضاً لأنواع الأشعة المؤينة المستعملة في تشعيع الأغذية ومصادر هذه الأشعة ومحطات التشعيع المستعملة لهذا الغرض ومزايا ومآخذ كل واحدة منها، كما تتطرق للجرعات الإشعاعية المستعملة في تشعيع الأغذية والأهمية الصحية للأغذية المشعّعة. تستعرض المقالة أيضاً موضوع تشعيع الأغذية حول العالم والوضع الراهن لتشعيع الأغذية والتوقعات المستقبلية.

لمحة تاريخية

يعود تاريخ تشعيع الأغذية لأكثر من 100 عام. وقد تطورت هذه التقنية إلى طريقة معتمدة علمياً وآمنة صحياً وغذائياً في النصف الثاني من القرن العشرين. يبين الجدول (1) بعض المحطات الرئيسية في تطور تقنية تشعيع الأغذية. ويتبين من الجدول أن النصف الأول من القرن العشرين شهد، بالدرجة الأولى، تطويراً للتقانات اللازمة لتصبح صالحة للاستعمال التجاري. في حين تميّز النصف الثاني من ذلك القرن بتطور كبير في الأبحاث، وهذا ما أدى مع التطور التقني إلى إرساء أساس علمي وفني لإستعمال هذه التقنية (تقنية تشعيع الأغذية).

الجدول (1) أهم المحطات في التطور التاريخي لتقنية تشعيع الأغذية (بتصرف عن: Farkas and Mohacsi-Farkas, 2011).

العام	الاختراع
1905	براءة إختراع على إستعمال الأشعة المؤينة في حفظ الأغذية.
1921	براءة إختراع على إستعمال الأشعة السينية لمعالجة لحم الخنزير ضد الإصابة بالديدان الخيطية (النيماتودا) أو *Trichinella spiralis*.
1930	براءة إختراع على إستعمال الأشعة السينية في تعقيم الأطعمة المغلّفة.
1957	الإستعمال التجاري الأول للأغذية المشعّعة (تشعيع البهارات في ألمانيا على نطاق تجاري بإستعمال الحزم الإلكترونية).
1966	المؤتمر الدولي الأول لتشعيع الأغذية في ألمانيا (Karlsruhe, Germany, 1966).
1982-1970	المشروع الدولي في مجال تشعيع الأغذية (IFIP).
1980	لجنة الخبراء المشتركة (FAO/IAEA/WHO) حول صحة الأغذية المشعّعة تستنتج أن "أي غذاء مشعّع بجرعة لا تزيد على 10 كيلو غراي هو غذاء صحي وسليم وصالح للإستهلاك البشري".
1990-1979	إقامة المنشأة الدولية لتقنية تشعيع الأغذية (IFFIT) في هولندا بغرض تدريب كوادر الدول النامية على الإستفادة من تكنولوجيا تشعيع الأغذية.
2004-1983	المجموعة الإستشارية الدولية لتشعيع الاغذية (ICGFI)

وبسبب خصوصية هذه الطريقة، وعدم وجود خبرة تطبيقية سابقة، كان من الضروري التأكد من صحة وسلامة الأغذية المشعّعة من حيث محتواها الغذائي وخلوها من الميكروبات أو أية مواد ضارة أخرى. إستدعى ذلك كَمّاً هائلاً ومجالاً واسعاً من الإختبارات غير المسبوقة من حيث الحذر والشمولية والأمان ودرجة الدقة، مما تطّلب إمكانيات كبيرة تعدّت قدرة حتى بعض الدول المتقدمة. ولذلك، كان من الضروري إيجاد برامج خاصة ومشاريع بحثية ذات صبغة دولية مدعومة من منظمات الأمم المتحدة المتخصصة مثل منظمة الأغذية والزراعة (FAO) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) ومنظمة الصحة العالمية (WHO). وكان المشروع الأكبر والأكثر أهمية وتركيزاً من هذه المشاريع هو المشروع الدولي لتشعيع الأغذية (International Food Irradiation Project, IFIP) الذي اشتركت فيه 24 دولة واستمر لأكثر من 10 سنوات (1970–1982) ومقره مدينة كارلسروه (Karlsruhe) الألمانية.

وقد تشكلت، في عام 1980، لجان من الخبراء الدوليين من الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية لتقييم نتائج الدراسات على سلامة الأغذية المشعّعة وقامت هذه اللجان، بشكل دوري، بتقييم نتائج الإختبارات حول صحة وسلامة الأغذية المشعّعة. توصلت هذه اللجان في عام 1982 إلى نتيجة تؤكد أن "تشعيع أيه مادة غذائية بجرعة لا تزيد على 10 كيلو غراي لا يؤدي إلى أية محاذير صحية" وبالتالي "لا حاجة لاختبارات سلامة لأية مادة غذائية تعامل بجرعة إشعاعية لا تزيد على 10 كيلو غراي". وفي عام 1997 تفحصت لجنة من منظمة الأغذية والزراعة والوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية نتائج الدراسات على الأغذية المشعة بجرعات عالية (25–60 كيلو غراي)، وتوصلت إلى نتيجة مفادها أن "هذه الأغذية آمنة للاستهلاك البشري ومحتفظة بمحتواها من المواد الغذائية". اعتُمدت هذه النتائج بعد ذلك من قبل منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية وتم تبنيها لاحقاً، بشكل واسع، من قبل الكثير من الدول الأعضاء في المنظمة الدولية.

تكوّنت في عام 1983، برعاية منظمة الصحة العالمية والوكالة الدولة للطاقة الذرية ومنظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة، مجموعة إستشارية دولية لتشعيع

الأغذية (International Consultive Group on Food Irradiation, ICGFI) ضمت ممثلين عن 38 دولة بغرض مساعدة حكومات الدول النامية في إستعمال الأشعة المؤينة في حفظ وتسويق الأغذية، وإستمرت هذه المجموعة في عملها حتى عام 2004. ولمساعدة الدول النامية في الإستفادة من تقنية تشعيع الأغذية، فقد رعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الأغذية والزراعة العالمية والحكومة الهولندية مشروعاً دولياً خاصاً يدعى المنشأة الدولية لتقنية تشعيع الأغذية (International facility for food irradiation technology, IFFIT) وذلك بين عامي 1979 و 1990 في هولندا بهدف تدريب الكوادر الفنية والعلمية للدول النامية في مجال تشعيع الأغذية.

وقفت منظمة الصحة العالمية موقفاً إيجابياً من تقنية تشعيع الأغذية آخذة بعين الاعتبار الدور الإيجابي لهذه التقنية، وخاصة في التخلص من العوامل الممرضة في الأغذية المشعّعة، وزيادة أمانها وتحسين نوعيتها. فمثلاً، قامت منظمة الصحة العالمية في عام 1988، بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة، بطباعة ونشر كتيب بعنوان "تشعيع الأغذية: تقنية لحفظ الغذاء وزيادة أمان الأغذية المشعّعة". وفي قواعدها الذهبية للتحضير الآمن للغذاء، تؤكد القاعدة الأولى على "اختيار الأغذية المعدّة وفقاً لإجراءات السلامة"، وتؤكد أيضاً على "شراء الحليب المبستر بدلاً من الحليب الخام"، وإن أمكن "شراء منتجات الدواجن الطازجة أو المجمّدة المشعّعة بأشعة غاما".

آخذة بعين الاعتبار الرفض غير المنطقي للأغذية المشعّعة الناجم عن سوء الفهم والذي من الممكن أن يعيق إستعمالها في أكثر الدول حاجة للإستفادة منها، قامت منظمة الصحة العالمية في عام 1992 بتشكيل مجموعة إستشارية مختصة بتشعيع الأغذية. نشرت هذه المجموعة تقريراً مفصلاً في عام 1994 لنتائج الإختبارات العلمية التي أثبتت عدم وجود أي تأثير سلبي للأشعة المؤينة في المواد الغذائية المشعّعة وبأن هذه التقنية يمكن أن تساعد في تأمين مواد غذائية أكثر أماناً وأطول عمراً وخالية من الآفات والأحياء الدقيقة الممرضة.

الأسس العلمية لحفظ الأغذية بالأشعة المؤينة

تؤدي الأشعة المؤينة دورها في حفظ المواد الغذائية من التلف والقضاء على الميكروبات والكائنات الحية الأخرى (حشرات، أكاروسات، ديدان) فيها، بشكل رئيسي، من خلال تأثيرها في سلسلة الحمض الريبي النووي منقوص الأكسجين (DNA) لهذه الكائنات. ويمكن لهذا التأثير أن يكون مباشراً عندما تصطدم الأشعة المؤينة بسلسلة الـ (DNA) ذاتها مؤدّية إلى تفككها، أو غير مباشر عندما تصطدم الأشعة المؤينة بجزيئات الماء المحيطة مؤدّية إلى تأينها وتكوين أيونات غير مستقرة سالبة (H_2O^-) وأخرى موجبة (H_2O^+). تتفاعل الأيونات غير المستقرة (H_2O^- وH_2O^+) هذه مع جزيئات الماء الأخرى مؤدية إلى إنتاج أيونات جديدة هي H^+ وOH^- و$H^{\cdot}$ و$OH^{\cdot}$. يوجد الزوج الأول من الأيونات (H^+ و OH^-) في الماء بشكل طبيعي ولا يشارك، على الأغلب، في التفاعلات التالية. أما الزوج الثاني ($H^{\cdot}$ و$OH^{\cdot}$)، أو ما يدعى بالجذور الحرة، فهو شديد الفعالية الكيميائية لإمتلاك كل جذر إلكتروناً حراً على مداره الخارجي. ويتشكل في هذه المرحلة أيضاً بيروكسيد الهيدروجين أو الماء الأكسجيني (H_2O_2) وهو عامل مؤكسد شديد الفعالية، كما أنه سام جداً للخلايا الحية عند تكّونه بتركيز معيّن. تهاجم المواد المؤكسدة والجذور الحرة المتشكّلة في المرحلة السابقة، بعد ذلك، الجزيئات المعقدة في الخلايا وخاصة منها سلاسل الـ DNA مؤدّية إلى تغير في بنيتها. تؤدّي التغيّرات السابقة التي أحدثتها المواد المؤكسدة والجذور الحرّة في الخلايا الحيّة إلى موت هذه الخلايا نتيجة عدم قدرتها على القيام بوظائفها الإعتيادية أو منعها من الإنقسام والتكاثر أو إحداث تغيرات وراثية فيها تنتقل إلى الخلايا الجديدة الناتجة من إنقسامها، وذلك تبعاً لدرجة الأذى الذي ألحقته الأشعة في تلك الخلايا، والذي يتعلق بمقدار جرعة التعرض.

بإختصار، تعود إمكانية إستعمال الأشعة المؤينة في حفظ الأغذية، بشكل رئيسي، إلى حقيقة أن الأشعة المؤيّنة تخرب سلاسل الDNA في الكائنات الحية الموجودة في الغذاء مما يؤدي إلى موتها أو، على الأقل، وقف تكاثرها. وبإستعمال الجرعة المناسبة، من الممكن إيقاف تكاثر الأحياء الموجودة في الغذاء دون إحداث تأثير سلبي في المادة المعالجة. إن إستعمال الأشعة المؤينة في حفظ الأغذية، خاصة

في تلك الدول التي لا يتوفر فيها التبريد بشكل كاف، يمكن أن يساهم في توفير الغذاء الآمن لأعداد كبيرة من البشر.

العوامل المؤثرة في فعالية عملية التشعيع

1- الوسط المحيط:

يؤدي تركيب الوسط المحيط بالكائنات الحية الموجودة في الغذاء، وخاصة منها الأحياء الدقيقة، دوراً هاماً في تحديد الجرعة المطلوبة للحصول على تأثير معين. وبشكل عام، كلما زاد تعقيد الوسط زاد التنافس بين مكونات ذلك الوسط على الجذور الحرة المتشكلة في الماء مما يؤدي إلى حماية تلك الأحياء وزيادة مقاومتها للأشعة المؤينة.

2- محتوى المادة من الرطوبة:

كما هو الحال في المعالجة الحرارية، فإن إنخفاض محتوى المادة المعالجة من الرطوبة يقلل من تأثير الأشعة المؤينة في الأحياء الموجودة فيها. يعود ذلك إلى انخفاض إنتاج الجذور الحرة المتكونة في الماء بفعل عملية التشعيع تحت ظروف الوسط الجافة، وبالتالي انخفاض معدل تلف جزيئات الـ DNA بفعل التأثير غير المباشر للأشعة المؤينة. ونتيجة لذلك، تزداد الجرعات الإشعاعية اللازمة لقتل الكائنات الحية الموجودة في الغذاء.

3- درجة الحرارة:

يمكن لدرجة حرارة المادة أثناء التشعيع أن تؤثر في درجة مقاومة الكائنات الحية الملوثة للغذاء للأشعة المؤينة. فمثلاً، يؤدي إرتفاع درجة الحرارة في المادة المعالجة إلى الدرجة القريبة من درجة القتل (45 مْ)، إلى زيادة معدل قتل الخلايا. ويُعتقد بأن سبب هذا التأثير هو خلل في أنظمة تصحيح التغيرات (التلف) في جزيئات الـ DNA التي تعمل عند درجة حرارة الوسط العادية (وأعلى منها بقليل) ولكنها تتعطل عند درجات الحرارة المرتفعة.

4- التجميد:

يؤدي تجميد المادة المعالجة إلى ارتفاع كبير في درجة مقاومة الكائنات الحية، وخاصة منها الأحياء الدقيقة، الموجودة فيها للأشعة المؤينة بمعدل يصل إلى ضعفين إلى ثلاثة أضعاف مقارنة بدرجة حرارة الوسط العادية. ويعود هذا الإرتفاع في مقاومة الأحياء الدقيقة للأشعة المؤينة إلى شّل حركة الجذور الحرة في الوسط المتجمد. ولذلك، فإن التأثير غير المباشر للجذور الحرة في جزيئات الـ DNA يتوقف تقريباً. ويعكس ذلك أهمية التأثير غير المباشر للأشعة المؤينة في المواد الغذائية المعالجة التي تحتوي على نسبة عالية من الرطوبة.

5- درجة غنى الوسط بالأكسجين:

يتزايد التأثير القاتل للأشعة المؤينة في الكائنات الحية الموجودة في الغذاء مع زيادة غنى الوسط المحيط بالأكسجين وينخفض مع إنخفاض تركيزه. فعند غياب الأكسجين بشكل كامل، وحتى ضمن الأوساط الرطبة، يتزايد معدل مقاومة الأحياء الدقيقة للأشعة المؤينة بمعدل 2-4 مرات. في حين يمكن لهذه الزيادة أن تبلغ، في الأوساط الجافة، من 8 إلى 17 ضعفاً.

مصادر الأشعة المؤينة المستعملة في تشعيع الأغذية

1- أشعة غاما:

تنتج أشعة غاما عن النظائر المشعة مثل الكوبلت-60 أو السيزيوم-137. ويستعمل المصدر الأول (الكوبلت-60) عادة في محطات تشعيع الأغذية، إذ يوضع ضمن كبسولة مضاعفة الجدار من الفولاذ غير القابل للصدأ. ويُحفظ المنبع، عند عدم إستعماله، داخل حاوية مدرعة أو في بركة ماء إذ يمتص الماء الأشعة الصادرة عن المنبع. يمتاز الكوبلت-60 بأنه لا يترك أية مخلفات تستدعي التخلص منها، فالمنبع المستهلك يُعاد للمصنع لشحنه ثانية أو لحفظه في مكان آمن. ونظراً لأن الكوبلت-60، بعكس السيزيوم-137، لا يشكل أكاسيد قابلة للتفكك في الماء، فإنه لا يشكل خطراً على البيئة، ولا خوف من تسربه إلى التربة أو النظام المائي. لذلك، فهو

المصدر المعتمد في معظم منشآت تشعيع الأغذية، وتمتلك أشعة غاما الصادرة عنه قدرة عالية على الإختراق.

2- الحزم الإلكترونية:

تُنتج الحزم الإلكترونية في المسرعات الإلكترونية التي تولد إلكترونات تصل سرعتها إلى 99% من سرعة الضوء. بعكس أشعة غاما الناتجة عن النظائر المشعة، والتي لا سيطرة فيها على تفكك النوى المشعة، حيث التفكك مستمر (وكذلك إصدار الأشعة) سواء عَمِلَ المنبع أم لا، تمتاز المسرعات الإلكترونية بإمكانية تشغيلها عند الحاجة ووقفها عند انتفاء هذه الحاجة، تماماً كأي جهاز كهربائي. كما أنها أقل كلفة من محطات التشعيع المنتجة لأشعة غاما. ولكن يعاب على الحزم الإلكترونية ضعف قدرتها على الاختراق وانخفاض تجانس الجرعة، ولذلك تُستعمل لتشعيع المواد الغذائية ذات الكثافة المنخفضة والتي يمكن تمريرها أمام المنبع بسماكة مناسبة.

3- الأشعة السينية:

تنتج الأشعة السينية عن قذف المعادن الثقيلة كالتيتانيوم أو التنغستن بإلكترونات مسرّعة ذات طاقة عالية مما يؤدي إلى انبعاث طيف مستمر من الطاقة (أشعة السينية). وبشكل مشابه للحزم الإلكترونية، لا تحتاج الأشعة السينية إلى نظائر مشعة لإنتاجها، ويمكن تشغيلها وإيقافها وفقاً للحاجة (كأي جهاز كهربائي). كما أنها تمتاز بقدرتها العالية على الإختراق (بشكل مشابه لأشعة غاما). مع ذلك، يعاب على هذا المصدر أنه عالي كلفة التشغيل، إذ يتحول نحو 8% فقط من الطاقة إلى أشعة سينية.

يقتصر إستعمال الأشعة المؤينة في معالجة المواد الغذائية على أشعة غاما والأشعة السينية بطاقة لا تزيد على 5 مليون إلكترون فولط والحزم الإلكترونية بطاقة لا تزيد على 10 مليون الكترون فولط. ويعود السبب في ذلك إلى أنها تنتج التأثير المطلوب في الغذاء المشعّع دون أن تؤدي إلى إنتاج أي نشاط إشعاعي في الغذاء أو مواد التغليف، إضافة إلى توفر تلك المصادر بكلفة تسمح بالإستخدام التجاري.

محطات التشعيع المستعملة في تشعيع الأغذية

1- المحطات التي تنتج أشعة غاما:

تستعمل معظم محطات التشعيع التي تنتج أشعة غاما الكوبلت-60 والقليل منها يستعمل السيزيوم-137. ويعود السبب في ذلك لعدة عوامل أهمها أن الكوبلت-60 يصدر أشعة غاما بطاقة 1.17- 1.33 مليون إلكترون فولط في حين أن طاقة أشعة غاما الصادرة عن السيزيوم بحدود 0.66 مليون إلكترون فولط. ورغم أن عمر النصف للسيزيوم-137 يزيد على 30 عاماً وعمر النصف للكوبلت-60 أقل من ذلك بكثير (5.3 عام)، فإن طاقة أشعة غاما الصادرة عن الكوبلت-60 المرتفعة قياساً بتلك الناتجة عن السيزيوم-137 تجعل معظم محطات تشعيع الغذاء تستعمل الكوبلت-60. إضافة إلى ذلك، فإن الكوبلت-60، بعكس السيزيوم-137، لا ينتج أكاسيد متفككة في الماء. وبالتالي فهو أقل خطورة على البيئة والنظام البيئي من السيزيوم-137. تمتاز أشعة غاما التي تصدرها محطات التشعيع التي تعتمد على النظائر المشعة، بعكس المحطات التي تنتج الحزم الإلكترونية، بقدرتها العالية على الاختراق؛ وبالتالي قدرتها على تشعيع مواد غذائية بسماكة كبيرة. مع ذلك، يعاب على هذه المحطات أن النظائر المشعّة تتفكّك بشكل مستمر، سواء كانت المحطة تعمل أم لا. كما أنه لابد من حفظ المنبع المشع، عند عدم الإستعمال، ضمن حاويات فولاذية خاصة أو في بركة ماء لامتصاص الأشعة الناتجة.

