الهيئة العربية للطاقة الذرية

الذرة والتنمية

نشرة علمية إعلامية فصلية
المجلد الرابع والثلاثون - العدد الرابع 2022

تأثير الإشعاع المؤين على الملوثات البيولوجية للأغذية

تطبيقات المسرعات الإلكترونية في مجال حفظ الأغذية

الدور التطبيقي لاستخدامات الإشعاع والنظائر في المجال الزراعي

المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء (المتوضعة على اليابسة) : المفاعل الأرجنتيني CAREM مثالاً

الذرة في خدمة الإنسان

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

إن الآراء والأفكار والمعلومات التي تنشر بأسماء كتّابها تكون على مسؤوليتهم
يسمح باستعمال ما ورد في هذه النشرة من مواد علمية أو فنية، بشرط الإشارة إلى مصدرها

المقالات والمراسلات توجه إلى رئيس تحرير نشرة الذرة والتنمية على عنوان الهيئة أدناه .
الإشتراكات والتوزيع : ترسل الطلبات إلى قسم التوثيق العلمي ــ إدارة الشؤون العلمية بالهيئة على العنـوان أدناه مع إرفاق شيك باسم الهيئة العربية للطاقة الذرية بالمبلغ المطلوب أو إجراء تحويل بالمبلغ إلى حساب الهيئة العربية للطاقة الذرية لدى الشركة التونسية للبنك *(STB)* - الفرع المركزي، نهج الهادي نويرة –تونس، مع إخطار الهيئة بالفاكس بصورة من مستندات التحويل.

رقم الحساب: 840-3-4173-90-100 10 404

IBAN: TN 59 1040 4100 9041 7338 4007

BIC: STBKTNTTXXX

الإشتراكات السنوية : 10 دولارات أمريكية للأفراد
20 دولار أمريكي للمؤسسات
يضاف إليها 15 دولاراً أمريكياً قيمة مصاريف البريد

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 الرابع والثلاثون ـ العدد الرابع 2022

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
✯ ملف العدد: حفظ الأغذية بالأشعة المؤينة	
– تأثير الإشعاع المؤين على الملوثات البيولوجية للأغذية ـ د. م. نشأت صقر	3
– تطبيقات المسرعات الإلكترونية في مجال حفظ الأغذية د. محمد منصور.....	15
✯ الدور التطبيقي لاستخدامات الإشعاع والنظائر في المجال الزراعي ـ د. م. ابراهيم علي مبارك	28
✯ المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء (المتوضعة على اليابسة): المفاعل الأرجنتيني CAREM مثالاً ـ د. قاسم خطاب	41
✯ أخبار عربية وعالمية ــ م. نهلة نصر	49
✯ أخبار الهيئة	53
✯ قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية.....	70

تأثير الإشعاع المؤين على الملوثات البيولوجية للأغذية

Abstract

In last years, the increase in consumer attention about fresh food has raised the interest in preservation methods, i.e, ionizing radiation (IR). This IR process uses high-voltage electron beams, X–rays and gamma rays to ensure food safety and quality. IR is an effective method to eliminate, or considerably reduce, food-borne microorganisms, parasites, insects, and other pests in the treated products. Irradiation of food must not be confused with contamination of food by radioactive materials, which themselves emit radiations that may harm consumers. However, controversies are surrounding the use of IR in food industry. In conclusion, IR can be used, at acceptable doses, as a control method in preserving food safety.

مقدمـــة

أدى الاهتمام الواسع للمستهلكين بالأغذية الطازجة في السنوات الأخيرة، سواء كانت غير معالجة أو قليلة المعالجة، إلى زيادة الاهتمام بالطرق غير الحرارية لحفظ الأغذية مثل الإشعاع المؤين. وفي نفس الوقت يجب تلبية حاجة المستهلكين لضمان سلامة الأغذية. غالباً ما يكون التوفيق بين هاتين الفكرتين صعباً عند الممارسة العملية. إن تشعيع الأغذية هو عملية فيزيائية تستخدم الإشعاعات المؤينة من النظائر المشعة للكوبلت أو السيزيوم أو من المسرعات التي تنتج مستويات محكمة من أشعة غاما أو الأشعة السينية أو الإلكترونات لضمان سلامة الأغذية وجودتها. يؤدي تطبيق الطاقة الناجمة عن الإشعاع المؤين على الأغذية إلى تعقيمها عن طريق

التخلص من الكائنات الحية الدقيقة والطفيليات والحشرات والآفات الأخرى. وقد ثبت أن الإشعاع المؤين يُحسّن سلامة الأغذية المختلفة سواء كانت من أصل حيواني أو نباتي. لذلك، يُوصى بجرعة الإشعاع وفقاً لنوع الإشعاع المتوافر في منشأة المعالجة بالإشعاع والكائنات الحية الدقيقة المتواجدة في الأغذية المراد معالجتها.