2- المحطات التي تنتج الحزم الإلكترونية (المسرعات الإلكترونية):

هي عبارة عن آلات كهربائية تنتج حزماً إلكترونية تُولد من تسريع سيل من الإلكترونات وتركّزها في حزم ضيقة. وتمرّر المواد الغذائية المراد تشعيعها بشكل عمودي على الحزم الإلكترونية. تمتاز المحطات التي تنتج الحزم الإلكترونية (المسرعات الإلكترونية)، مقارنة بمحطات التشعيع التي تستعمل النظائر المشعة وتنتج أشعة غاما، بأنها كأية آلة كهربائية يمكن تشغيلها عند الحاجة فقط. كما أن معدل الجرعة مرتفع جداً في محطات التشعيع التي تعتمد على المسرعات الإلكترونية. ولكن يعاب على هذه المحطات إنخفاض تجانس الجرعة وتدني قدرة

الحزم الإلكترونية على الإختراق. لذلك فهي تستعمل لتشعيع المواد ذات الكثافة المنخفضة أو الموضوعة بسماكات صغيرة (عدة سنتمترات فقط) أو لمعالجة أسطح المواد مثل القضاء على الميكروبات المرضية الموجودة على اللحوم.

3- المحطات التي تنتج أشعة سينية:

بشكل مشابه للحزم الإلكترونية، تنتج الأشعة السينية عن آلات يمكن تشغيلها وإيقافها وفقاً للحاجة، فالإلكترونات الناتجة عن الآلات تُسرّع وتُصدم بمعدن (ذهب أو تنغستن) لينتج عنها سيل من الأشعة السينية. وتُفقد في هذه العملية نسبة عالية من الطاقة على شكل حرارة. ولكن يمكن التقليل من هذا الفقد عن طريق زيادة العدد الذري للمادة المعدنية وزيادة طاقة الحزمة الإلكترونية. ونظراً لقدرة الاختراق العالية للأشعة السينية، يمكن إستعمالها لتشعيع المواد مرتفعة السماكة أو الكثافة. ولكن نظراً لكلفتها العالية الناتجة عن فقدان الطاقة على شكل حرارة، فإن محطات التشعيع التي تعتمد على إنتاج أشعة سينية حول العالم ليست كثيرة.

الجرعات الإشعاعية المستعملة في تشعيع الأغذية

تختلف الجرعات الإشعاعية المستعملة في تشعيع الأغذية تبعاً لنوع المادة الغذائية والغرض من معالجتها كمنع الإنبات في الأبصال والدرنات، معالجة الإصابات الحشرية، معالجة اللحوم ضد الطفيليات، إطالة العمر التخزيني، بسترة المواد الغذائية أو تعقيمها، خفض الحمولة الميكروبية، حفظ اللحوم على درجة حرارة الغرفة...إلخ. ويبين الجدول (2) أهم التطبيقات الممكنة للأشعة المؤينة في مجال تشعيع الأغذية والجرعات الإشعاعية المستعملة لذلك. وبشكل عام، تستعمل جرعات منخفضة (30-120 غراي) لمنع الإنبات في الأبصال والدرنات، وتعالج الإصابات الحشرية بجرعات تتراوح بين 200-800 غراي، كما تعالج اللحوم بجرعة 100-3000 غراي لتخليصها من الإصابة بالطفيليات. ولمعالجة المواد الغذائية بغرض إطالة عمرها التخزيني يُنصح بجرعة 300-500 غراي. ويتطلب القضاء على الميكروبات المرضية جرعة تتراوح بين 700- 1500 غراي، كما تستعمل جرعة 2000-3000 غراي لخفض الحمولة الميكروبية في المكونات الغذائية الجافة. أما

حفظ اللحوم والأسماك على درجة حرارة الغرفة فيتطلب جرعات عالية (25,000–60,000 غراي).

الجدول (2) التطبيقات الأساسية للأشعة المؤينة في مجال تشعيع الأغذية والجرعات الإشعاعية المستعملة (عن: Farkas and Mohacsi–Farkas, 2011).

التطبيق	الجرعة (كيلو غراي)
منع الإنبات في الأبصال والدرنات	0.12–0.03
القضاء على الإصابات الحشرية	0.8–0.2
القضاء على الطفيليات	3.0–0.1
إطالة العمر التخزيني	0.5–0.3
قتل البكتريا المرضية غير المكونة للأبواغ	1.5–0.7
خفض الحمولة الميكروية في المكونات الغذائية الجافة	3.0–2.0
حفظ اللحوم الحمراء و لحوم الدواجن والأسماك على درجة حرارة الغرفة	60–25

تشعيع الأغذية حول العالم

تُشرع أكثر من 55 دولة حول العالم اليوم تشعيع الأغذية. وتحتل الصين المرتبة الأولى من بين هذه الدول، من حيث كمية الأغذية المشعّعة والمستهلكة. إذ تشير الإحصائيات إلى أن الصين قد شععّت وإستهلكت في عام 2015 أكثر من 600 ألف طن من الأغذية، أو ما يعادل 85% من إنتاج العالم من الغذاء المشعع في ذلك العام (نحو 700 ألف طن)، وأن معدل تشعيع وإستهلاك الأغذية المشعّعة

في الصين في تزايد مستمر. وتشير البيانات أيضاً إلى أن أكثر المواد الغذائية تشعيعاً في العالم هي البهارات والتوابل والنباتات العطرية والخضروات المجففة (نحو 45%)؛ وتشعّع خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية والصين والبرازيل وجنوب أفريقيا. يليها في ذلك الأبصال والدرنات بقصد منع الإنبات (نحو 22%) ويتم ذلك، بشكل أساسي، في اليابان والصين. وتأتي الثمار المجففة والحبوب في المرتبة الثالثة (نحو 20%) ويشعّع معظمها في أوكرانيا. أما اللحوم والأغذية البحرية فتحتل نحو 8% من إجمالي المواد الغذائية المشعّعة على مستوى العالم، ويتم ذلك بشكل أساسي في فيتنام والولايات المتحدة الأمريكية وبلجيكا. وتبين الدراسات أن الإتحاد الأوروبي هو الأقل إهتماماً بموضوع تشعيع الأغذية عالمياً. فالأغذية المسموح بتشعيعها في الاتحاد الأوروبي تنحصر في البهارات والتوابل والنباتات العطرية المجفّفة. ومع أن العديد من دول الاتحاد الأوروبي تسمح بتشعيع أنواع متعددة أخرى من الأغذية، كما تسمح ببيع وإستيراد عدة أنواع أخرى، فإنها تشترط أن تكون هذه الأغذية مشعّعة في منشآت تشعيع في دول الاتحاد، أو على الأقل في منشآت مرخّصة من قبل الاتحاد الأوروبي. ولكن واقع تشعيع الأغذية في دول الإتحاد الأوروبي مازال متواضعاً.

أما على مستوى الوطن العربي، ورغم إمتلاك عدة دول عربية (مصر، سورية، العراق، السعودية، تونس، الأردن) لمحطات تشعيع، ووجود تشريعات في بعض الدول العربية تسمح بتشعيع وتسويق وإستهلاك المواد الغذائية المشعّعة، فإن كميات الأغذية المشعّعة في الوطن العربي مازالت قليلة. وتتركز، بشكل أساسي، في خفض الحمولة الميكروبية للبهارات والتوابل والأعشاب والنباتات العطرية والخضروات والفواكه المجففة وبعض المواد الأخرى، ويصعب الحصول على إحصائيات دقيقة عن الكميات المشعّعة سنوياً.

الأهمية الصحية لتشعيع الأغذية

تُعد اللحوم، وخاصة لحوم الدواجن، مصدراً هاماً للإصابة بالعديد من العوامل الممرضة الخطيرة التي تنتقل عن طريق الغذاء. ونظراً لحساسية هذه العوامل

الممرضة (الأحياء الممرضة التي تنتقل عن طريق الغذاء) للأشعة المؤينة، فإن إستعمالها في بسترة هذه المنتجات بغرض قتل الميكروبات المرضية وزيادة أمان لحوم الدواجن مسألة في غاية الأهمية. وقد وُجد أن معالجة لحوم الدواجن الطازجة بجرعة 2 كيلو غراي، واللحوم المجمدة بجرعة 3–5 كيلو غراي، يكفي للقضاء على البكتيريا المرضية في هذه المنتجات.

مستقبل تشعيع الأغذية

يكمن العامل الأساسي لمضاعفة إنتاج وإستهلاك الأغذية المشعّعة في إدراك أهمية الأشعة المؤينة في القضاء على الميكروبات المرضية التي تنتقل عن طريق الأغذية، وحماية المواد الغذائية من التلف، والرغبة في تحمل كلفة الحصول على أغذية آمنة صحياً ومناسبة غذائياً. كما أن وجود تشريعات كافية ضروري لزيادة كميات الأغذية المشعّعة في معظم دول العالم.

إن قبول المستهلك للأغذية المشعّعة يعتمد على إيجاد الطرق المناسبة لإقناعه بعدم صحة ما يشاع عنها من قبل بعض النشطاء ومجموعات الضغط الذين يقفون دون مبرر ضد تشعيع الأغذية وضد جميع التقانات النووية. وتشير دراسات التسويق إلى أن المستهلك مستعد لشراء الأغذية المشعّعة إذا قُدّمت له المعلومات الصحيحة. إضافة إلى ذلك، فإن تطوير مصادر تشعيع لا تعتمد على النظائر المشعة (الأشعة السينية أو الحزمة الإلكترونية) يمكن أن يساعد في تحسين سمعة الأغذية المشعّعة بتحويلها إلى تقانة كهربائية بدلاً من كونها تقانة نووية.

الخلاصة

تعد معالجة الأغذية بالأشعة المؤينة، بغرض القضاء على الحشرات والطفيليات والأحياء الدقيقة فيها، وخاصة منها المرضية، وزيادة عمرها التخزيني، واحدة من أكثر التقانات دراسة في القرن العشرين. ولكن معظم هذه الدراسات تمت في المخابر ومازالت تطبيقاتها العملية دون المستوى المنشود. تتعدد إمكانيات تطبيق هذه التقانة، وتتراوح بين منع إنبات الأبصال والدرنات إلى الإنتاج التجاري للأغذية المعقمة

بالإشعاع. دُرست سلامة وصحة الأغذية المشعّعة بشكل مكثف، وقد توصل العديد من مجموعات الخبراء التي شُكلت بشكل مشترك من عدد من المنظمات الدولية (FAO/IAEA/WHO) إلى أن الغذاء المشعّع آمن للاستهلاك البشري ومحتفظ بقيمته الغذائية. وقد طوّرت أكثر من 60 دولة، على مستوى العالم، التشريعات الوطنية اللازمة لتشعيع الأغذية. مع ذلك، مازالت الإستعمالات التجارية لهذه التقنية محدودة. ولكن مستقبل تشعيع الأغذية يعتمد على وعي الجمهور وفهمه الأفضل لدور التشعيع في الحفاظ على المواد الغذائية من التلف وإطالة عمرها التخزيني والقضاء على الكائنات الحية المرضية فيها.

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

References

(1) Ajibola, O. 2020. An overview of irradiation as a food preservation technique. Novel Research in Microbiology Journal. 4: 779-789.

(2) Ashraf, M,. Sood, J. Bandral, M. Trilokia and M. Manzoor. 2019. Food irradiation: A review. Int. J. of Chem. Studies. 7: 131-136.

(3) Ehlermann, D, 2016. The early history of food irradiation. Radiation, Physics and Chemistry. 129: 10-12.

(4) Farkas, J. and C. Moha´csi-Farkas. 2011. History and future of food irradiation. Trends in Food science. 22: 121-126.

(5) Mostafavi, H., H. Fathollahi, F. Motamedi and S. Mirmajlessi. 2010. Food Irradiation: Applications, public acceptance and global trade. African J. of Biotechnology. 9: 2826-2833.

الآثار البيئية والصحية للمواد المشعة الطبيعية في صناعة النفط والغاز

Abstract

Nowadays, the environment suffers from excessive accumulation of radioactive pollutants, as radionuclides occur naturally. Examples of these radionuclides are: Radium-226, Radium-228, Radon-222, Lead-210 and Potassium-40 etc., which decay with many other artificial radionuclides. Approximately 80% of human exposure to radiation comes from natural radioactive sources, which may lead to several harmful effects on humans, animals or the environment. Materials that contain large amounts of natural radionuclides are referred to as Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM).

Humans are exposed to NORM every day naturally. Natural radiation is an integral part of our planet. It exists in body, food, air, products and in all places. In some industries, such as oil or gas, naturally occurring radioactive materials may have been concentrated or exposed to the accessible environment. This is called technology- enhanced radioactive materials (TE-NORM).

مقدمـــة

في الوقت الحاضر، تعاني البيئة من التراكم المفرط للملوثات المشعة، حيث تتحلل النويدات المشعة بشكل طبيعي. أمثلة على هذه النويدات المشعة هي: الراديوم- 226، الراديوم -228، الرادون-222، الرصاص-210 والبوتاسيوم-40، والتي تتحلل مع العديد من النويدات المشعة الأخرى التي يصنعها الإنسان. يتأتى تعرض الإنسان للإشعاع بنسبة 80% من المصادر المشعة الطبيعية، والتي قد تؤدي

إلى العديد من الآثار الضارة على الإنسان أو الحيوانات أو البيئة. ويشار إلى المواد التي تحتوي على كميات كبيرة من النويدات المشعة الطبيعية على أنها "مواد مشعة طبيعية المنشأ" (NORM).

نتعرض كل يوم بشكل طبيعي للمواد المشعة الطبيعية "النورم"، وهي جزء لا يتجزأ من الكوكب وتتواجد في أجسامنا والطعام الذي نأكله، والهواء الذي نتنفسه، والأماكن التي نعيش ونعمل فيها، والمنتجات التي نستخدمها. تؤدى بعض الصناعات مثل النفط والغاز إلى تعزيز المواد المشعة الطبيعية إلى الحد الذي قد يشكل مخاطر على الإنسان والبيئة وتتم تسمية هذه المواد بالمواد المشعة المعززة تكنولوجياً (TE-NORM).

تتراكم المواد المشعّة الطبيعية في المعدات البترولية المختلفة، مثل رؤوس الآبار والمضخات وأوعية الفصل. وقد تتخذ التراكمات شكل قشور وحمأة وبعض النفايات الأخرى. وما لم يتم استخدام إجراءات وقائية مناسبة، تكون هذه التراكمات خطرة على العاملين في تلك الصناعة وعلى البيئة.

والسؤال الذى يشغل بال المهتمين بالتأثيرات الصحية والبيولوجية للإشعاع منخفض الجرعات كتلك التي تصدر عن المواد المشعة الطبيعية، هو هل التعرض للمواد المشعّة الطبيعية يمكن أن يؤدى إلى الإصابة بالسرطان على المدى البعيد؟ ونظرًا لعدم وجود جرعة حديّة، فإن تحفيز الإصابة بالسرطان بسبب التعرض للإشعاع الصادر من المواد المشعة الطبيعية يعد عملية عشوائية. ولا يُتوقع حدوث آثار حادة أو شديدة مماثلة لتلك الناجمة عن الجرعات المرتفعة الصادرة من المصادر الصناعية.

ونستطيع القول أنه لا توجد تأثيرات حتمية في حالة التعرض للنورم في صناعة النفط، حتى في أسوأ الظروف الممكنة. ويكون تأثير النورم هو تأثير مزمن على المدى الطويل من التعرض غير المنضبط بقواعد الوقاية الإشعاعية، ومن الممكن أن يؤدى إلى الإصابة ببعض الأورام.

يؤدى عدم السيطرة على نفايات النورم إلى تلوث البيئة ويشكل خطراً على صحة الإنسان. ويمكن تخفيف هذه المخاطر من خلال تطبيق برنامج إدارة نورم داخل

شركات النفط والغاز. وتشمل هذه العمليات مراقبة النفايات المشعّة الطبيعية، ومراقبة المعدات الملوثة والسيطرة عليها، وتدريب العمال وتوعيتهم بمخاطر النورم وطرق الوقاية منه. وتطبق المبادئ العامة للوقاية من الإشعاع أساساً عن طريق تدابير وقائية جيدة في أماكن العمل للحد من مخاطر الإشعاع. ومن ثم، فإن التحكم في التعرض والقياس الكافي للجرعات هما أهم مكونات برنامج الوقاية من المواد المشعّة الطبيعية.

التأثيرات البيولوجية للإشعاع

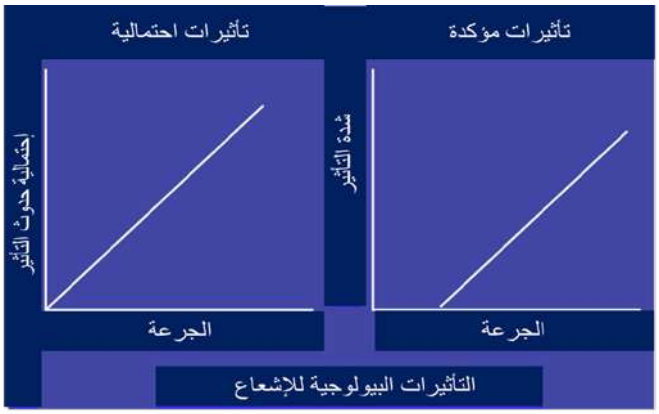
تنقسم التأثيرات البيولوجية للإشعاع إلى تأثيرات احتمالية (Stochastic effect) وتأثيرات مؤكدة (Deterministic effect). التأثيرات المؤكدة تأتي نتيجة للتعرض للجرعات الإشعاعية الكبيرة مثل المياه البيضاء التي تصيب العين أو حروق الجلد ونقص كرات الدم البيضاء، وهي تحدث عندما تكون الجرعة الإشعاعية الممتصة أعلى من مستوى 500 ملّي سيفرت. وعادة تصاحب التأثيرات المؤكدة للإشعاع بعض الحوادث الإشعاعية في الصناعات النووية وإستخدام المصادر ذات الأنشطة العالية مثل مولّدات الأشعة السينية والمسرعات.

من ناحية أخرى، فإن تطور السرطانات والطفرات الجينية هي أمثلة على التأثيرات العشوائية. وهي تأثيرات غير عتبية حيث لا يوجد لها حد جرعة محدد أو معدّل جرعة، أقل منهما لا يظهر خطر حدوث التأثيرات العشوائية أو الاحتمالية.

ومعظم التأثيرات الإشعاعية الناجمة عن التعرض للمواد المشعّة الطبيعية هي تأثيرات احتمالية نظرًا لأن الجرعات الإشعاعية الصادرة من النورم هى جرعات منخفضة، وأكثر هذه التأثيرات هي السرطان. ويتم تحديد درجة تأثير الجرعات المنخفضة من خلال منحنى العلاقة بين الجرعة والتأثير فيما يعرف بنموذج عدم العتبة الخطى (Linear Non-Threshold Model , LNT) كما هو مبين في الشكل رقم (1)، حيث يتم امتداد المنحنى الخطي إلى نقطة الصفر.

وكذلك يتم تقسيم التأثيرات البيولوجية للإشعاع إلى تأثيرات حادة، حيث يتم امتصاص الطاقة الصادرة من الإشعاع خلال فترة وجيزة من ساعات الى أيام،

وتأثيرات مزمنة، حيث يتم امتصاص الطاقة الإشعاعية على فترات زمنية طويلة لشهور أو سنوات. الجرعات الإشعاعية العالية تؤدي إلى تأثيرات حادة مثل فقدان الشعر أو حروق الجلد والوفاة. لا ينتج عن التعرض للنورم تأثيرات حادة، حيث ينتج عنه جرعات إشعاعية منخفضة تؤدي إلى تأثيرات مزمنة إحتمالية مثل نمو السرطان.



شكل رقم (1): نموذج العلاقة بين الجرعة والتأثير

ومن التأثيرات الإشعاعية الأخرى للمواد المشعّة الطبيعية التلوث الداخلي، حيث يستقر عنصر الراديوم في العظام في حالة دخوله إلى جسم الإنسان، نظراً لتشابهه الكيميائي مع عنصر الكالسيوم، مما يؤدي إلى ترسبه داخل أنسجة العظام مسببًا السرطان، وكذلك يؤدي إلى تدمير خلايا النخاع العظمي مما يسبب اختلال في تكوين الدم.

مصدر النورم في صناعة النفط والغاز

المواد المشعة الطبيعية جزءًا لا يتجزأ من القشرة الأرضية منذ أن تشكلت الأرض. حيث توجد سلاسل الإشعاع الطبيعي في الطبيعة: سلسلة اليورانيوم –238 وتشكل نسبة 99.27٪ من اليورانيوم الطبيعي، وسلسلة اليورانيوم–235 وتمثل

0.725٪ من اليورانيوم الطبيعي، وسلسلة الثوريوم–232 و البوتاسيوم–40. هذه السلاسل موجودة في حقول النفط والغاز في الأرض. يتم نقل هذه المواد المشعة عبر المياه المنتجة مع النفط إلى سطح الأرض. ومن المعروف أن ذرات هذه السلاسل غير مستقرة، مما يعني أنها تخضع لتحول ذاتي تلقائي بحيث تصبح ذراتها أكثر استقرارًا. تسمى عملية التحول هذه التفكك الإشعاعي.

تتواجد المواد المشعّة الطبيعية بنسب مختلفة في القشرة الأرضية، والتي يمكن زيادة تركيزها أثناء عمليات إنتاج النفط والغاز. وتعرف المواد المشعّة المستخرجة أثناء العمليات الصناعية المختلفة بأنها مواد مشعّة طبيعية معززة تكنولوجيًا (TE-NORM). وتتواجد تلك المواد في الحمأة، ونواتج الحفر والترسيبات القشرية في المواسير. وتحتوي على مستويات مرتفعة من الإشعاع يمكن أن يتعرض لها العاملون أثناء التعامل مع المعدات المحتوية على تلك المواد.

المواد المشعّة الطبيعية "النورم" المتواجدة في المعدات البترولية أثناء عمليات الاستخراج والمعالجة هي الراديوم – 226 والراديوم – 228 ونواتج تحللهما. يأتي الراديوم – 226 من سلسلة اليورانيوم – 238، ويأتي الراديوم – 228 من سلسلة الثوريوم – 232.

اليورانيوم والثوريوم يتواجدان في باطن الأرض بالقرب من مكامن النفط والغاز، وأثناء عمليات الاستخراج تخرج نواتج تحللهما مع الماء الناتج عن عمليات استخراج البترول والغاز نتيجة لذوبان الراديوم – 226 والراديوم – 228 في المياه، بينما اليورانيوم والثوريوم لا يذوبان في الماء، وبالتالي لا يتواجدا في المعدات البترولية الملوثة بالمواد المشعّة.

ونتيجة لذوبان الراديوم 226 و228 ينتقلا إلى سطح الأرض مع المياه المستخرجة، مما يؤدي إلى تراكم المواد المشعّة الطبيعية في معدات المعالجة المختلفة في صورة حمأة أو قشرة تتراكم على الأسطح الداخلية للمعدات. وتتناسب كمية المواد المشعّة المترسبة في معدات الإنتاج والمعالجة مع كميات المياه المستخرجة. وتبلغ نسبة المياة المستخرجة إلى كمية الزيت تقريباً: 10 إلى 1، حيث كل برميل زيت ينتج حوالى 10 براميل مياه، وذلك طبقا لإحصائية معهد البترول الأمريكي. تعتمد كميات

الراديوم الموجودة في المياه المنتجة والمرتبطة بالزيت على طبيعة وكمية هذه الصخور ومحتواها من اليورانيوم والثوريوم، بالإضافة إلى الظروف الفيزيائية والكيميائية مثل الضغط ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة.

اشكال النورم المختلفة

1- القشرة الصلبة (Hard scales):

القشرة الصلبة هى إحدى النفايات التى تتكون من مواد معقدة تحتوي على تكوينات جيولوجية. غالبًا ما تتكون هذه المواد من معادن أرضية قلوية، مثل السليكات والكربونات والكبريتات، وخاصة $BaSO_4$ و $SrSO_4$ و $CaCO_3$. يتم إنتاج هذه المعادن من خلال العديد من العمليات الفيزيائية والكيميائية، مثل حقن الماء في الخزانات، وتغيرات الضغط، ودرجة الحرارة، والتبخر في أنابيب إستخراج الغاز، وتوازن الأس الهيدروجيني، وتمدد السوائل، والتغيرات في حموضة الماء، واختلاط الماء غير المتوافق، ومعدلات التدفق المختلفة، والمواد المضافة أو الشوائب أثناء الاستخراج.

تتكون كربونات الراديوم وكبريتات الراديوم، وفي بعض الحالات سليكات الراديوم، نتيجة ترسب الراديوم مع الكبريت والسترونشيوم والكالسيوم بسبب التركيب الكيميائي المماثل لهذه العناصر. تعتبر التغيرات المفاجئة في الضغط ودرجة الحرارة وحموضة مياه التكوين التي يتم إحضارها إلى السطح من العوامل التي تساهم في تراكم القشور؛ علاوة على ذلك، في عملية حقن آبار البترول و خلط مياه البحر الغنية بالكبريتات.

2- الحمأة (Sludge):

الحمأة عبارة عن مادة لزجة تتكون من خليط معقد يحتوي على كميات مختلفة من الهيدروكربون السائل والطين والمواد المشعّة الطبيعية المذابة والزيوت المستعملة ومياه الصرف والرمل وما إلى ذلك. تتراكم الحمأة الناتجة عن الصناعات البترولية في

مكامن النفط الخام والغاز الطبيعي ومصافي الطاقة ومحطات إزالة ملوحة المياه وأنابيب النقل وأماكن أخرى أثناء معالجة الإنتاج ونقل النفط والغاز الطبيعي. المواد المشعّة الموجودة في الحمأة هي الراديوم – 226 والبولونيوم –210، والرصاص – 210 والراديوم – 228. والنشاط الإشعاعي في الحمأة عادة يكون أقل منه في القشرة الصلبة.

التأثيرات البيئية للنورم

يمكن تلخيص التأثيرات البيئية للمواد المشعة المعززة تكنولوجياً (TE-NORM) الناتجة عن صناعة النفط والغاز على النحو التالي:

قد يؤدي تصريف المياه المنتجة، والقشور الصلبة، والحمأة في المرافق البحرية لصناعة النفط والغاز إلى نقل TE–NORM إلى البيئة المحيطة. وفقًا لذلك، يزداد محتوى النويدات المشعة في رواسب الصخور والتربة ومياه الأنهار ومكونات البيئة المحيطة الأخرى، مما قد يكون سببًا للتلوث المحتمل لمياه الشرب. يمكن نقل هذه النويدات المشعة عبر الماء والتربة إلى الحيوانات والنباتات.

الأشكال الرئيسية للتلوث بالنورم:

يؤدي التخلص من النفايات الخطرة من الصناعات البترولية عبر دفنها في الأرض أو إغراقها في البحر إلى احتمال تلوث الهواء والتربة والمياه الجوفية والسطحية ومياه البحر، كما يؤدي إلى آثار ضارة محتملة على البيئة والحيوانات والنباتات، وبالتالي على صحة الإنسان نفسه. ولعل أبرز هذه الأشكال هي:

1- التأثير على الماء: تعتبر صناعة إستخراج النفط مؤثرة للغاية في المياه، حيث تنعكس في المياه الجوفية والأنهار والمحيطات والبحار، نتيجة للنفايات الناتجة عن التنقيب والإستخراج (سوائل الحفر ومياه الصرف)، وكذلك استخراج الزيت عن طريق حقن الماء من أجل زيادة سحب الزيت وتحسين الإنتاجية. وبهذه الطريقة، يعمل الماء على إزالة الزيت من الوسط المسامي من خلال عمليات الفصل التي تحافظ على الزيت في الخزان.

2- التأثير على المياه الجوفية: تتلوث المياه الجوفية نتيجة نفايات الحفر السائلة وغير السائلة. تحتوي هذه النفايات على مستويات عالية من الأملاح مثل الباريوم والبنزين وما إلى ذلك، وهي غنية بالنويدات المشعة، حيث يتم ترشيح الجزء السائل من النفايات إلى المياه الجوفية، مما يؤدي إلى تلوث إشعاعي خطير.

3- التأثير على المياه السطحية: قد تحتوي جميع النفايات السائلة من صناعة النفط والغاز مثل المياه المنتجة، ومياه غسيل الحفارات، وآلات الحفر، والصيانة والإصلاح، والمياه الملوثة بالشحوم، والحمأة السائلة، وما إلى ذلك، على مواد مشعة. وبالتالي، فإن تصريف هذه المواد في البيئة يؤدي إلى إطلاقها إلى سطح الأرض. وقد يتسبب في أضرار غير متوقعة بسبب زيادة تراكيز المواد المشعة عن طريق التسرب إلى المياه الجوفية.

4- التأثير على التربة: من المعروف أن عملية الحفر تؤثر بشكل مباشر على التربة لأنها تسبب تأثيرات كبيرة في الأرض، وقد تتسبب آلات الحفر في تسرب الوقود عبر مسام التربة وكذلك مخلفات الزيت. بعد ذلك، يتم نقل النويدات المشعة إلى التربة ثم إلى النباتات والخلايا الحية. وكذلك طرق التخلص من نفايات النورم مثل الحقن العميق للمياه المستخرجة أو تخزين النفايات جميعها لها تأثير كبير على تلوث التربة. تلوث المياه والتربة بالزيت المحتوي على النويدات المشعة له تأثيرات على النباتات والكائنات الحية (الطيور، الأبقار، الزواحف، ...إلخ)، وبالتالي فإن هذه النويدات المشعة قد تمر عبر السلسلة الغذائية للإنسان مسببة العديد من الآثار الصحية مثل السرطان وغيرها.

تقوم معظم شركات النفط في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك الشركات العاملة في الشرق الأوسط بالتصريف العشوائى للمياه المنتجة فى التربة المحيطة بشركات البترول. ومع زيادة درجات الحرارة تتبخر المياه وتترسب المواد المشعة فى التربة وتتغلغل خلالها. بمرور الوقت، تصبح هذه التربة شديدة التلوث بـ NORM. لذلك من المتوقع حدوث تلوث تحت السطح بدرجة كبيرة. لذلك تحتاج المناطق الملوثة إلى عملية إزالة التربة الملوثة وفقًا لقواعد الحماية من الإشعاع.

الآثار الصحية للمواد المشعة الطبيعية

قد تحتوي منتجات ومخلفات النفط والغاز على المواد المشعة الطبيعية، والتي ينبعث منها إشعاع جسيمات ألفا وبيتا وأشعة غاما. وبالتالي، يمكن أن يكون النورم مصدرًا للإشعاع. في حالة غياب إجراءات الوقاية الإشعاعية، تكون سيناريوهات التعرض للنورم، تعرض خارجي أثناء عمليات الإنتاج أو تلوث داخلي للعاملين وذلك أثناء عمليات الصيانة المختلفة للمعدات البترولية، وأثناء عمليات إزالة النورم من داخل المعدات الملوثة بالنورم وأثناء نقل الملوثات والمعدات الملوثة إشعاعيًا بالنورم.

أولاً: التعرض الخارجي:

التعرض المهني الخارجي في مجال صناعة النفط يكون بالأساس نتيجة التعرض لأشعة غاما الناتجة عن تحلل الراديوم – 226، والراديوم – 228 الموجودين في القشرة الداخلية لأسطح المعدات والحمأة الموجودة داخل أوعية الفصل، وكذلك في الرمال الملوثة نتيجة تصريف المياه المستخرجة أثناء عمليات الإستخراج. يعتمد معدل الجرعة الإشعاعية على كمية المواد المشعّة الطبيعية المترسبة داخل المعدات، وكذلك على النشاط الإشعاعي لتلك المواد الموجودة. وكذلك يعتمد على التدريع المتاح بواسطة جدران المواسير والأوعية. ويتراوح معدل الجرعة من عدة ميكروسيفرت/ ساعة إلى عدة مئات من الميكروسيفرت/ ساعة، والذي يعتبر مائة ضعف المستوى الإشعاعي القاعدي (2.4 ملّى سيفرت) نتيجة التعرض للأشعة الكونية وأشعة القشرة الأرضية. ويمكن الحد من التعرض الخارجي للعاملين في مجال صناعة النفط والغاز عن طريق زيادة المسافة بين العاملين والمعدات الملوثة، وتخفيض مدة التعرض مع وضع حد أقصى للجرعة الممتصة السنوية.

ثانيا: التلوث الداخلي:

يعتبر الرادون – 222 والراديوم –226 والراديوم –228 والرصاص –210 أهم عناصر المواد المشعّة التي تسبب تلوثًا داخليًا للعاملين في مجال صناعة النفط والغاز، والتي تتواجد في القشرة الصلبة الداخلية والحمأة الموجودة بمعدات الفصل والرمال الملوثة بالمياه المستخرجة. التلوث الداخلي بالنورم يمكن أن ينتج عن بلع أو تنفس المواد العالقة والغبار المحمل بالمواد المشعّة. ويحدث ذلك أثناء تعامل العاملين

مع المعدات التي توجد في الصيانة والتي تفتح لسبب ما، مما يؤدي إلى انتشار المواد المشعّة. ويحدث ذلك أيضًا أثناء تداول المعدات الملوثة وأثناء عمليات إزالة التلوث من تلك المعدات بواسطة شركات إزالة التلوث بالنورم من المعدات البترولية. ويمكن أن يحدث بلع المواد المشعّة إذا لم تتخذ الاحتياطات اللازمة، مثل منع الأكل والشرب والتدخين أثناء التعامل مع المعدات الملوثة.

التعرض الإشعاعي الناتج عن المواد المشعّة الطبيعية المعززة تكنولوجياً

تنتمي المواد المشعّة طبيعية المنشأ إلى سلاسل النشاط الإشعاعي الطبيعي: اليورانيوم –238، والثوريوم – 232، والسلسلة الثالثة لليورانيوم – 235. غالبًا لا نهتم بسلسلة اليورانيوم – 235 في النورم نظرًا لانخفاض تركيزه بكثير عن اليورانيوم –238. تتحلل النظائر المشعّة الطبيعية بإنبعاث جسيمات ألفا وبيتا وأشعة غاما، ولذلك يعتبر النورم مصدرًا للتعرض الخارجي والتلوث الداخلي بالراديوم –226 من سلسلة اليورانيوم –238، والراديوم –228 من سلسلة الثوريوم – 232 اللذين يذوبان في الماء ويختلفان كيميائيًا عن اليورانيوم والثوريوم. يتحلل الراديوم – 226 إلى غاز الرادون – 222 وهو غاز خامل يمكن أن يتسرب بواسطة الغاز الطبيعي في محطات معالجة الغاز. البولونيوم –210 والرصاص –210 تنبعث منهما جسيمات ألفا، ولذلك تزداد درجة خطورتها إذا كان الغبار محملًا بهما، مما يزيد فرصة دخولهما إلى الجسم عن طريق البلع أو التنفس.

خلال العمليات الروتينية اليومية يتعرض العاملون لأشعة غاما المنبعثة من خلال جدران المعدات والمواسير، ومن الممكن أن يصل معدل الجرعة على سطح المعدات والمواسير الملوثة إلى عشرات الميكروسيفرت / ساعة. وخلال توقف المعدات عن العمل وصيانتها من الممكن أن يتعرض العاملون إلى تلوث داخلي من خلال بلع أو استنشاق الغبار الذي يحتوي على غاز الرادون، ويكون معدّل الجرعة داخل معدات فصل الزيت أعلى من الخارج بسبب أن الجدران تعمل على توهين أشعة غاما في الخارج.

من الممكن أن يصل النشاط الإشعاعي للراديوم في أملاح الباريوم – راديوم– سلفات إلى 500 بكريل/غرام. ولذلك يجب عند صيانة المعدات مراعاة التهوية الجيدة قبل دخول أي شخص إلى داخل تلك المعدات تجنبًا لاستنشاق غاز الرادون. وتعتمد درجة النشاط الإشعاعي للقشرة الصلبة داخل المعدات على درجة الحرارة والضغط داخلها. ويتراوح النشاط الإشعاعي من 1 إلى 1000 بكريل/غرام بالنسبة للراديوم – 226، مسببًا جرعة ممتصة أعلى من 500 ميكرو سيفرت/ ساعة .

تأتي التعرضات المهنية للعاملين في مجال صناعة النفط والغاز نتيجة تواجد العاملين في محيط المعدات المحتوية على ملوثات النورم، أو من خلال عمليات الصيانة الدورية التي تتطلب فتح أوعية فصل الزيت وفتح المحابس والطلمبات. ويتعرض عمال الصيانة إلى الراديوم – 226، والرصاص 210، والرادون – 222 من الترسيبات الموجودة على الأسطح الداخلية للمعدات. وتأتي هذه الترسيبات نتيجة ذوبان الراديوم –226، والراديوم – 228 في المياة المستخرجة أثناء عمليات الإنتاج. إن تحديد الجرعة المهنية الحقيقية للعاملين في صناعة النفط والغاز، سواء أثناء العمل الروتيني اليومي أو أثناء عمليات الصيانة، يعتمد على معدل الجرعة والوقت الذي يمضيه العامل أثناء العمل. والعامل الحاسم في ذلك هو حساب عامل التواجد باستمرار أثناء العمل الروتينى وأثناء الصيانة، وتتراوح ساعات التواجد للعاملين في الأنشطة السابقة بين 10 ساعات – 20 ساعة / سنة. وبناء على هذا الإفتراض، فإن الجرعة الفعالة للأنشطة العادية والصيانة تكون في حدود 2 ملّي سيفرت/ سنة.