بدأ استخدام التأين لتعقيم المعدات الطبية ذات الاستخدام الواحد في أواخر الستينيات. وأصبح تطبيقاً رئيسياً لتعقيم المواد المختبرية وتحسين جودة المواد بجرعات عالية جداً تتراوح من 40 إلى 100 كيلو غراي. في الوقت نفسه، زاد اهتمام منتجي الصناعات الغذائية–الزراعية بهذه التقنية، والتي تبين أن لها مزايا متعددة مثل الحفاظ على جودة الغذاء وإمكانية حفظ أطول للغذاء مقارنة بالمعالجات التقليدية المعتمدة على الحرارة. كما يمكن أن تزود تقنية تشعيع الأغذية فوائد مرغوبة في الصناعات الغذائية–الزراعية مثل: القضاء على الحشرات والطفيليات، والتخلص من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض في الأغذية، وتأخير فساد الأغذية، وإطالة العمر الافتراضي لها. وتتلخص آلية استخدام الإشعاع المؤين في معالجة الأغذية بجزيئات أو فوتونات ذات طاقة عالية، مما يؤدي إلى تكسير الروابط الكيميائية بين الذرات وتكوين الجذور الحرة. عادة ما تعمل تلك الآلية بشكل أسرع من آلية المعالجات التقليدية المعتمدة على الحرارة التي تستغرق وقتاً أطول. يعتمد التأين في الغالب على إتلاف الأحماض النووية للملوثات البيولوجية، مما يؤدي إلى التخلص منها في الأغذية التي تحملها، بينما تبقى مكونات الأغذية مثل البروتينات سليمة إلى حد كبير. يمكن تطبيق تقنية التشعيع على المنتج النهائي أو العبوة المختومة للمنتج الجاهزة مباشرة للإستهلاك من أجل تقليل أو القضاء على الكائنات الحية الدقيقة والطفيليات والحشرات والآفات الأخرى التي تسبب فساد الأغذية.

الإشعاعات المؤينة المستخدمة في الصناعات الغذائية

يتمثل الشرط الأساسي والوحيد لمصدر الطاقة الذي يتم استخدامه في تشعيع الأغذية في أن مستويات الطاقة يجب أن تكون أقل من تلك التي يمكن أن تتسبب في

أن تصبح الأغذية المعالجة مشعة. بعد استيفاء هذا الشرط، يتم النظر في المصادر اعتماداً على جدواها العملية والاقتصادية، حيث يعتمد اختيار مصدر الإشعاع لتطبيقه عل مادة معينة على الجوانب العملية مثل سماكة وكثافة المادة ونسبة تجانس الجرعة الإشعاعية والحدود الدنيا والعليا للجرعة ومعدل المعالجة.

المسرع الإلكتروني

يمكن للإلكترونات أن تسبب التأين، حيث يعتبر الإلكترون هو الجسيم الوحيد المستخدم في تشعيع الأغذية. تعد كلاً من الحزم الإلكترونية عالية القدرة والإلكترونات المتسارعة المتولدة من المسرعات الإلكترونية بديلاً لمولدات النظائر المشعة. تمر الأغذية المراد معالجتها تحت الحزم الإلكترونية من خلال نظام ناقل يتكيف مع مبادئ الحماية من الإشعاع. يعتمد تطبيق تقنية الحزمة الإلكترونية أيضاً على طاقة هذه الإشعاعات. هناك الحزمة الإلكترونية ذات الطاقة المنخفضة (0.1–1 مليون إلكترون فولط) والحزمة الإلكترونية ذات الطاقة المتوسطة (1–5 مليون إلكترون فولط) والحزمة الإلكترونية ذات الطاقة العالية (5–10 مليون إلكترون فولط).

المصادر المشعة

هناك مجموعة من الإشعاعات الكهرمغنطيسية تتميز كل منها بأطوال موجية أو طاقة مختلفة وباستخدامات مختلفة. تمتلك فقط الأشعة السينية وأشعة غاما طاقة كافية لإحداث التأين في الأغذية. ويجب تقييد طاقة الأشعة السينية إلى 5 مليون إلكترون فولط. تنبعث أشعة غاما من العديد من النوى الذرية التي تخضع للتفكك الإشعاعي. ويتم إنتاج مصادر أشعة غاما المسموح باستخدامها في تشعيع الأغذية من الكوبلت– 60 والسيزيوم– 137، حيث أن السيزيوم– 137 يقتصر استخدامه الآن على مرافق المختبرات فقط بسبب مخاوف تتعلق بالسلامة الإشعاعية وارتفاع سعر العنصر.

تمر الأغذية المراد معالجتها بالأشعة على نظام ناقل مع إمداد متقطع. ولضمان تعرض مركز المنتج للجرعة المطلوبة يمكن إجراء جميع المعالجات في مرافق المعالجة المتخصصة متعددة الجوانب. تم تصميم مشعات غاما للعمل على

مبدأ الحماية من الخطأ، حيث يعود المصدر إلى وضع التخزين الآمن في حالة وقوع حادث غير مرغوب فيه. يتراوح النشاط الإجمالي للمواد المشعة المستخدمة في المنشآت الصناعية من بضع مئات الآلاف إلى بضعة ملايين كوري. وفي هذا المستوى من النشاط الإشعاعي، يُعتبر مرفق المعالجة الإشعاعية مرفقاً نووياً. لذلك، يتم إرسال المنتجات المراد معالجتها إلى هذه المرافق المحددة على عكس المسرعات الإلكترونية، والتي يمكن تركيبها في شركات تصنيع الأغذية لمعالجة المنتجات هناك.

تأثير الإشعاع المؤين على الملوثات البيولوجية

لوحظ التأثير المبيد للإشعاعات المؤينة على الملوثات البيولوجية بعد فترة وجيزة من اكتشافها. كان أول تأثير ملاحظ للإشعاع المؤين هو تلف الحمض الريبي النووي منقوص الأكسجين (DNA) أو إعادة تركيبه الوراثي. هذا التأثير الخلوي يمكن أن يسبب موت الملوث البيولوجي المستهدف. تعتمد حساسية الكائنات الحية الدقيقة للتشعيع على حجم الحمض الريبي النووي منقوص الأكسجين الخاص بهم، والمعدّل الذي يمكنه فيه إصلاح تلف الحمض النووي وعوامل أخرى. وبغض النظر عن تأثير الأشعة على الحمض النووي، يمكن للإشعاع المؤين أن يؤثر أيضاً على جزيء مجاور للحمض النووي ويتفاعل هذا الجزيء المتأثر بالإشعاع فيما بعد مع الحمض النووي. قد يؤثر التشعيع على المكونات الخلوية الأخرى، مثل الغشاء الخلوي والإنزيمات والسيتوبلازم. وقد لا يكون هذا الضرر الوراثي قاتلاً مباشراً، ولكن يمكن أن يلحق ضرراً أقل من مستوى القتل بهذه الخلايا، بحيث يمكن أن يعيق بقاء الخلية التالفة على قيد الحياة.

من الواضح أن التأثير المبيد للكائنات الحية الدقيقة يعتمد على الجرعة الممتصة. ففي حالة الجرعات المنخفضة، يمكن إعاقة العمليات الحيوية والكيميائية والهرمونية في المنتجات الغذائية الطازجة. وفي حال استخدام الجرعات العالية، تُقتل جميع الكائنات الحية الدقيقة ويتم تعقيم الأغذية.

تأثير الإشعاع المؤين على البكتيريا

يعد تثبيط نمو الكائنات الحية الدقيقة، وخاصة مسببات الأمراض البكتيرية، من أهم خصائص التشعيع. تُظهر الأنواع البكتيرية التي تتميز بكفاءة عالية لإصلاح حمضها النووي احتمالية أكبر للبقاء على قيد الحياة لدى تعرضها للتأين، وبالتالي فهي الأكثر مقاومة للإشعاع. بالإضافة إلى آليات البقاء هذه، هناك أنواع بكتيرية تعد مقاومة للإشعاع نظراً لامتلاكها آلية للتخلص من المواد الوراثية التالفة مما يساعد على بقائها حية. وأثناء إجراء البحث على تأثير الإشعاعات المؤينة على البكتيريا، لم يتم العثور على أي دليل علمي على أن المعالجة بالإشعاعات المؤينة تزيد من مقاومة الأنواع البكتيرية للأشعة المؤينة. ويُعد تشعيع الأغذية طريقة فعالة للتحكم في مسببات الأمراض البكتيرية، ولا يمثل أية مخاطر على المستهلكين.

تأثير الإشعاع المؤين على الأعفان

غالبًا ما توجد الأعفان في الأغذية ويتسبب تطورها في تغيرات مختلفة في الملمس واللون والنكهة والمظهر. يقلل التشعيع من عدد تجمعات الأعفان، ولكن تأثيراته ليست مفهومة جيداً على السموم الفطرية المتواجدة في الأغذية. يمكن أن يؤدي التشعيع إلى تثبيط الأحياء الدقيقة المرافقة للأعفان، و بالتالي يمكن أن يسمح لها بزيادة إنتاج السموم الفطرية. وفي بعض الأحيان، يمكن توقع انخفاض في إنتاج السموم الفطرية المفرزة من الأعفان.