وفي دراسة نشرت حديثاً في المجلة العربية للعلوم النووية تحت عنوان: تقييم المخاطر الإشعاعية للتربة الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية (NORM) الناتجة عن المياه المنتجة أثناء إنتاج النفط والغاز، خلصت الدراسة إلى أن التخلص غير المنضبط من المياه المستخرجة أثناء إنتاج النفط والغاز يؤدي إلى تلوث التربة المحيطة بالمواد المشعة ذات المنشأ الطبيعي (NORM)، مما يؤدي إلى تلوث كميات كبيرة من التربة بنظائر الراديوم (Ra-226 و Ra-228). من أجل تقييم المخاطر الصحية الإشعاعية ومخاطر الإصابة بالسرطان على مدار العمر المرتبطة بالتربة الملوثة، تم تحديد تركيز النويدات المشعة التي تحدث بشكل طبيعي (Ra-226 و -232

Th و K-40) باستخدام مقياس الطيف بأشعة غاما. وكانت التراكيز 1939.56 و 737.86 و 198.21 بكريل / كيلوغرام على التوالي.

كانت نتائج المؤشرات الإشعاعية والجرعة السنوية الفعالة ومخاطر الإصابة بالسرطان المقدّرة من خلال استخدام كود RESRAD تتجاوز حد السلامة العالمي الذي حددته UNSCEAR. لذلك، يجب تطبيق قواعد الحماية من الإشعاع لحماية العمال الموجودين في هذه الأماكن. وقد أوصت الدراسة المشار إليها أعلاه بضرورة إزالة التلوث الإشعاعي في برك التبخير. كما أوصت بالسيطرة على المياه المستخرجة أثناء إنتاج النفط والغاز، عن طريق حقنها في الآبار القديمة أو من خلال التصريف في حفر مبطّنة لمنع تلوث التربة. هناك حاجة لوضع قواعد وأنظمة وطنية واضحة للتعامل مع المواد المشعة الطبيعية الناتجة عن حقول النفط والغاز المختلفة من أجل المساهمة في سياسة التحكم والإدارة الخاصة بـ TE-NORM المنبعثة من هذه الصناعة. ولا ينتج عن التعرض للنورم تأثيرات حادة وشديدة مماثلة للتأثيرات المرتبطة بالتعرض لمستويات عالية من الإشعاع من المصادر التى من صنع الإنسان. في معظم الحالات، لا يُظهر التعرض للإشعاع المؤين المنخفض أية آثار صحية ضارة.

ومع ذلك، فقد خلص العديد من الدراسات الوبائية والمخبرية الجديدة إلى أن التعرض لجرعات منخفضة من الإشعاع المؤين لا يزال يسبب خطرًا، خاصة إذا كان التعرض أعلى من حدود التعرض لعامة الناس أو أن إتباع إحتياطات السلامة غير الكافية يؤدي إلى تأثيرات متأخرة، مثل تطور بعض أشكال السرطان. وبشكل عام يمكن القول أن التعامل مع نفايات البترول الملوثة وتخزينها يؤدى إلى تعريض العمال والجمهور والبيئة لجرعات إشعاعية ضارة. وفي الوقت نفسه، يرتبط دفن النفايات البترولية وانتشارها في الأرض بالتعرض المحتمل للإشعاع الخارجي واستنشاق غاز الرادون.

الوقاية الإشعاعية ضد أخطار النورم

كل أنشطة العمل المرتبطة بالتعرض للنورم، بدون تطبيق قواعد وقاية وحماية للعاملين، من الممكن أن تؤدي إلى أضرار صحية للإنسان وللبيئة المحيطة. هذه

التعرضات غير المرغوب فيها من الممكن تخفيضها، إذا تم تطبيق برامج الوقاية الإشعاعية المناسبة. تبنى قواعد الوقاية الإشعاعية على تحسين ممارسات العمل من خلال التحكم في التعرض الإشعاعي، ومن خلال القياس الإشعاعي للجرعات في بيئة العمل. وتتحقق حماية البيئة من خلال التحكم في ملوثات النورم ومنع انتشارها عبر التحكم في المعدات الملوثة ومنع إستخدامها لأية أنشطة صناعية أخرى، إلا بعد إزالة التلوث منها بواسطة شركات إزالة التلوث الإشعاعي من المعدات البترولية.

حدد المجلس الدولي للوقاية الإشعاعية في سنة 2007 أن أي تعرض للإشعاع المؤين من الممكن أن يكون ضارًا للصحة، وبناء على ذلك تم تحديد قواعد للتعرض الإشعاعي التالية:

التبرير – لا يمكن تبرير أي نشاط بما في ذلك الإشعاع المؤين ما لم يكن من الممكن إثبات أنه سيؤدي إلى فائدة إيجابية.

التحسين – يجب أن تكون جميع حالات التعرض على الدوام منخفضة بقدر ما يمكن تحقيقه بشكل معقول (ALARA)، حيث يجب أخذ المعايير الاقتصادية والاجتماعية في الاعتبار.

تحديد الجرعة – يجب ألا يتضمن الحد الأقصى للجرعة المسموح بها من التعرض الإشعاعي لأي شخص خطر أكبر من خطر العمل في صناعة متفق عليها بشكل عام كصناعة "آمنة."

وأفاد المجلس الدولي للوقاية الإشعاعية في سنة 2007 أن الجميع قد يكون عرضة لتعرض كبير من إشعاع الخلفية القاعدية. ومع ذلك ، حتى الجرعات التي كانت أقل من إشعاع الخلفية القاعدية والتي تنتج عن أنشطة العمل تعتبر غير مبررة إذا لم تكن هناك فائدة مرتبطة بها، أو إذا كان من الممكن تجنبها بسهولة. ولقد تم إدخال متطلبات الحماية والسلامة من الإشعاع في معايير السلامة الأساسية الدولية (BSS) من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية على المعايير القياسية في صناعة النفط والغاز.

هناك هدف أساسي يجب تطبيقه في جميع الحالات، وهو الحفاظ على مستوى منخفض من التعرض للجرعات الإشعاعية قدر الإمكان (ALARA)، مع الأخذ في الاعتبار العوامل الاقتصادية والاجتماعية. وتستند معظم المتطلبات التنظيمية للوقاية من الإشعاع على الموافقة على إستخدام الإشعاع المؤين في الأنشطة البحثية والصناعية والصحية والزراعية وبحوث العلوم الأساسية إستناداً إلى نموذج عدم العتبة الخطى (LNT)، والذي يتضمن أن أية تعرضات مهما كانت صغيرة من الممكن أن يكون لها أثر ضار من خلال التأثير الجيني أو من خلال إحداث السرطان.

وعمومًا، أوصت المنظمات الدولية المعنية بالوقاية الإشعاعية بصحة تطبيق نموذج عدم العتبة الخطى (LNT) في مجال الوقاية الإشعاعية، وذلك تجنبًا للتعرضات غير المرغوب فيها والتي هي أقل من 100 ملّي سيفرت. حيث لا يوجد برنامج متابعة طبي دولي يستطيع الكشف عن الآثار الصحية في تلك المنطقة المنخفضة للجرعات الإشعاعية، والتي تأتي نتيجة التعرض للمواد المشعّة طبيعية المنشأ أو حتى المعززة تكنولوجيًا. وبمجرد تطبيق برنامج لإدارة النورم داخل شركات النفط والغاز، ستجد أنه من النادر تخطي جرعات العاملين حد الجرعة المخصص للجمهور وهو 1000 ميكروسيفرت. وتم ذلك بالطبع من خلال إستخدام مقياس الجرعة الجيبي للعاملين وعمل مسح إشعاعي لبيئة العمل بشكل دوري.

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

References

(1) Concentrations of TENORMs in the petroleum industry and their environmental and health effects. RSC Advances journal, issue 67 (2019) 9, 39201- 39229.

(2) Evaluating the Radiological Hazards of Contaminated Soil with Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) Resulting from Produced Water during Oil & Gas Production. Arab J. Nucl. Sci. Appl, Vol.54, 1, 162-172 (2021).

(3) Guidelines for the Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) In the Oil &Gas Industry. International Association of Oil and Gas Producers, Report No. 412 (2016).

(4) TE-NORM Radiological Impact and Radiation Protection in Oil and Gas Industry: A review. Arab J. Nucl. Sci. Appl., Vol. 54, 1, 141-150 (2021).

خطر الإصابة بالسرطان الثانوي بعد العلاج الإشعاعى

Abstract

Radiotherapy has been considered as a double-edged sword as it has a well-established role in the management of solid cancers, but unfortunately it is likely to induce cancers years after the treatment. Risk of (Radiation – induced secondary malignancies, RISM) is a main concern, especially in pediatric population due to increase number of survivors. One of the main reasons is that patients who receive radiotherapy are at high risk of developing secondary cancer because of their lifestyle and genetic predisposition. But as of now, only little information is available about those factors which can modify the risk of secondary malignancies like genetic variants, lifestyle or environmental factors.

مقدمـــة

يعد العلاج الإشعاعى واحداً من أهم الطرق المستخدمة فى علاج السرطان، حيث أنه يدخل فى علاج مايقرب من 50 إلى 60 % من مرضى السرطان، والهدف الرئيسى والأساسى دائماً فى العلاج الإشعاعى هو توصيل أعلى جرعة إشعاعية للورم وتقليل الجرعات الإشعاعية على الأنسجة والأعضاء السليمة المحيطة بالورم. فتوصيل جرعات إشعاعية عالية إلى الورم يؤدى إلى قتل الخلايا السرطانية أو حتى التحكم فى الورم، مما يحسن من فرص الشفاء لمرضى السرطان. كما أن تقليل الجرعات الإشعاعية على الأنسجة والأعضاء السليمة المحيطة بالورم يقلل من مخاطر الإشعاع على هذه الأنسجة والأعراض الجانبية للعلاج الإشعاعى. ومع التقدم المستمر على مدار السنوات الماضية فى طرق التشخيص والاكتشاف المبكر للأورام والتطور المستمر فى طرق العلاج الإشعاعى وإستخدام تقنيات العلاج الإشعاعى

ثلاثى الأبعاد (Three-Dimensional Conformal Radiotherapy, 3DCRT) والعلاج الإشعاعى متغير الشدة (Intensity-modulated radiation therapy, IMRT) والعلاج بالقوس الحجمي المعدل (Volumetric modulated arc therapy, VMAT) والعلاج بالبروتون (Proton therapy)، زادت نسب الشفاء لمرضى السرطان وأصبح هناك عدد كبير من المتعافين من السرطان. فعلى سبيل المثال يمكن أن تصل معدلات الشفاء من مرض هودجكين إلى أكثر من 90٪ مع إستخدام تقنيات العلاج الإشعاعى الحديثة. ولكن هؤلاء المرضى عرضة لحدوث مخاطر متأخرة للعلاج الإشعاعى، وأهم هذه المخاطر هو حدوث سرطان ثانوى فى الأنسجة الطبيعية القريبة من منطقة الورم، خصوصاً عندما يكون هؤلاء المرضى صغار السن.

كل المتعافين هم عرضة لحدوث سرطان ثانوى في الأنسجة السليمة التي تعرضت إلى جرعات إشعاعية ولو قليلة أثناء جلسات العلاج الإشعاعى. تعتمد البيانات التى تؤكد على أن التعرض للإشعاع هو سبب في حدوث السرطان في الأنسجة على الدراسات التى تمت على الناجين من القنبلة الذرية في هيروشيما وناغازاكي. حيث كانت هناك زيادة في معدل الإصابة بسرطانات الدم (اللوكيميا) والجهاز الهضمى والثدى والغدة الدرقية والمثانة مع جرعات إشعاعية وصلت إلى حوالى 2.5 سيفرت. كما بينت الدرسات وجود فترة كمون منذ التعرض الإشعاعى إلى ظهور السرطان نتيجة لهذا التعرض، حيث زاد معدل حدوث سرطان الدم بعد 10 سنوات من إنفجار القنبلة. وفى سرطانات أخرى وصلت فترة الكمون إلى 30 عاماً مثل سرطان الرئة والمعدة والقولون والمثانة والمرئ. أيضا كان معدّل ظهور السرطان أعلى في صغار السن مقارنة بكبار السن.

مميزات وعيوب تقنيات العلاج الإشعاعي

يستخدم العلاج الإشعاعي المتوافق ثلاثي الأبعاد التخطيط المقطعي المحوسب لتوليد صور ثلاثية الأبعاد من أجل تشريح المريض وأجزائه الداخلية بدقة. وبإستخدام هذه المعلومات، يمكن تصميم خطة علاج متوافقة مع المريض لتوصيل الجرعة إلى مكان الورم بالتحديد مع تجنيب الأنسجة المحيطة بالورم. ولكن إستخدام تقنية العلاج

ثلاثي الأبعاد تظل محدودة في تحديد الجرعة الإشعاعية على الأورام ذات الشكل الهندسي غير المنتظم.

للعلاج الإشعاعي متغير الشدة أيضًا عيوب ناتجة عن عمليات التخطيط والتطبيق المعقدة. ويمكن أن يسبب عدم تجانس الجرعة المستلمة أن تتلقى بعض مناطق الورم جرعة إشعاع دون المستوى الأمثل، وقد تؤدي الاختلافات في وضع المريض وتشريحه إلى اضطرابات في الجرعة المستلمة. ولم تجرى سوى القليل من الدراسات المقارنة بين تكاليف وموارد إستخدام تقنية العلاج الإشعاعي متغير الشدة بالمقارنة مع إستخدام تقنيات العلاج ثلاثي الأبعاد وثنائي الأبعاد. للعلاج الإشعاعي متغير الشدة مدخلات إضافية من الأطباء لتحديد الأماكن المستهدفة والوقت الفيزيائي الإضافي اللازم لعمل خطة علاج بالجودة المطلوبة، وهو أكثر تعقيدًا من التقنيات التقليدية على الرغم من تقليل وقت التصوير الإشعاعي مقارنة بالعلاج ثنائي وثلاثي الأبعاد. لذلك فإن تقييم مخاطر وفوائد تقنية العلاج متغير الشدة مهم جداً في تحديد فائدته السريرية. يعد مخطط حجم الجرعة (DVH) أداة شائعة لتقييم الجرعة التي يتم توصيلها إلى الورم والأعضاء المعرضة للإشعاع من الأنسجة السليمة.

العلاج الإشعاعي الخارجي التقليدي فعال في تحقيق السيطرة على نمو الورم والإفراز الهرموني المفرط في المرضى الذين يعانون من ورم الغدة النخامية. على الرغم من فعاليته، هناك قلق بشأن الآثار المتأخرة للإشعاع، حيث يمثل ورم الدماغ الثانوي الناجم عن الإشعاع مضاعفات مخيفة بشكل خاص. ومن المسلم به أن الإشعاع يرتبط بتطور الأورام داخل الجمجمة بعد التشعيع العلاجي لسرطان الدم الليمفاوي الحاد، والتهاب النسيج التنفسي، والأورام داخل الجمجمة، وتم وضع معايير للأورام الثانوية الناجمة عن الإشعاع. كما تم إثبات زيادة خطر الإصابة بأورام الدماغ الثانوية في الحيوانات المعرضة للإشعاع.

تطور السرطان بعد تقنية العلاج الإشعاعي متغير الشدة

ذكر العالم هول في العام 2003 أن المعلومات المتعلقة بالأورام الخبيثة الثانوية الناجمة عن الإشعاع جاءت من الناجين من القنبلة الذرية ومن الأفراد المعرضين طبيًا، بما في ذلك السرطانات الثانوية في مرضى العلاج الإشعاعي.

وأشار إلى أن الناجين من القنبلة الذرية أظهروا زيادة في الإصابة بالسرطانات في الأنسجة مثل الجهاز الهضمي والثدي والغدة الدرقية والمثانة، والتي يمكن التعبير عنها بعلاقة رياضية خطية مع جرعة تصل إلى حوالي 2.5 سيفرت. وأضاف أن هناك عدم يقين كبير فيما يتعلق بعلاقة الجرعة والاستجابة للتسرطن الناجم عن الإشعاع بجرعات أعلى. تشير بعض البيانات الحيوانية والبشرية إلى انخفاض في الجرعات الأعلى، وعادة ما يرجع ذلك إلى قتل الخلايا.

وأفاد أيضاً أن مرضى العلاج الإشعاعي أظهروا زيادة في الإصابة بأورام السرطان الثانوي. بالإضافة إلى ذلك، كان هناك حدوث زائد للساركوما (Sarcoma) وهو مصطلح عام لمجموعة واسعة من السرطانات التي تصيب العظام والأنسجة الرخوة المشعّعة بشدة في الحقل. كما أفاد العالم هول بأن الإنتقال من العلاج الإشعاعي التقليدي إلى العلاج الإشعاعي ثلاثي الأبعاد (D-CRT3) تضمن تقليل حجم الأنسجة الطبيعية التي تتلقى جرعة عالية، مع زيادة الجرعة إلى المكان المستهدف الذي يشمل الورم وكمية محدودة من الأنسجة الطبيعية. مما يؤدي إلى انخفاض في عدد الساركوما المستحثة وكذلك انخفاضًا طفيفًا في عدد الأورام السرطانية. على النقيض من ذلك تضمن الانتقال من العلاج ثلاثي الأبعاد إلى العلاج متغير الشدة (IMRT) المزيد من الحقول الإشعاعية، وزيادة الجرعات الصغيرة الواصلة للأنسجة الطبيعية. وأظهر التقييم الهيستوغرافي لحجم الجرعة (DVHs) أنه نتيجة لذلك يتعرض حجم أكبر من الأنسجة الطبيعية لجرعات أقل، مما زاد من التعرض الكلّي للجسم بسبب تسرب الإشعاع. وخلص التقييم إلى أن كلا العاملين يميلان إلى زيادة خطر الإصابة بالسرطانات الثانوية، وأنه إجمالاً من المرجح أن يزيد العلاج متغير الشدة إحتمالية حدوث الأورام الخبيثة الثانوية تقريبًا مقارنة بالعلاج الإشعاعي التقليدي ثلاثي الأبعاد من حوالي 1٪ إلى 1.75٪ للمرضى الذين بقوا على قيد الحياة لمدة 10 سنوات.

قدّر العالم مازوناكيس وآخرون في العام 2003 خطر الإصابة بسرطان الغدة الدرقية الذي يعزى إلى العلاج الإشعاعي في الدماغ لدى المرضى البالغين والأطفال. تم إستخدام مجسم لمحاكاة علاج أورام المخ مع حقلين متعارضين جانبيين. وتم قياس جرعة الغدة الدرقية بإستخدام مقاييس الجرعات المضيئة للحرارة. تم إجراء قياسات افتراضية لجميع الأحجام الممكنة التي يمكن تطبيقها أثناء العلاج الإشعاعي في

الدماغ لدى البالغين والأطفال. ووجدوا أن إدخال كتل الرصاص أو الأوتاد في الحزمة الأولية قد يؤدي إلى زيادة كبيرة في خطر الإصابة بسرطان الغدة الدرقية بسبب زيادة جرعة الغدة الدرقية. وخلصوا إلى أن العلاج الإشعاعي للدماغ أثناء الطفولة قد يكون مرتبطًا بزيادة خطر الإصابة بسرطان الغدة الدرقية الثانوي، بينما كان الخطر لدى المرضى البالغين أقل بكثير.

ذكر هول وفيل (2006) أن العلاج الإشعاعي متغير الشدة سمح بتركيز الجرعة في مكان الورم مع تجنيب الأنسجة الطبيعية. ومع ذلك، كان الجانب السلبي للعلاج متغير الشدة هو إمكانية زيادة عدد السرطانات الثانوية التي يسببها الإشعاع. وأشارا إلى أن أسباب هذه الإمكانات كانت المزيد من النبضات الإشعاعية، وبالتالي جرعة أكبر من الجسم الكلي بسبب التسرب الإشعاعي عبر المعجّل الخطّي.

وقام العالم روبن في عام 2008 بالمقارنة بين العلاج الإشعاعي متغير الشدة (IMRT) والعلاج الإشعاعي التقليدي ثلاثي الأبعاد (D-CRT3) من حيث المخاطر المسرطنة للسيناريوهات السريرية الفعلية. تم إنشاء خطط علاجية بتقنية العلاج متغير الشدة المكافئة سريريًا لحالات البروستاتا والثدي والرأس والرقبة التي تم علاجها بتقنية العلاج ثلاثي الأبعاد. تم إنشاء نموذجين محتملين للإستجابة للجرعة المشعة بناءً على بيانات الناجين من القنبلة الذرية التي تم تصحيحها للتجزئة. تم إستخدام تحليل الهيستوغرام بحجم الجرعة لتحديد الجرعة وتوزيعها على الأنسجة غير المستهدفة ضمن حجم التصوير المقطعي المحوسب، بينما تم إستخدام قياس الجرعات المضيئة للحرارة لتحديد الجرعة لبقية الجسم.

قام شورياك وآخرون في عام 2010 بتحليل أنماط خطر الإصابة بالسرطانات الثانوية كدالة للعمر مع الناجين من القنبلة الذرية اليابانية بإستخدام نموذج كمّي بيولوجي للتسرطن الإشعاعي، الذي تضمن كلا من الحث الإشعاعي للخلايا السابقة للتعرض للإشعاع والتسرطن الناجم عن الإشعاع للضرر السابق للمراعاة. وجدوا أن التوازن المعتمد على موقع السرطان يعتمد على خطر الإصابة بالسرطان وعلى العمر عند التعرض للإشعاع. بالنسبة للتعرض للإشعاع في منتصف العمر فإن معظم مخاطر السرطان الناجمة عن الإشعاع لا تنخفض، كما يُفترض غالبًا، مع زيادة العمر عند التعرض. أشارت هذه الملاحظة إلى أن الإجراءات المقدمة في التسرطن

الإشعاعي الثانوي تزداد أهمية مع زيادة العمر عند التعرض للإشعاع. قد تصل مخاطر الإصابة بالسرطان الناجم عن الإشعاع بعد التعرض له في منتصف العمر إلى ضعف ما كان مقدرًا سابقًا، مما قد يكون له آثار على التعرض المهني والتصوير الإشعاعي.

قام موراي وآخرون في عام 2014 بتقييم السرطان الأولي الثانوي في مرضى سرطان البروستاتا الذين عولجوا بالعلاج الإشعاعي، وقيّموا ما إذا كانت تقنية الإشعاع تؤثر على السرطان الأولي الثانوي. فقاموا بمراجعة منهجية لتحديد الدراسات التي فحصت السرطان الأولي الثانوي في مرضى سرطان البروستاتا الذين عولجوا بالعلاج الإشعاعي. ووجدوا في العديد من الدراسات أن خطر الإشعاع الناجم عن السرطان الأولي الثانوي زاد، خاصة مع تلك التي تستغرق فترات أطول من المتابعة. أخيرًا، خلصوا إلى أنه على الرغم من عدم التجانس بين الدراسات، فقد تم تحديد زيادة خطر الإصابة بالسرطان الأولي الثانوي بعد العلاج الإشعاعي في العديد من الدراسات، ويبدو أن هذا الخطر يزداد بمرور الوقت. كما أشاروا إلى أن هذه الزيادة في مخاطر السرطان الأولي الثانوي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند النظر في المرضى الذين يجب أن يتلقوا العلاج الإشعاعي والتقنيات التي يجب إستخدامها في الفحص والعلاج.

التسبب في الأمراض

1- نمط الحياة والعوامل البيئية:

لوحظ تأثير التدخين على خطر العلاج المرتبط بسرطان الرئة في العديد من الدراسات. بالنسبة للناجين من سرطان الغدد الليمفاوية هودجكين (HL)، قيمت دراسة دولية خطر الإصابة بسرطان الرئة فيما يتعلق بجرعة الإشعاع والعلاج الكيميائي والتدخين. شوهد الخطر الرئيسي لسرطان الرئة بين أولئك الذين كانوا مدخنين معتدلين إلى كثيفين وتم علاجهم بكل من العلاج الإشعاعي وعوامل الألكلة، مع المقارنة بغير المدخنين الذين عولجوا بنفس الطريقة. لوحظ أنه بعد علاج سرطان الغدد الليمفاوية هودجكين HL، كان 9.6٪ من جميع سرطانات الرئة بسبب العلاج، و24٪ منهم

بسبب التدخين، و63٪ منهم بسبب العلاج والتدخين مجتمعين. لوحظ في العديد من الدراسات أن خطر الإصابة بسرطان الرئة الزائد بعد استئصال الثدي والعلاج الإشعاعي يقتصر على المدخنين.

2- القابلية الوراثية:

القابلية الوراثية هي حقيقة معروفة لتطور السرطان. بحثت العديد من الدراسات في خطر الإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية فيما يتعلق بجينات معينة تشارك في التسرطن والمسارات البيولوجية لإستقلاب الأدوية. سرطان الدم النخاعي الحاد ومتلازمة خلل التنسج النقوي من المضاعفات المعروفة للعلاج السام للخلايا. تحدث معظم الحالات بعد 3 إلى 10 سنوات من الإشعاع أو عوامل الألكلة ويصاحبها تشوهات غير متوازنة في الوراثة الخلوية. ترتبط المتغيرات في جينات إستقلاب الأدوية وجينات إصلاح الحمض النووي والجينات التي تنظم البيئة المكونة للدم بزيادة قابلية العلاج لسرطان الدم المرتبط بالعلاج. وهذا يدعم فكرة القابلية الجينية للإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية المرتبطة بالعلاج.

3- العلاج:

أ- العلاج الإشعاعي: الإمكانات المسرطنة للإشعاع المؤين هي تأثير معروف جيدًا. يتسبب التعرض للإشعاع المؤين في تفكك فواصل الحمض النووي ذات الشريط الواحد والحبل المزدوج (DSBs). يمكن تحويل فواصل الخيط الفردي إلى DSBs أثناء تكرار الخلية. يمكن أن تؤدي DSBs إلى طفرة جينية، وبالتالي تحول خبيث للخلية المشععة. قد يؤدي التغيير في بروتين إصلاح الحمض النووي أيضًا إلى زيادة خطر الإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية. عادة ما يتم الحصول على علاقة الإستجابة للجرعة للتنبؤ بمخاطر السرطان عن طريق تحليل دراسات المجموعة بأثر رجعي. في الوقت الحاضر، تتوفر أكبر كمية من البيانات من الناجين من القنبلة الذرية في اليابان. وجدت الدراسات التي أجريت على هذه المجموعة أن معظم أنواع السرطان الثانوية من العلاج الإشعاعي تحدث في الحجم المشعع بمجال الإشعاع الأولي، حيث تزيد الجرعة على 2.5 غراي. ومع ذلك، فإن الأعضاء البعيدة معرضة أيضًا للخطر، لا سيما الرئة، حيث قد تكون الجرعة جزءًا صغيرًا من الغراي. بالإضافة إلى نوع

الأنسجة المعرضة والجرعة الإشعاعية، فإن الفترة الزمنية التي يحدث فيها التعرض والوقت الذي يلي التعرض هي المحددات الرئيسية لخطر الإصابة بالسرطان الناجم عن الإشعاع. أخيرًا، يعد الوقت منذ التعرض عاملاً مهمًا في تحديد مخاطر الإصابة بالسرطان اللاحقة. ولا يتم تشخيص معظم السرطانات المرتبطة بالإشعاع إلا بعد عقود من التعرض للإشعاع وزيادة الخطر بمرور الوقت.

ب- العلاج الكيميائي: يؤدي إستخدام العلاج الكيميائي أيضًا إلى زيادة خطر الإصابة بالأورام الخبيثة الصلبة، والتي تحدث عادةً بعد أكثر من 10 سنوات من التعرض. يزيد التعرض لعوامل الألكلة من خطر الإصابة بسرطان الرئة والغدة الدرقية والجهاز الهضمي والمثانة وكذلك الساركوما.

عوامل مساهمة

1- العمر عند الإشعاع:

العمر عند التعرض للإشعاع له تأثير كبير على تطوير الأورام الخبيثة الثانوية الناتجة عن الإشعاع (RISM). يزيد التعرض للإشعاع أثناء الطفولة بشكل كبير من خطر الإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية مقارنة بالمرضي الأكبر سنًا. بالنسبة لجرعة معينة، يكون الأطفال أكثر حساسية بعشر مرات لتطوير RISM مقارنة بالبالغين.

2- الجنس:

الإناث لديها ميل أكبر لتطوير RISM مقارنة بالذكور. ويمكن تفسير ذلك بزيادة التعرض للإشعاع في سن أصغر بسبب ارتفاع معدل الإصابة بسرطان الثدي والغدة الدرقية لدى الإناث. وأشارت عدة دراسات إلى أنه بالنسبة لجرعة معينة من الإشعاع، فإن النساء أكثر عرضة للإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية مقارنة بالرجال. تعد بيانات القنبلة الذرية هي الأفضل لإظهار أن الإناث أكثر عرضة للسرطانات الناجمة عن الإشعاع مقارنة بالذكور. قدرت هذه البيانات أن كل واحد غراي إشعاع يزيد من معدل السرطانات الصلبة بنحو 35% عند الذكور و58% عند الإناث. وبالنسبة للسرطانات الصلبة كمجموعة أيضاً، كان لدى النساء معدل فائض مطلق من السرطان الثانوي عن الرجال.

3- الرابطة الزمنية:

حدث في اليابان أنه من بين الناجين من القنبلة الذرية، تم تشخيص المرضى في البداية بسرطان الدم. في وقت لاحق وبعد سنوات عديدة، تم تشخيص الأورام الصلبة. كما في حالة المرضى المشععين، تكون الفترة الكامنة لتطور سرطان الدم الثانوي حوالي 5-10 سنوات، بينما تتراوح فترة الإصابة بالأورام الصلبة بين 10-60 سنة.

4- تقنية الإشعاع:

ثبت أن إستخدام تقنيات الإشعاع القديمة يزيد من خطر الأورام الخبيثة الثانوية الناتجة عن الإشعاع (RISM). في الآونة الأخيرة، هناك قلق من أن زيادة إستخدام العلاج الإشعاعي متغير الشدة (IMRT) يرتبط بزيادة خطر الإصابة بـ RISM. في تقنية IMRT، تتعرض كمية أكبر من الأنسجة الطبيعية لجرعة منخفضة من الإشعاع قد تؤدي إلى جرعة متكاملة أعلى وبالتالي مخاطر عالية من RISM. ومع ذلك، فإن بيانات المتابعة طويلة الأجل مطلوبة للتوصل إلى نتيجة قوية إذا كان IMRT يزيد حقًا من مخاطر RISM. هناك تقدم تقني آخر في العلاج الإشعاعي وهو العلاج الإشعاعي الموجه بالصور (IGRT). قد يؤدي الإستخدام الروتيني للتصوير المتنقل أو التصوير المقطعي بالحزمة المخروطية الضخمة (CT) إلى التعرض لما يصل إلى 100 ملّي غراي يوميًا، مما قد يزيد من مخاطر RISM على المدى الطويل.

5- نوع الإشعاع:

في دراسة أجراها تشونغ وآخرون، كان المعدل العام للأورام الخبيثة الثانوية أقل في العلاج بشعاع البروتون (PBT) مقارنة بالفوتونات (5.2٪ مقابل 7.5٪). السبب المحتمل لذلك هو أن الجرعة التي تترسب بواسطة البروتونات تقترب بشكل حاد من نهاية نطاقها. يؤدي هذا إلى جرعة متكاملة أعلى في العلاج الشعاعي بالفوتونات (2-3 مرات) مقارنة بالبروتونات. في دراسة أخري أجريت على 59 مريضًا بالورم الأرومي النخاعي الذين تم علاجهم بإشعاع البروتون، لم يتم تشخيص أي مريض

بالورم الخبيث الثانوي بعد متابعة متوسطة قدرها 7 سنوات. تمت مقارنته أيضًا بسلسلة متطابقة من 43 مريضًا عولجوا بالفوتونات خلال نفس الفترة. لوحظ أن عدد المرضى الذين يعانون من RISM كان ثلاثة في مجموعة الفوتون، بينما لم يصب أي مريض بـ RISM في مجموعة البروتون.

تقييم معدل حدوث السرطانات الثانوية حسب المنطقة المشعة

في معظم الحالات، من الصعب تقييم معدل حدوث السرطانات الثانوية في مجموعة العلاج بالإشعاع. الاستثناءات الملحوظة هي البروستاتا وسرطان عنق الرحم، حيثما تتوفر خيارات جراحية مع توفير مجموعة مراقبة. وفيما يلي عرض للأورام الخبيثة الناجمة عن الإشعاع للبحث عن الخطر الزائد للإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية.

1- الثدي:

نظرًا لتحسن البقاء على قيد الحياة لدى مرضى السرطان بشكل كبير خلال السنوات القليلة الماضية، فقد زاد الوعي حول الأورام الخبيثة الثانوية الناتجة عن الإشعاع (RISM). أيضًا أظهر العديد من الدراسات أن الإشعاع لسرطان الثدي يزيد من خطر الإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية. تتطور RISM بشكل أساسي في الأعضاء الموجودة بالقرب من المنطقة المشعة بسبب ارتفاع التعرض للإشعاع.

في تحليل أجراه غرانتزو أوفرغارد، زاد العلاج الإشعاعي لسرطان الثدي بشكل كبير من خطر الإصابة بسرطان الثدي الثانوي، وحتى بعد 5 سنوات من التشخيص ظل الخطر مرتفعًا بشكل كبير. يعد سرطان الرئة والمريء أحد السرطانات الشائعة بعد تشعيع الثدي. وقد زاد خطر الإصابة بسرطان الرئة تدريجياً مع مرور الوقت يليه إشعاع سرطان الثدي. وزاد خطر الإصابة بسرطان المريء الثانوي بشكل كبير بعد 5 سنوات أو أكثر من تشعيع الثدي. كما ازداد خطر الإصابة بمرتين للساركوما الناتجة

عن الإشعاع والتي تنطوي على خطر نسبي. ومع ذلك، فإن العلاج الإشعاعي السابق لم يزد من خطر الإصابة بأورام الغدة الدرقية الخبيثة الثانوية.

2- البروستاتا:

يعد سرطان البروستاتا مثالًا جيدًا على السرطانات الثانوية التي يسببها الإشعاع، لأن الجراحة والعلاج الإشعاعي كلاهما فعال بنفس القدر في العلاج. برينر وآخرون قاموا بمقارنة الورم الخبيث الثانوي لدى مرضى سرطان البروستاتا الذين عولجوا إما بالجراحة أو بالعلاج الإشعاعي. وإستنتجوا أن العلاج الإشعاعي لسرطان البروستاتا زاد بشكل كبير من خطر الإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية بنحو 6٪ مقارنة بالجراحة. كانت غالبية أنواع السرطان الثانوية من سرطانات المثانة والمستقيم. ومع ذلك، زاد أيضًا معدل الإصابة بسرطان الرئة الثانوي والساركوما في مجال الإشعاع. في دراسة لتقييم تأثير الإشعاع بين مرضى سرطان البروستاتا، كان المعدل الإجمالي للسرطان الصلب الثانوي متشابهًا في العلاج الإشعاعي ثلاثي الأبعاد والتقليدي. ومع ذلك، كان خطر الإصابة بسرطان المستقيم الثانوي أقل بكثير في العلاج الإشعاعي ثلاثي الأبعاد مقارنة بالعلاج الإشعاعي التقليدي. كانت معدلات تشخيص السرطان الثانوي متساوية لكل من العلاج الإشعاعي الأعلى والأقل طاقة.

3- الأورام الخبيثة النسائية:

قام شاتور فيديا بتحليل بيانات 104760 مريضة بسرطان عنق الرحم. في هذه المجموعة، تلقت 52613 مريضة العلاج الإشعاعي. كانت المريضات اللاتي عولجن بالعلاج الإشعاعي أكثر عرضة للإصابة بسرطان ثانوي (القولون والمستقيم والقناة الشرجية والمبيض والرحم وهياكل الحوض الأخرى) حتى بعد 40 عامًا من المتابعة مقارنة بعامة السكان. بعد التعديل مع تقدم العمر، كانت المريضات اللاتي تم تشخيص إصابتهن بسرطان عنق الرحم في سن مبكرة أكثر عرضة للإصابة بالسرطان الثانوي.

تم تصنيف مريضات سرطان بطانة الرحم عشوائيًا لتلقي العلاج العشوائي. ووجد أنه بمتوسط متابعة 15 عامًا، أصيبت 22٪ و16٪ من المريضات بأورام خبيثة ثانوية في العلاج الإشعاعي مقابل مجموعة المراقبة، على التوالي. تضاعف معدل الإصابة بالأورام الخبيثة المعدية المعوية تقريبًا في مجموعة العلاج الإشعاعي (6.2٪) مقارنة بمجموعة المراقبة. كان الورم الخبيث المعدي المعوي أيضًا ثاني أولوية شائعة في مجموعة العلاج الإشعاعي.

4- سرطان الغدد الليمفاوية:

خطر الإصابة بالورم الخبيث الثانوي هو مصدر قلق كبير لدى مرضى سرطان الغدد الليمفاوية هودجكين (HL) بسبب صغر السن عند التشخيص. يتعرض الناجون من سرطان الغدد الليمفاوية هودجكين لخطر متزايد للإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية مقارنة بعامة السكان، وهي سرطان الثدي والرئة والقولون والمستقيم والغدة الدرقية والساركوما والمعدة. وأيضاً، فإن العلاج الإشعاعي لسرطان الغدد الليمفاوية اللاهودجكين (NHL) يزيد أيضًا من خطر الإصابة بالأورام الخبيثة الصلبة وسرطان الدم. العمر الأصغر عند الإشعاع، وزيادة جرعة الإشعاع، ومجال الإشعاع الأكبر، أي حقل الاشعاع، وإدارة العوامل السامة للخلايا هي عوامل خطر للأورام الخبيثة الثانوية.

5- الأورام الخبيثة لدى الأطفال:

كان هناك خطر متزايد للإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية بعد العلاج الكيميائي لمرضى سرطان الأطفال مقارنة بعامة السكان. تم تفسير حدوث السرطان الثانوي والآثار الضارة المتأخرة بعد علاج سرطان الأطفال من خلال دراسة الناجين من سرطان الأطفال. في دراسة أجريت على 20346 من الناجين من سرطان الأطفال الذين تم تشخيصهم من 1970 إلى 1986، لوحظ أن النسبة التراكمية لجميع الأورام الخبيثة الثانوية كانت 20.5٪ بعد 30 عامًا من التشخيص. كان خطر الإصابة بالأورام الخبيثة الثانوية أعلى لدى أولئك الذين تلقوا العلاج الإشعاعي. وبالمثل، في مجموعة من الناجين من سرطان الأطفال البريطانيين، كان الخطر الزائد المطلق لجميع أنواع الأورام الخبيثة الثانوية 19٪ بعد متوسط متابعة 24.3 سنة.

الخلاصة

تم اعتبار العلاج الإشعاعي سيفًا ذو حدين لأنه يلعب دورًا راسخًا في إدارة السرطانات الصلبة، ولكن للأسف من المحتمل أن يتسبب في الإصابة بالسرطان بعد سنوات من العلاج. تعد مخاطر الأورام الخبيثة الثانوية الناتجة عن الإشعاع (RISM) مصدر قلق رئيسي خاصة في الأطفال. أحد الأسباب الرئيسية هو أن المرضى الذين يتلقون العلاج الإشعاعي معرضون لخطر الإصابة بالسرطان الثانوي بسبب نمط حياتهم واستعدادهم الجيني. يمكن أن يكون هذا العامل أكثر أهمية من خطر الإشعاع. ولكن اعتبارًا من الآن، لا يتوفر سوى القليل من المعلومات حول تلك العوامل التي يمكن أن تعدّل مخاطر الأورام الخبيثة الثانوية مثل المتغيرات الجينية أو نمط الحياة أو العوامل البيئية.

في العديد من الدول، تم وضع توصيات بشأن الكشف عن الأورام الخبيثة الثانوية (خاصة سرطان الثدي) لمجموعات مختارة من الناجين المعرضين لخطر كبير. ومع ذلك، فإن معظم المبادئ التوجيهية تستند إلى توافق الآراء وليست قائمة على الأدلة. لا يمكن الفحص الفعال إلا من خلال فهم أفضل للسرطانات الثانوية المرتبطة بالعلاج. هناك نقص في هذه المعرفة حاليًا، لذلك هناك حاجة قوية لدراسات تبحث في الآليات التي تؤثر من خلالها العلاجات المختلفة على التسبب في الأورام الخبيثة الثانوية، والخصائص المرضية السريرية للسرطانات المرتبطة بالعلاج وتشخيصها. وتعد الأبحاث المتكاملة التي تشمل الدراسات السريرية وعلم الأحياء الإشعاعي والفيزياء مهمة لتقدير وتقليل مخاطر السرطانات الثانوية المرتبطة بالعلاج.

أ. د. ايهاب معروف عطا الله

أستاذ الفيزياء الطبية – المعهد القومي للأورام

جامعة القاهرة – جمهورية مصر العربية

attalla.ehab@gmail.com

References

(1) Assessment of the Second Cancer Risk after Prostate Cancer Treatment: Comparison of 3D Conformal Radiotherapy and Intensity Modulated Radiotherapy. Ibrahim M. Hassan, Ehab M. Attalla, Mohamed I. El-Gohary. Iranian Journal of Medical Physics, Vol. 19, No. 4 pp.; 222-233 (2022).

(2) Impact of 3D conformal and Intensity Modulated Radiotherapy on secondary cancer risk for patients with early prostate cancer. Ibrahim M. Hassan, Ehab M. Attalla, Mohamed I. El-Gohary. Journal of Radiation Research and Applied Sciences 15; pp.46–54 (2022) .

(3) Influence of distinct radiotherapy techniques to induce second cancer risks in left breast cancer. Raghda A. Elgendy, Wahib M.Attia, Ehab M. Attalla, Mostafa A. Elnaggar. International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology. Vol. 7, No. 2, 193- 202 (2018) .

(4) M. C. Stipp and A. Acco, “Involvement of cytochrome P450 enzymes in inflammation and cancer: a review,” Cancer Chemother. Pharmacol., vol. 87, no. 3, pp. 295–309 (2021).

(5) The risk of secondary cancer in pediatric medulloblastoma patients due to three dimensional conformal radiotherapy and intensity modulated radiotherapy Reham S Sherif, Wael M Elshemey, Ehab M Attalla. Indian Journal of Cancer. Vol. 55, issue 4, 372-376 (2018) .

أخبار عربية وعالمية

العراق يحرز تقدماً في تحسين خدمات مكافحة السرطان وينفذ توصية مراجعة برنامج مكافحة السرطان*

أحرز العراق تقدماً في تنفيذ التوصيات المنبثقة عن استعراض أجرته الوكالة الدولية للطاقة الذرية والوكالة الدولية لبحوث السرطان ومنظمة الصحة العالمية في عام 2021 بهدف تحسين المكافحة الشاملة للسرطان في الدولة، وفقاً لنتائج استعراض المتابعة الذي أُجري في الشهر الماضي. وشمل التقدُّم تحسين التنسيق بين مجلس السرطان العراقي ووحدة الأمراض غير السارية التابعة لوزارة الصحة، واعتماد مرسوم وزاري لتسهيل وصف المواد الأفيونية للمرضى الميؤوس من شفائهم. كما أكَّدت الحكومة عزمها على وضع استراتيجية وخطة وطنية لمكافحة السرطان.

تعمل السلطات الصحية في العراق على تنفيذ توصيات عام 2021 الصادرة عن خبراء الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية والوكالة الدولية لبحوث السرطان. وقد أُجريت المراجعة بناء على طلب الحكومة لتقييم التقدُّم الذي أحرزته الدولة، لا سيما في مجالات تشخيص السرطان وعلاجه وسرطانات الأطفال. سيتم إستخدام نتائج المراجعة لتوجيه وزارة الصحة نحو تحديد المزيد من الأولويات المتعلقة بالسرطان.

وفي حديث لوزير الصحة العراقي قال: "إنَّ تعزيز إدارة السرطان هو أحد أهم أولويات الرعاية الصحية في البلاد. يحتاج العراق إلى تطوير نهج شامل وواقعي وعملي، وفقاً للمبادئ التوجيهية المعمول بها ورهناً بتوافر الأدوية والتكنولوجيا الأساسية. ويتطلب ذلك إتباع نهج متعدَّد التخصصات، وإدراج الدعم النفسي والاجتماعي للمرضى وأُسرهم."

* أخبار الوكالة الشهرية " IAEA.News@iaea.org "، بتاريخ 2023/4/4.

تشمل بعض التحديات الأكثر إلحاحاً التي تواجه رعاية مرضى السرطان – الموجودة في مراجعة IMPACT لعام 2021 وبعثة المتابعة القطرية لعام 2023 – المعدات غير التشغيلية ونقص المبادئ التوجيهية لعلاج السرطان، إلى جانب نقص القوى العاملة ومحدودية التعليم والتدريب.

وفي حديث لمنسق رعاية / إدارة مرضى السرطان في وزارة الصحة قال: "يحتاج العراق إلى وضع خطة خمسية لمكافحة السرطان، ويجب أن يغطي هذا جميع مجالات مكافحة السرطان، من الوقاية إلى الرعاية التلطيفية، ويجب أن يحدِّد احتياجات التدريب ذات الأولوية".

ومتابعة لتوصيات الاستعراض الأولي، رشحت وزارة الصحة خمسة مرشحين للحصول على زمالات التعاون التقني للوكالة، أكمل كلٌّ منهم دورة تدريبية متعددة التخصصات مدتها شهر واحد في مجال علاج الأورام بالإشعاع والفيزياء الطبية في مجال العلاج الإشعاعي المتقدم. كما حصل المرشحون على خبرة سريرية عملية في مراكز رعاية مرضى السرطان في تركيا والأردن، بمساعدة وتوجيه خبراء دوليين. تم تنظيم زيارات علمية لمدة أسبوعين إلى إزمير في تركيا، مما أتاح الفرصة للخبراء العراقيين لرؤية مباشرة تخصيص الموارد ونهج الإدارة والتعبئة والتواصل مع القطاع الخاص ونماذج تقديم الرعاية التي يستخدمها أقرانهم في قسم علاج الأورام بالإشعاع في مستشفى جامعة إيجة بتركيا.

ويجري حالياً تقديم العديد من الزمالات الإضافية لمدة ثلاثة أشهر في مركز الحسين للسرطان لبناء القدرات في الفيزياء الطبية والسلامة الإشعاعية وعلاج الأورام بالإشعاع. وعند الإنتهاء من زمالاتهم، من المُتوقَّع أن يعود الخبراء إلى مؤسساتهم الأصلية في العراق، حاملين معهم القدرة على تنفيذ تقنيات جديدة، وتطبيق المعايير المتقدمة والإجراءات السريرية، وتبادل مهاراتهم المعزَّزة مع المتخصصين المحليين في العلاج الإشعاعي. إنَّ تطوير استراتيجية العراق لمكافحة السرطان بما يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة الوطنية أمر بالغ الأهمية. وستسهم نتائج مراجعة متابعة هذا المختبر في تحديد مقاييس نجاح إدارة السرطان في العراق.

زار فريق بعثة المتابعة لمراجعة IMPACT أكثر من 15 مستشفى وعيادة ومرافق أخرى، والتقى بصانعي السياسات الرئيسيين والأطباء وموظفي الدعم في بغداد وإربيل والموصل.

الإمارات تكافح التغير المناخي باستخدام القوى النووية وتشارك تجربتها *

تعد دولة الإمارات العربية المتحدة ذات طقس حار في فصل الصيف. فمن المعتاد أن تصل درجات الحرارة خلال هذا الفصل إلى نطاق 40 درجة مئوية، وأحياناً تفوق 50 درجة مئوية. ويؤدي تغير المناخ إلى تفاقم الوضع. وتصنف دولة الإمارات التي يبلغ عدد سكانها 10 ملايين نسمة، ضمن الدول التي لديها أعلى معدل للتعرض لآثار تغير المناخ، مع طقس أكثر دفئاً، وهطول أمطار أقل، وجفاف، وارتفاع منسوب مياه البحر، وتوقع حدوث المزيد من العواصف. إن إبقاء البلاد صالحة للسكن على المدى الطويل يعني معالجة تغير المناخ.

تتمثل إحدى الطرق التي تعالج بها دولة الإمارات العربية المتحدة تغير المناخ في الحد من البصمة الكربونية لنظام الطاقة الخاص بها باستخدام الطاقة النووية – وهي استراتيجية تساعد من خلال التعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية على تكرارها في دول أخرى.

في عام 2007، وبعد دراسة متأنية، قررت دولة الإمارات العربية المتحدة تطوير برنامج مدني للطاقة النووية. بعد ثماني سنوات فقط من بدء البناء في عام 2012، تم ربط مفاعل للطاقة النووية من تصميم كوريا الجنوبية، وهو الأول في سلسلة من أربعة، بشبكة الإمارات العربية المتحدة. محطة الطاقة النووية الجديدة الواقعة في براكة، على بعد حوالي 300 كيلومتر غرب العاصمة أبوظبي هي الأولى من نوعها في العالم العربي.

وقال مدير مركز الإمارات للتكنولوجيا النووية في جامعة خليفة:" تسعى العديد

* أخبار الوكالة الشهرية " IAEA.News@iaea.org "، بتاريخ 2023/4/28.

من الدول إلى تنفيذ برامج جديدة للطاقة النووية، ولكن دولة الإمارات العربية المتحدة تتميز بالنجاح في إطلاق برنامج وتحقيق الطاقة النووية التجارية في مثل هذا الوقت القصير، مع جميع معايير أنظمة السلامة التي نتوقعها اليوم." ويعمل مدير المركز بشكل وثيق مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية في تنسيق الأنشطة التي يمكن لخبراء من دول أخرى زيارتها والتعلم من تجربة دولة الإمارات العربية المتحدة. وبهذه الصفة، عينت جامعة خليفة مركزاً متعاوناً مع الوكالة في مجال البنية التحتية للطاقة النووية والموارد البشرية منذ عام 2017.

إن الدوافع الرئيسية لدولة الإمارات العربية المتحدة لمتابعة الطاقة النووية هي موثوقيتها، وتوافرها على مدار 24 ساعة، والطاقة الأساسية منخفضة الكربون. تعد الطاقة النووية منخفضة الكربون أمراً بالغ الأهمية للدولة، حيث تتبع استراتيجية "صافي الصفر" لعام 2050 التي تهدف إلى 14 جيغاواط من الطاقة النظيفة بحلول عام 2030.

تساهم محطة براكة النووية في ذلك من خلال وحدتين قيد التشغيل التجاري حالياً، والثالثة في طور البدء والرابعة في المراحل النهائية للتشغيل. وبمجرد إكتمال وحدات المفاعلات الأربعة، يمكنها توفير ما يصل إلى ربع الكهرباء في دولة الإمارات العربية المتحدة. وتتوقع مؤسسة الإمارات للطاقة النووية أن تنتج المحطة ما يصل إلى 5600 ميغاواط من الكهرباء، وهو ما يكفي لتشغيل 574 ألف منزل في الدولة لمدة عام كامل.

وتهتم دول أخرى أيضاً بتسخير القوى النووية من أجل قدرتها على التخفيف من آثار تغير المناخ، واليوم تنظر نحو 30 دولة في الشروع لاستخدام الطاقة النووية. وبدعم من الوكالة، يتقاسم المركز المتعاون مع جامعة خليفة خبرته مع بعض تلك الدول.

المراقبون النوويون يدعمون التعاون الدولي بشأن تقنية SMR *

أصدر أعضاء الرابطة الدولية للهيئات الرقابية النووية (INRA) بياناً مشتركاً يؤكد التزامهم بالعمل معاً لتقييم التصميم العام وترخيص تقنيات المفاعلات الصغيرة (SMRs). وأكدوا أن الدول في جميع أنحاء العالم تركز على القواعد النموذجية لتلك المفاعلات، ولكن المخاطر والتحدّيات المرتبطة بهذه التقنيات تحتاج إلى معالجة.

يدرك أعضاء INRA فرص أداء السلامة المحتملة التي يمكن أن تقدّمها تقنيات SMR، والدور المهم للجهات الرقابية في ضمان نشرها بأمان وأمن، وبما يتسق مع متطلبات عدم الانتشار النووي في الدول التي ترغب في اعتمادها.

ويلتزم أعضاء INRA الذين تتابع دولهم برامج نووية جديدة بالتعاون بصورة استباقية في تقييم التصميم العام للمفاعلات ومنح التراخيص ودعم المراجعات الرقابية الوطنية في الدول ذات الطموحات النووية الجديدة. ويسعون إلى تأسيس ترتيبات ثنائية ومتعددة الأطراف للتمكين من تقديم المشورة والتوجيه ومشاركة التقييمات الرقابية لدعم المراجعات الوطنية والخبرات والموارد.

يتطلب تعظيم قيمة التقييم المشترك لتصميم المفاعلات أن تلتزم الدول التي ترغب في اعتماد القواعد النموذجية لمفاعلات SMR بتقانات محددة لتلك القواعد والموضوعية في أطر زمنية مماثلة، وأن يقوم بائعيها بتطوير تحليل السلامة وتصاميم المفاعلات إلى مستوى مناسب للتقييم الرقابي. ويلتزم أعضاء INRA بالاضطلاع بتقييمات مدروسة للمخاطر وبتخصيص الموارد اللازمة للتسليم بوتيرة سريعة عند اتخاذ القرارات المتعلقة بالتكنولوجيا.

أعربت الرابطة عن دعمها لمبادرة التنسيق والمعايير النووية التي أطلقتها

* مترجم من" World Nuclear News, wnn "، بتاريخ 2023/5/26.

الدولية للطاقة الذرية، مع الإشارة إلى التحديات المحتملة والعقبات التي تواجه السعي لعملية دولية مسبقة للترخيص. ودعماً لنهج أكثر عالمية لتقييم المفاعلات الجديدة، ينظر أعضاء INRA في التعاون الرقابي من خلال الاتفاقات الثنائية / متعددة الأطراف، والطريقة المثلى لتعظيم كفاءة التقييمات، مع التأكيد على المسؤولية الأساسية للمراقبين الوطنيين من خلال الإشراف الرقابي المستمر.

ومن الجدير بالذكر أن الدول الأعضاء التسعة في الرابطة الدولية للهيئات الرقابية النووية (INRA) هي: كندا وفرنسا وألمانيا واليابان وكوريا الجنوبية وإسبانيا والسويد والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية. وهم مستعدون لدعم نهج تعاوني للتقييمات الرقابية لتقنيات مفاعلات SMR بأكثر الطرق كفاءة وفعالية.

إعداد وترجمة: م. نهلة نصر

أخبار الهيئة

إجتماعات المجالس الرئيسية

1 ـ الدورة العاديـــة الحادية والسبعون للمجلس التنفيذي للهيئة (تونس: 25-2023/5/27)

تم افتتاح أعمال الدورة الحادية والسبعين للمجلس التنفيذي للهيئة العربية للطاقة الذرية حضورياً وعن بعد في يوم الخميس الموافق2023/5/25، وذلك بمقر الهيئة وبمشاركة الأغلبية العظمى من ممثلي الدول الأعضاء إما حضورياً أو عن بعد.

ترأس الاجتماع سعادة المهندس مشاري وليد معرفي سفر رئيس وفد دولة الكويت، الذي رحب بالوفود المشاركة وشكر دولة فلسطين على حُسن رئاستها للدورة السابقة للمجلس، وأشار إلى الدور المهم الذي تلعبه الهيئة في مجالات الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية والعمل على خلق نقلة علمية وتقنية وتقديم العون لتطوير قدرات الدول العربية في المجال النووي السلمي.

بعد ذلك أخذ الكلمة الدكتور وجدي الرتيمي نائب رئيس المجلس ورئيس وفد دولة ليبيا، الذي ألقى كلمة أثنى فيها على الرئاسة السابقة للمجلس وقدم الشكر للإدارة العامة للهيئة، وذلك لسعيها الحثيث والمستمر للقيام بمهامها على أكمل وجه، وجهودها في تنفيذ استراتيجيتها الجديدة التي تغطي محاورها مجالات مهمة للتنمية المستدامة.

ثم أخذ الكلمة سعادة الوزير المفوض محمد خير عبد القادر مدير إدارة المنظمات والاتحادات العربية، الذي استهل كلمته بنقل تحيات معالي الأمين العام للجامعة العربية، وأشار إلى التطور النوعي الملموس في أسلوب أداء الهيئة من خلال جهود المدير العام والكوادر الوظيفية العاملة معه وإلى التعاون الكبير مع الأمانة العامة

والمنظمات العربية والدولية وتنفيذ البرامج والأنشطة بكفاءة عالية والعمل على توسيع نشاط الهيئة في معظم الدول العربية والتعاون مع المنظمات الإقليمية والدولية.

ثم ألقى سعادة أ.د. سالم حامدي المدير العام للهيئة كلمة رحّب في مستهلها بالسادة ممثلي الدول الأعضاء وبإستئناف مشاركة الجمهورية العربية السورية في أنشطة الهيئة. وبين أن جدول أعمال المجلس حافل بمواضيع تتعلق بعمل الهيئة وإنجازاتها التي نفذت ضمن رؤية استشرافية ترتكز على تعظيم الفائدة مع الحوكمة الرشيدة، حيث قامت الهيئة منذ انعقاد المجلس السابق بتنفيذ 19 نشاطاً علمياً شارك فيها ما يزيد عن الثلاثمائة متدرب من المتخصصين في مجالات الاستخدام السلمي للطاقة الذرية، بالإضافة إلى المشاركة في 6 اجتماعات نظمتها جامعة الدول العربية والوكالة الدولية للطاقة الذرية، وفي نفس الوقت تعمل الإدارة العامة للهيئة على استكمال الإجراءات للإعلان عن العديد من الأنشطة خلال النصف الثاني من العام والسعي إلى تنفيذ استراتيجيتها حتى العام 2030.

وقد عرض رئيس الدورة بنود جدول أعمال الدورة 71 للمجلس التنفيذي، وبعد النقاش والمداولة اتخذ المجلس بشأنها القرارات المناسبة.

2 ــ الدورة العادية الخامسة والثلاثون للمؤتمر العام للهيئة (تونس: 2023/5/28)

تم افتتاح أعمال الدورة العادية الخامسة والثلاثين للمؤتمر العام بتاريخ 2023/5/28 حضورياً وعن بُعد بمقر الهيئة العربية للطاقة الذرية، وبمشاركة وفود من كل الدول الأعضاء إما حضورياً أو عن بعد وبعض الدول غير الأعضاء وممثل الأمين العام لجامعة الدول العربية وممثلي بعض المنظمات العربية المتخصصة الموجودة في تونس.

تولى سعادة السفير إبراهيم محمود أحمد عبد الله ممثل مملكة البحرين لدى الجمهورية التونسية رئاسة المؤتمر، كما تولى معالي الوزير الدكتور منصف بوكثير رئيس وفد الجمهورية التونسية ووزير التعليم العالي والبحث العلمي نيابة الرئاسة وذلك حسب الترتيب الهجائي للدول العربية.

افتتح رئيس الدورة الحالية للمؤتمر الاجتماع بكلمة توجه فيها بالشكر والتقدير إلى معالي رئيس الدورة السابقة، وبيّن أهمية العلوم والتقانات النووية في جميع مناحي الحياة الاقتصادية والاجتماعية، وأكد حتمية أن تعمل الدول العربية مجتمعة لتطوير قدراتها البشرية والمادية من أجل تحقيق تنمية مجتمعية رائدة. وهنأ الهيئة على افتتاح مركز المعلومات والمختبرات الافتراضية.

ثم ألقى سعادة الوزير المفوض محمد خير عبد القادر كلمة نيابة عن معالي الأمين العام لجامعة الدول العربية، عبر من خلالها عن أن الهيئة هي الذراع الفني لجامعة الدول العربية في مجال الطاقة الذرية، وتعمل على تقديم الدعم لتوفير إمكانات البحث العلمي والتقني في ميدان الطاقة الذرية. وتمنى لأعمال المؤتمر النجاح وأن تصدر عنه توصيات وقرارات تدعم العمل العربي المشترك في مجالات عمل الهيئة. وقال أن المستجدات التي تمر بها المنطقة العربية تملي على مؤسسات العمل العربي المشترك تطوير أنشطتها لمواجهتها، وأن هناك صعوبات تواجه عمل المنظمات العربية ويأتي في مقدمتها عدم توفير التمويل لمشاريعها، وعلى الهيئة أن تقدم أنشطة لها مردود مالي على ميزانيتها وأن تقوم بالترويج لبرامجها التي تحتاج إلى تمويل.

ثم ألقى سعادة المدير العام للهيئة العربية للطاقة الذرية أ. د. سالم حامدي كلمة رحّب في مستهلها بالسادة المشاركين في المؤتمر العام. كما رحب بإستئناف مشاركة الجمهورية العربية السورية في أنشطة الهيئة. وأشار إلى أن الهيئة أحدثت في السنوات السابقة نقلة نوعية في كمّ ونوع أنشطتها ورسّخت التعاون مع منظمات العمل العربي المشترك، ومع الوكالة الدولية للطاقة الذرية التي وقّعت معها مذكرة تفاهم شاملة كان من ثمرتها إطلاق 4 مشاريع إستراتيجية مشتركة، وتم كذلك إفتتاح مركز معلومات ومختبر إفتراضي بمقر الهيئة في تونس بالتعاون مع المعهد المشترك للبحوث النووية ومقره في روسيا الإتحادية.

ثم ألقى معالي وزير التعليم العالي والبحث العلمي التونسي نائب رئيس الدورة الحالية للمؤتمر كلمة تمنى فيها إقامة طيبة للسادة المجتمعين، كما عبّر عن عميق إرتياحه لإستئناف مشاركة سورية في دعم عمل الهيئة العربية للطاقة الذرية بما يخدم مصالح الدول العربية كافة. وتوجه معاليه بالتهنئة إلى رئيس وفد مملكة البحرين لانتخابه رئيساً للمؤتمر. وأثنى على الدور المهم الذي تلعبه الهيئة في مساندة مجهودات الدول الأعضاء عبر توفير الأطر المناسبة من خلال تعاونها الوثيق مع المراكز العربية والدولية قصد تنفيذ استراتيجيتها.

تحدث عن بُعد سعادة أ. د. إبراهيم عثمان مدير عام هيئة الطاقة الذرية السورية، الذي عبر عن سعادته بالمشاركة من جديد في إجتماعات الهيئة وقدّم خالص شكره للمدير العام الذي تواصل معه فور صدور قرار جامعة الدول العربية على المستوى الوزاري. كما أبدى استعداده لدعم الهيئة العربية للطاقة الذرية بكل إمكانيات هيئة الطاقة الذرية السورية وتمنى أن يكون حاضراً بشكل شخصي وأن الهيئة السورية ستكون حاضرة وفاعلة في المجالس والأنشطة القادمة للهيئة.

ثم تولّى المؤتمر النظر في البنود المطروحة على جدول أعمال الدورة الخامسة والثلاثين. وبعد النقاش والمداولة اتخذ بشأنها القرارات المناسبة

المؤتمرات والمنتديات

1 ــ المؤتمر الثامن لتطوير البحث العلمي والإرشاد الزراعي في المنطقة العربية (عن بعد: 11-2023/4/12)

عقد المؤتمر الثامن لتطوير البحث العلمي والإرشاد الزراعي في المنطقة العربية تحت عنوان "دور البحث العلمي والإرشاد الزراعي في تحييد أثر تدهور الأراضي في ظل التغيرات المناخية" برعاية كريمة من أ. د. نصر الدين العبيد مدير عام المركز العربي

لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة "أكساد"، عبر تقنية الفيديو كونفرانس، خلال الفترة 11-12 /2023/4. شاركت الهيئة في هذا المؤتمر ممثلة في أ.د. يحيى الشخاتره المشرف على قسم علوم الحياة والبيئة. وقدم ورقة عمل حول دور الهيئة العربية للطاقة الذرية في إستخدام ونشر التقنيات النووية المتعلقة في تحييد تدهور الأراضي وتحسين إدارتها في المنطقة العربية في ظل ندرة المياه والتغيرات المناخية.

ناقش المؤتمر 4 أوراق عمل مقدمة من مركز أكساد والهيئة العربية للطاقة الذرية والمنظمة العربية للتنمية الزراعية و18 ورقة عمل وطنية مقدمة من الوفود العربية المشاركة، والتي تناولت الجهود المحلية البحثية والإرشادية من خلال المحاور التالية:

- الدراسات والأبحاث الوطنية الخاصة بالمؤشرات الأساسية والطوعية لتحييد تدهور الأراضي (تغيرات غطاء الأراضي والإنتاجية وخزين الكربون العضوي).
- البرامج الوطنية لتحييد تدهور الأراضي.
- دور تحييد تدهور الأراضي في الحد من الآثار السلبية للتغيرات المناخية.

واتفق المشاركون في نهاية المؤتمر على المقترحات والتوصيات التالية:

1- اعتماد نهج متكامل في الإدارة المستدامة لموارد الأراضي والمحافظة على سلامتها لتحقيق تحييد تدهور الأراضي.

2- إدراج استراتيجيات تحييد الأراضي وتحسين إدارتها ضمن سياسات الإرشاد الزراعي والبحث العلمي التطبيقي في الدول العربية.

3- تعزيز مراقبة الجفاف وتحديد المناطق المتأثرة به باعتباره مؤشر آخر لتحييد تدهور الأراضي، نظراً لتأثر معظم الدول العربية بالجفاف.

4- تطوير التعاون الإقليمي في مجال تحييد تدهور الأراضي.

5- تطوير قدرات البحث التطبيقي لتنفيذ أهداف مبادرة تحييد تدهور الأراضي.

6- تعزيز التنسيق والتعاون بين المؤسسات العربية المعنية بقضايا الأراضي والموارد الطبيعية الأخرى لتجنب تدهور الأراضي والمحافظة عليها.

7- مشاركة السكان المحليين وإدماجهم في أنشطة التنمية المستدامة لموارد الأراضي، وإعادة تأهيل المتدهور منها.

8- تعزيز آليات تعبئة مصادر التمويل العربي والدولي لتحسين أنشطة الإرشاد الزراعي المختلفة، لا سيما الإرشاد الرقمي في مجال تحييد تدهور الأراضي.

9- زيادة التشاور والتنسيق بين المنظمات الإقليمية العربية والدولية، والمؤسسات الوطنية وتبادل الخبرات في القضايا الخاصة بتحييد تدهور الأراضي.

10- التأكيد على ضرورة تحديث التشريعات الوطنية وتطويرها بما يتناسب مع تحديات حماية الأراضي، والمبادرة الدولية لتحييد تدهور الأراضي.

11- تعزيز مشاركة المرأة الريفية والشباب الريفي في مشاريع تحييد تدهور الأراضي.

12- تمكين المرأة الريفية وتعزيز دورها في التنمية الريفية والإرشاد الزراعي.

13- تكليف المركز بتنظيم ورشة عمل لتطوير النظم الإرشادية في الدول العربية.

14- عقد المؤتمر التاسع القادم في دمشق خلال عام 2025 بعنوان " دور البحث العلمي والإرشاد الزراعي في تحسين إنتاج الحبوب لدعم الأمن الغذائي العربي.

2 ــ المنتدى العربي الثاني للحد من التسلح وعدم الانتشار (الدوحة: 2-2023/5/4)

بناءً على دعوة إدارة الحد من التسلح ونزع السلاح بالأمانة العامة لجامعة الدول العربية، شارك أ.د. سالم حامدي، مدير عام الهيئة العربية للطاقة الذرية، في المنتدى العربي الثاني للحد من التسلح وعدم الإنتشار والذي تم عقده في الدوحة – دولة قطر خلال الفترة 2-2023/5/4 وتنظمه جامعة الدول العربية واللجنة الوطنية لحظر الأسلحة بوزارة الدفاع القطرية.

شارك في المنتدى بالإضافة إلى الهيئة العربية للطاقة الذرية وفود رفيعة المستوى من 20 دولة عربية والأمم المتحدة وعدد من المنظمات الإقليمية والدولية من بينها الإنتربول، ومنظمة الجمارك العالمية، وحركة مجموعة دول عدم الانحياز، إلى جانب عدد من السفراء والخبراء العرب والأجانب.

تناولت جلسات عمل المنتدى عدداً من المواضيع الهامة منها:

- التحضير للدورة الحادية عشر لمؤتمر مراجعة معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية، وتقييم الدورة الثالثة لمؤتمر إنشاء المنطقة الخالية من أسلحة الدمار الشامل في الشرق الأوسط.
- الأمن والأمان النوويين والضمانات.
- الحرب الروسية- الأوكرانية وتأثيراتها على منظومة نزع السلاح وتداعياتها الإقليمية والدولية.
- الاتجاهات العالمية في مجالات نزع السلاح والتحديات الحالية لاتفاقيات ومعاهدات أسلحة الدمار الشامل.
- تعزيز التعاون الدولي في مجال مكافحة الأسلحة الصغيرة والأسلحة الخفيفة غير المشروعة.

شهد المنتدى توقيع مذكرة تفاهم بين جامعة الدول العربية ممثلة بالأمين العام المساعد ورئيس قطاع الشؤون السياسية الدولية وبين اللجنة الوطنية لحظر الأسلحة القطرية. المذكرة تستهدف تعزيز التعاون بين الجانبين وعقد المنتدى بصورة دورية لتحقيق الأهداف المنشودة.

يعد هذا المنتدى أحد المنصات الدولية العربية للتواصل بين الخبراء في المنطقة العربية وخارجها، حيث يأتي إطلاقه في ظل ظروف دولية وإقليمية تحتاج الى التشاور وتبادل الرؤى بين الخبراء المعنيين والمختصين في مجال نزع السلاح.

وقدم سعادة المدير العام عرضاً عرّف من خلاله بالهيئة العربية للطاقة الذرية وبين دورها الفعال في توظيف التقنيات النووية في التنمية الإقتصادية والاجتماعية في الدول والمساعدة في بناء قدراتها من أجل التشغيل الآمن والسليم للمنشآت النووية والإشعاعية. وتم شرح المعالم الأساسية للإستراتيجية العربية للإستخدامات السلمية حتى العام 2030. كما بين سعادته أنه بالرغم من الفائدة العظيمة للطاقة الذرية ودورها الإيجابي في التنمية الاقتصادية والاجتماعية إلا أنه هناك مخاطر، مثل الحوادث الإشعاعية أو النووية أو أعمال التهريب والتخريب والجريمة، قد تنجم عن استخدامها ولابد من الإعداد لتفادي عدم حدوثها والإستعداد والإستجابة لها في حالة الحدوث حفاظاً على العاملين في ميدان الطاقة النووية وعامة الناس والبيئة والممتلكات والأمن الوطني والعالمي بشكلٍ عام. وبيّن دور الهيئة الفاعل في تعزيز أنظمة الدول العربية للأمن النووي وكذلك تأسيسها للشبكة العربية للهيئات الرقابية والشبكة العربية للرصد الإشعاعي البيئي والإنذار المبكر.

الاجتماعات العلمية

1 ــ اللجنة العلمية الابتدائية للمؤتمر العربي السادس عشر للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية (مقر الهيئة العربية للطاقة الذرية: 29-2023/4/30)

اجتمعت اللجنة العلمية الابتدائية للمؤتمر العربي السادس عشر للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية يومي 29 و 2023/4/30 بمقر الهيئة للتحضير من أجل انعقاد المؤتمر في المملكة الأردنية الهاشمية عام 2024، وفقاً لقرار المجلس التنفيذي (القاهرة: 10- 2022/12/11).

حضر الاجتماع السادة التالية أسماؤهم: أ. د. خالد طوقان: رئيساً، عضو المؤتمر العام من الدولة المستضيفة (الأردن) وأ. د. عاطف عبد الحميد: عضواً، رئيس اللجنة العلمية للمؤتمر في دورتيه السابقتين والسيد محمد العمري: عضواً من الدولة المستضيفة، رئيس اللجنة التنفيذية للمؤتمر.

وحضر من الهيئة العربية للطاقة الذرية أ. د. سالم حامدي المدير العام للهيئة العربية للطاقة الذرية، والدكتور ضو مصباح المشرف على إدارة الشؤون العلمية في الهيئة وممثل الهيئة في اللجنة التنفيذية للمؤتمر، والمهندسة نهلة نصر المشرفة على قسم التوثيق العلمي في الهيئة والمكلفة بالأمانة العامة للمؤتمر. ناقش الحاضرون الإعدادات اللازمة لتنفيذ المؤتمر باستضافة كريمة من المملكة الأردنية الهاشمية، وفيما يلي بيان بالمواضيع التي تمت مناقشتها وما تم اقتراحه حيالها:

– تقديم عرض عن اللائحة التنفيذية للمؤتمر العربي للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية والقواعد المنظمة له والالتزام بمواد هذه اللائحة عند تنفيذ المؤتمر.

– ترتيبات تنفيذ المؤتمرات السابقة والدروس المستخلصة للاستفادة منها.

– اختيار منطقة البحر الميت لتحتضن فعاليات المؤتمر، وتخصص قاعة كبيرة للافتتاح (250 شخص) و3 قاعات صغيرة للجلسات العلمية اليومية (50 شخص).

– تحديد موعد انعقاد المؤتمر ليكون خلال الفترة 15–2024/12/19 وعرضه على المجلس التنفيذي في دورته القادمة للنظر في إقراره.

– عقد اجتماع مشترك للجان المؤتمر العلمية والتنفيذية والتنفيذية المحلية قبل انعقاد المؤتمر بيوم واحد 2024/12/14 لاستعراض الترتيبات النهائية لتنفيذه.

– توزع جلسات المؤتمر على 4 أيام ويخصص اليوم الخامس للزيارات العلمية.

– الخطة الزمنية للتحضير لانعقاد المؤتمر: الإعلان عن المؤتمر 2023/7/17، آخر موعد لاستلام البحوث 2024/2/15، إجتماع الأمانة العلمية

2024/4/17–15، إجتماع اللجنة العلمية 2024/7/17–15، إبلاغ الباحث بقبول بحثه 2024/8/15.

– اتفق المجتمعون على تشكيل لجان المؤتمر، ومحاوره الرئيسية العشرة التالية: الموارد المائية، الأمن الغذائي، الصحة، البيئة، الصناعة والتعدين، العلوم النووية الأساسية، الأمان والأمن النوويين والضمانات، المفاعلات النووية، المسرعات، علوم المواد. وتعرض على المجلس التنفيذي في دورته القادمة.

– عرض مقترحات للشخصيات المدعوة لإلقاء المحاضرات في المؤتمر وفقاً للمحاور الرئيسية.

– قبول ملصقات علمية للباحثين (Posters) دون دعم مادي لمشاركتهم.

– إقامة معرض على هامش المؤتمر بالتنسيق مع الدولة المستضيفة.

2 ــ الإجتماع الأول لوضع الخطط التنفيذية للاستراتيجية العربية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى العام 2030: (تونس: 23-2023/5/24)

بناءً على إعتماد الإستراتيجية العربية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية 2021–2030، والطلب من الهيئة وضع الخطط لتنفيذ الاستراتيجية من أجل تحقيق أهدافها في مجالاتها الرئيسة (الموارد المائية والأمن الغذائي – الصحة – البيئة – الطاقة – الصناعة والتعدين) إضافة إلى الأمن والأمان النووي والإشعاعي، وذلك بالتعاون مع الجهات المختصة بالدول العربية والأمانة العامة لجامعة الدول العربية، وبناءً على قرار المجلس التنفيذي في دورته 70، وإستجابة لهذه القرارات تم إنعقاد الاجتماع الأول للخبراء بهدف وضع الخطوط العريضة للخطط التنفيذية وإقتراح مشاريع لكل مجال من مجالات هذه الاستراتيجية وكذلك وضع تصور عن كيفية تنفيذ الإستراتيجية وما يلزمها من موارد مالية، وذلك في مقر الهيئة بالجمهورية التونسية خلال يومي 23 و24 مايو 2023.

في بداية الاجتماع قام أ. د. ضو مصباح بتقديم عرض تفصيلي حول خلفية إعداد الاستراتيجية والمراحل والمرجعيات التي مرت بها وصولاً إلى إقرارها واعتمادها من قبل مؤتمر القمة العربية الذي عُقد في الجزائر 2022 كما تم استعراض الإستراتيجية بشكل تفصيلي. وقد ناقش المجتمعون السبل الكفيلة بتنفيذ هذه الإستراتيجية بشكل يعكس الإحتياجات الحقيقية للدول العربية في الاستفادة من تطبيقات الطاقة الذرية في مجالات التنمية المختلفة. ومن خلال المداولات في جوانب الاستراتيجية المتعددة خلص السادة الحضور إلى ما يلي:

– أن هذه الإستراتيجية ومجالاتها طموحة وتلمس عناصر التنمية الأساسية وتعتبر وثيقة مهمة للتعاون العربي في مجالات الإستخدام السلمي للطاقة الذرية.

– أن استراتيجية بهذه الشمولية والرؤية لا يمكن تنفيذها على أكمل وجه بالميزانية والهيكلية الحالية للهيئة، فلذلك وجب التفكير ملياً في تعزيز الكادر الفني للهيئة وزيادة موازنتها، بما يتلاءم مع المجالات العامة للإستراتيجية.

– أن موضوع انضمام جميع الدول العربية إلى الهيئة العربية للطاقة الذرية أمرٌ في غاية الأهمية ولا بد من إيجاد وسيلة لتحقيق ذلك.

– الإشادة بمذكرة التفاهم بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والوكالة الدولية للطاقة الذرية وإستثمارها في إعتماد مشاريع تخدم تنفيذ الإستراتيجية.

– إعتماد مشاريع عربية مشتركة ذات أهداف تنموية ومخرجات واضحة بما يتوافق مع أهداف الإستراتيجية. كما يتوجب إيجاد مصادر إضافية لتمويل هذه المشاريع.

– إعداد قواعد بيانات للمعامل والخبراء والخبرات الموجودة في الدول العربية.

– انتقاء البرامج العربية التدريبية والتعليمية الوطنية التي تتوافق مع الإستراتيجية وتبنيها لتعميم الإستفادة منها للدول العربية الأخرى.

– تشكيل مجموعات عمل فنية متخصصة في مجالات الإستراتيجية تكون مهامها إقتراح مشاريع رئيسية في كل محور ووضع خطة تنفيذية لهذه المشاريع.

– توجيه مجموعات العمل الفنية إلى صياغة المشاريع وبيان مبرراتها وأهدافها والأنشطة المصاحبة لها وميزانياتها ومؤشرات أدائها والنتائج المتوقعة منها.

– دعوة خبراء من الدول العربية غير الأعضاء للمشاركة في تلك المجموعات.

البرامج التدريبية

1 ــ ورشة العمل حول تأسيس وبناء نظام ضمان الجودة في مخابر التحاليل النووية والإشعاعية طبقاً لمتطلبات أيزو (عمّان: 7 – 2023/5/11)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية الأردنية ورشة عمل حول "تأسيس وبناء نظام ضمان الجودة في مخابر التحاليل النووية والاشعاعية طبقاً لمتطلبات أيزو"، وذلك في عمّان – المملكة الأردنية الهاشمية خلال الفترة: 7 – 2023/5/11. وقد شارك في هذه الورشة 25 متدرباً من الأقطار العربية التالية: الأردن، تونس، السعودية، العراق، فلسطين، لبنان، ليبيا، مصر واليمن.

هدفت الورشة إلى تبادل الخبرات المكتسبة للباحثين من مختلف الدول العربية في مجالات تأسيس نظام ضمان الجودة في سبيل تطوير عمل مخابر التحاليل النووية والإشعاعية وضمان موثوقية التحاليل والنتائج التي تصدرها. كما هدفت إلى تزويد المشاركين بالمعلومات المتعلقة بالتعرف على مفاهيم الجودة الرئيسية وتعلّم متطلبات المواصفة الدولية ISO 17025:2017، والتعرف على الخطوات المتعلقة ببناء نظام الجودة من معرفة الأساليب الإحصائية والمعايرة وخطوات تحضير العينات المرجعية وإستخدام الطرق الإحصائية في تقدير الأخطاء أثناء تحليل النتائج وما إلى ذلك.

وتضمّن البرنامج المحاور الرئيسية الآتية:

- التعرف على مفاهيم الجودة الرئيسية.
- متطلبات مواصفة ضبط الجودة ISO-17025 المطبقة في مختبرات القياس والمعايرة.
- خطوات تحضير العينات المرجعية وإستخدامها لضبط جودة القياس.
- التدقيق الداخلي ومعالجة حالات عدم المطابقة.
- معرفة الأساليب الإحصائية لضبط الجودة في المختبرات،
- تدريب عملي (كتابة الإجراءات حسب متطلبات الأيزو 17025، إعداد برامج التدقيق الداخلي، حسابات اللايقين في القياسات، بناء لوحات ضبط الجودة).
- كيفية تقدير الأخطاء أثناء تحليل النتائج.

حضر الجلسة الافتتاحية أمين عام هيئة الطاقة الذرية الأردنية الدكتور أحمد الصباغ 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 العلوم المرتبطة بالاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، وكذلك توجيه الشكر للهيئة الأردنية على إستضافتها البرنامج.

وقد تضمّن البرنامج العلمي للورشة 23 ساعة من المحاضرات النظرية و4 ساعات من الدروس العملية وفق برنامج الورشة العلمي.

حضر الجلسة الختامية معالي الدكتور خالد طوقان رئيس هيئة الطاقة الذرية الأردنية. وقد تم توزيع الشهادات، وعبّر المشاركون عن مدى شكرهم للهيئة العربية للطاقة الذرية، كما أكدوا على أن الورشة تعد من الورشات الناجحة في تزويد المشاركين بالمعلومات العلمية الضرورية في موضوع بناء نظام الجودة. وتمنى بعض المشاركين عقد ورشات عمل في السنوات القادمة حول إدارة المخاطر للمخابر

التحليلية والإشعاعية وفق المواصفة ISO31000 والإجراءات الفنية للمواصفة والتدقيق الداخلي خلال عملية تطبيق المواصفة.

2 ــ دورة تدريبية حول ممارسة التصنيع الجيّد للمستحضرات الصيدلانية المشعّة القاهرة: **(21 – 2023/5/25)**

نظمت الهيئة بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية دورة تدريبية حول "ممارسة التصنيع الجيّد للمستحضرات الصيدلانية المشعّة"، وذلك في القاهرة – جمهورية مصر العربية خلال الفترة: 21 – 2023/5/25. شارك في هذه الدورة 25 متدرباً من الأقطار العربية التالية: الأردن، تونس، العراق، ليبيا، مصر، موريتانيا واليمن.

هدفت الدورة إلى تبادل الخبرات المكتسبة للعلماء والباحثين من الدول العربية في مجالات التصنيع الجيّد للمستحضرات الصيدلانية المشعّة في سبيل تطوير عملية التصنيع لتتماشى مع المعايير الدولية وضمان جودة هذه المستحضرات. كما هدفت إلى تقديم الخبرات الضرورية لتأهيل كفاءات متخصصة في مجال المستحضرات الصيدلانية المشعة لإستخدامها في التشخيص والعلاج والإطلاع على مفهوم ممارسة التصنيع الجيد للمستحضرات الصيدلانية المشعة ومفهوم إدارة الجودة للمنشآت المنتجة للنظائر المشعة والمستحضرات الصيدلانية المشعة في الدول العربية.

وتضمّن البرنامج المحاور الرئيسية الآتية:

- تعريف المستحضرات الصيدلانية المشعة العلاجية والتشخيصية وتطبيقاتها الطبية.
- نبذة عن الإنتاج ورقابة الجودة للنظائر المشعة والطواقم المجفدة الطبية.
- تعريف بأنظمة إدارة الجودة والتأهيل والتحقق في ممارسة التصنيع الجيد للمستحضرات الصيدلانية المشعة.

- المستندات الدولية الداعمة لممارسة التصنيع الجيد للمستحضرات الصيدلانية المشعة.
- تصميم المنشآت والمناطق المعقمة تبعاً لممارسة التصنيع الجيد للمستحضرات الصيدلانية المشعة.
- التسويق الصيدلاني ومفهوم اليقظة الدوائية.

حضر الجلسة الافتتاحية رئيس مجلس إدارة هيئة الطاقة الذرية المصرية أ. د. عمرو الحاج علي والدكتور خالد زهرمان ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية. وقد ألقى كل منهما كلمة ترحيبية بالسادة المشاركين من الدول العربية، الذين وجهوا الشكر للهيئتين العربية والمصرية. وتضمّن البرنامج العلمي للدورة 22 ساعة من المحاضرات النظرية و4 ساعات من الدروس العملية وفق برنامج الدورة العلمي.

حضر الجلسة الختامية أ. د. هداية أحمد كامل نائب رئيس هيئة الطاقة الذرية المصرية. وقد تم توزيع الشهادات وعبّر المشاركون عن شكرهم للهيئة العربية للطاقة الذرية وهيئة الطاقة الذرية المصرية. كما أكدوا على أن الدورة تعد من الدورات الناجحة في تزويد المشاركين بالمعلومات العلمية الضرورية في موضوع التصنيع الجيّد للمستحضرات الصيدلانية المشعّة.

3 ـ عن دورة تدريبية حول معجل السيكلوترون: نظرية العمل، التطبيقات، الأمان (القاهرة: 5/28 – 2023/6/1)

نظمت الهيئة بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية دورة تدريبية حول "معجل السيكلوترون: نظرية العمل، التطبيقات، الأمان"، وذلك في القاهرة – جمهورية مصر العربية خلال الفترة: 5/28 – 2023/6/1. شارك في الدورة 20 متدرباً من الأقطار العربية التالية: السعودية، العراق، لبنان، مصر، موريتانيا واليمن.

هدفت الدورة إلى التعريف بنظريات تركيب وتشغيل معجّل السيكلوترون مع الإلمام بالجوانب الفنية والتقنيات الحديثة في أنظمة التحكّم والتبريد والتفريغ المستخدمة لتشغيله، مما يساعد المستخدم في الربط بين النظرية والتطبيق في إدارة الأجهزة النووية المعقّدة والعوامل المؤثّرة في إختيار التطبيقات المناسبة لمعجّل السيكلوترون. كما هدفت إلى التعرف على مختلف تطبيقات السيكلوترون، خاصة التطبيقات الطبية في مجال تصنيع المستحضرات الصيدلانية المشعّة.

وتضمّن البرنامج التدريبي للدورة المحاور الرئيسية الآتية:

- المفاهيم الأساسية عن نظريات تشغيل معجل السيكلوترون.
- أنظمة التشغيل والتحكم وتقنيات التبريد والتفريغ الحديثة.
- طرق إدارة المناطق الإشعاعية بمنشأة السيكلوترون ومعامل مراقبة الجودة.
- أهم التفاعلات النووية المنتجة للنظائر المشعة وتقنيات الإنتاج والفصل.
- إنتاج المركّبات الصيدلانية المشعة بإستخدام السيكلوترون.
- إستخدام المسرّعات الأيونية في تحليل المواد.
- تطبيقات النظائر المشعة فى تشخيص وعلاج النظائر والتقنيات الطبية المتعلقة بذلك.
- التخلص الآمن من النفايات المشعة.

حضر الجلسة الافتتاحية نائب رئيس هيئة الطاقة الذرية المصرية أ. د. هداية أحمد كامل والدكتور خالد زهرمان ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية. وقد ألقى كل منهما كلمة ترحيبية بالسادة المشاركين من الدول العربية، الذين وجهوا الشكر لكل من الهيئتين العربية والمصرية. وتضمّن البرنامج العلمي للدورة 19 ساعة من المحاضرات النظرية و5 ساعات من الدروس العملية وفق برنامج الدورة العلمي.

حضر الجلسة الختامية أ. د. هداية أحمد كامل نائب رئيس هيئة الطاقة الذرية المصرية وقد تم توزيع الشهادات وعبّر المشاركون عن شكرهم للهيئة العربية للطاقة الذرية. كما أكدوا على أن الدورة تعد من الدورات الناجحة في تزويد المشاركين بالمعلومات العلمية الضرورية في موضوع السيكلوترون وتطبيقاته.

4 ـ دورة تدريبية في مجال استخدام الإشعاع وبرامج المكافحة المتكاملة لآفات النخيل والتمور (القاهرة 28/5 – 2023/6/1)

نظمت الهيئة وبالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية خلال الفترة: 28/5–2023/6/1 بمدينة القاهرة –جمهورية مصر العربية، دورة تدريبية في مجال "استخدام الإشعاع وبرامج المكافحة المتكاملة لآفات النخيل والتمور". هدفت الدورة إلى التعريف بأهمية استخدام تقنية الإشعاع في مكافحة آفات النخيل والتمور ودمجها ببرامج المكافحة المتكاملة للآفات كوسيلة آمنة وناجعة، وأتاحت الفرصة لعدد من الكوادر العلمية في الدول العربية والعاملة في مجال مكافحة الآفات الحشرية والرقابة الصحية وحفظ الأغذية وغيرها للتدريب على مختلف الجوانب النظرية والعملية المتعلقة بمحاورها. شارك في هذه الدورة 22 مشاركاً من مختلف الدول العربية.

افتتح أ. د. هداية كامل نائب رئيس هيئة الطاقة الذرية المصرية، والدكتور يحيى الشخاترة ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية أعمال الدورة التدريبية بكلمات ترحيبية تضمنت أهمية عقد الدورة تحقيقاً لإستراتيجية الهيئة العربية للطاقة الذرية حتى عام 2030 وتعزيز التعاون العربي المشترك والمساهمة في تحسين الأمن الغذائي العربي.

تضمن البرنامج العلمي للدورة 26 ساعة من المحاضرات النظرية والدروس العملية والحلقات النقاشية وذلك على مدى 5 أيام، وفق المواضيع الآتية:

- أسس وأهمية الدراسة المتكاملة للآفات الحشرية.

- الأشعة المؤينة والنظائر المشعة في التطبيقات البيولوجية.
- وسائل المكافحة المتكاملة للآفات الحشرية.
- آفات النخيل والتمور.
- أهم طرق التعرف على الإصابة المبكرة وطرق الوقاية منها.
- الإشعاع وتوارث العقم في آفات النخيل والتمور.
- مكافحة سوسة النخيل الحمراء.
- استخدام الحشرات كمفترسات ومتطفلات في مكافحة آفات النخيل والتمور.
- المركبات الحيوية (فطر – فيروس – بكتريا – نيماتودا) ودورها في مكافحة آفات النخيل والتمور.

كما تضمن برنامج الدورة زيارة ميدانية إلى إحدى مزارع النخيل المصابة بسوسة النخيل الحمراء، حيث تم تعريف المشاركين بالطرق الحديثة المتعلقة بالكشف المبكر لهذه الآفة الخطرة المنتشرة في كل الدول العربية، كما تم تدريب المشاركين على إتباع أفضل الوسائل والطرق المتعلقة بالمكافحة المتكاملة لهذه الحشرة والتخلص الآمن من الأشجار المصابة. كما تضمن برنامج الدورة أيضاً تطبيقات عملية لتدريب المشاركين على طرق تشعيع التمور وإختيار الجرعات الإشعاعية المناسبة التي تؤدي إلى إطالة فترات التخزين وتحسين جودة التمور المعدة للاستهلاك المحلي والتصدير. وقام المشاركون بعرض تجارب دولهم المتعلقة بواقع زراعة النخيل والتمور وطرق المكافحة المتكاملة لسوسة النخيل الحمراء.

تم عقد الجلسة الختامية للدورة بحضور أ.د هداية كامل نائب رئيس هيئة الطاقة الذرية المصرية، ونوقشت نتائج الاستبيان الذي تم توزيعه على السادة المشاركين. وبعد الانتهاء من كلمات الحاضرين وزعت الشهادات على المشاركين.

نشاط الإدارة العامة

1 ـ برنامج الخبراء الدولي 22 للدول الأعضاء وشركاء المعهد المشترك للبحوث النووية JINR (دوبنا- روسيا الإتحادية: 24-2023/4/28)

بدعوة من المعهد المشترك للبحوث النووية JINR، شاركت الهيئة ممثلة بالمشرف على قسم التقنيات النووية الدكتور خالد زهرمان في برنامج الخبراء الدولي الثاني والعشرين JEMS-22 لصناع القرار في مجال العلوم والتعاون العلمي الدولي للدول الأعضاء وشركاء معهد JINR، وذلك في الفترة ما بين 24 و28 أبريل 2023 في مقر المعهد في مدينة دوبنا – روسيا الإتحادية.

بالإضافة إلى ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية، شارك في هذا البرنامج ممثلون عن الدول التالية: روسيا الإتحادية، مصر، باكستان، فيتنام وأفريقيا الجنوبية.

تم خلال فعاليات البرنامج الذي دام 5 أيام إستعراض الأنشطة المختلفة للمعهد في كافة المجالات. بدأ برنامج JEMS التدريبي بمحاضرة عامة حول JINR قدمها رئيس قسم التعاون الدولي ديمتري كامانين. إنقسم البرنامج إلى عدة أقسام موزعة على الأيام الخمسة لفعاليات هذا البرنامج: فيزياء الأيونات الثقيلة وتقنيات المسرعات، بحوث النترونات وعالم النانو، العلوم النظرية والمعلومات والتعليم، علوم الحياة على الأرض وفي الفضاء، علوم النوترينو. وقام المشاركون بزيارة مختبرات ومرافق المعهد والإستماع إلى محاضرات حول مجالات الدراسات العلمية من كبار المتخصصين في JINR. يضم المعهد 7 مختبرات هي: مختبر Veksler و Baldin لفيزياء الطاقة العالية، مختبر Dzhelepov للمشاكل النووية، مختبر Bogoliubov للفيزياء النظرية، مختبر Frank للفيزياء النترونية، مختبر Flerov للتفاعلات النووية، مختبر Meshcheryakov لتقنيات المعلومات ومختبر بيولوجيا الإشعاع.

في اليوم الأخير عقدت طاولة مستديرة إستعرضت نتائج البرنامج وتم توزيع الشهادات على المشاركين. وعلى هامش هذا البرنامج، جرت مباحثات جانبية مع رئيس قسم التعاون الدولي السيد ديمتري كامانين ومسؤول التعاون مع المنظمات الدولية الدكتور بوريس شاركوف وبحضور مسؤول المجموعة الوطنية المصرية في المعهد الدكتور وائل بدوي، تتعلق بعملية التحضير لإفتتاح مركز المعلومات والمختبر الإفتراضي في مقر الهيئة بتونس، والذي سيشكل حافزاً للباحثين من الدول الأعضاء في الهيئة للتفاعل والمساهمة في البحوث العلمية التي يتم إجراؤها في JINR، خاصة وأنه لأول مرة سيتم إفتتاح مركز معلومات JINR في مقر منظمة إقليمية.

وفي الختام تم توقيع مذكرة تضمنت ما تم الإتفاق عليه خلال هذه المباحثات، ومن أبرز بنودها زيارة وفد من معهد JINR إلى مقر الهيئة في تونس خلال الفترة 18–19 مايو 2023 هدفها:

- تدشين تمهيدي لمركز المعلومات والمختبر الإفتراضي.
- إقرار الصيغة النهائية للورقة المفاهيمية التي ترعى عمل المركز وتشمل الأهداف والمعالم وخطة العمل.
- الإتفاق على تحديد موعد الإفتتاح في نهاية العام 2023.
- الإتفاق على خطة عمل المركز للأعوام 2023–2025.

إعداد : م. نهلة نصر

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