تأثير الإشعاع المؤين على الخمائر

بشكل عام، لا تعتبر الخمائر أنواعاً ممرضة تنتقل عن طريق الأغذية، إلا أن وجودها وتطورها في بعض الأغذية يمكن أن يخلق ظروف تكاثر مواتية للكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، كما يمكن أن تكون هناك خمائر ممرضة في الأغذية. تُعتبر معظم الخمائر حساسة للإشعاع، وهناك أنواع متحملة للإشعاع. ويمكن القول أنه بسبب تحمل بعض أنواع الخمائر للإشعاع تصبح هذه الأنواع هي الكائنات الحية الدقيقة المهيمنة على الأغذية المشعة، إذا كانت موجودة بكميات كافية.

تأثير الإشعاع المؤين على الفيروسات

تعد الفيروسات أصغر مسببات الأمراض ذات الأحماض النووية المتواجدة في الأغذية. تم إجراء عدد قليل من الدراسات حول تثبيط نمو ونشاط الفيروس عن طريق الإشعاع المؤين على الأغذية. ويعود السبب لعدم إجراء دراسات كافية على الفيروسات للصعوبات الفنية، ولكونها مقاومة للإشعاع المؤين أكثر من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى. يمكن أن تنمو المقاومة الإشعاعية للفيروسات بما يصل إلى عشرة أضعاف مقاومة البكتيريا، اعتماداً على عوامل مثل: تركيز المادة العضوية في الوسط ودرجة حرارة التشعيع ومحتوى الرطوبة. في مجال الصناعات الغذائية–الزراعية، لا يمكن القضاء على الفيروس من خلال تطبيق الإجراء الوحيد المتبع في المعالجة الإشعاعية (من 0.1 إلى 10 كيلو غراي تقريباً) إلا بجرعات تكون عموماً خارج النطاقات الآمنة المستخدمة في الأغذية. وإذا كان الهدف هو القضاء على الفيروسات، فسيكون من الضروري دمجها مع العلاجات الأخرى مثل المعالجة الحرارية المعتدلة أو العلاج بالموجات الدقيقة، مما يؤدي الى تحسين كفاءة تثبيط نمو الفيروسات. إن الجرعات اللازمة لتثبيط نمو الفيروسات تزداد مع تناقص أبعادها لتصل إلى مستويات 20–100 كيلو غراي.

تأثير الإشعاع المؤين على الطفيليات

الطفيليات هي أخطار بيولوجية توجد بشكل أساسي في الأغذية ذات الأصل الحيواني أو الماء. على سبيل المثال، يمكن للنوع *Toxoplasma gondii*، مسبب التلوث البرازي، أن يتطفل على اللحوم والماء والخضروات النيئة بشكل غير مباشر، وهذا الطفيل خطير بشكل خاص على الأطفال حديثي الولادة الذين أصيبوا نتيجة انتقال العدوي من قبل أمهاتهم أثناء الحمل، مما يؤدي إلى الوفاة أو القصور العقلي أو اضطرابات العين. كما يمكن أن يسبب الطفيل *Entamoebea histolytica* الإسهال لدى البشر من خلال استهلاك الماء والفاكهة النيئة والخضروات الملوثة بالبراز. بالنسبة لهذين النوعين، تعتبر جرعة 250 غراي كافية للقضاء عليها في الأغذية. تعتمد فعالية الإشعاع المؤين بشكل كبير على مرحلة تطور الطفيل، حيث

تبين أن الجرعات العالية جداً مطلوبة للقضاء بشكل كامل على الطفيليات. ومع ذلك، إذا كان الهدف هو تعطيل دورة حياة الطفيل ، فستكون الجرعات المنخفضة كافية.

تأثير الإشعاع المؤين على الحشرات

تعتمد جرعات التأين المطلوبة لقتل الحشرات على عمرها في مرحلة النمو. وبالتالي، فإن الحساسية للإشعاع المؤين تختلف اختلافاً كبيراً في المراحل المتحّولة المختلفة والتي تشمل مراحل البيضة واليرقة والخادرة والحشرة الكاملة، حيث تزداد هذه الحساسية مع النشاط التناسلي وتقل مع درجة الاختلاف بين أطوار الحشرة. من الناحية العملية، ليس من الضروري تحقيق نسبة فتك بنسبة 100%. قد يكون كافياً استخدام جرعة إشعاعية لا تقضي على الحشرات بشكل كامل لمنع تحول البيض واليرقات إلى حشرات بالغة أو لتعقيم العذارى أو الحشرات البالغة الموجودة في الأغذية. وتجدر الإشارة إلى أن القدرة على تعقيم الحشرات قد تكون ذات أهمية كبيرة في معالجات الحجر الصحي أو المكافحة البيولوجية من خلال إطلاق ذكور الحشرات المعقمة في البرية. وبشكل عام، تُعد الإناث أكثر حساسية للإشعاع من الذكور. تم اقتراح جرعة مقدارها 250 غراي كعلاج فعال للحجر الصحي ضد ذباب الفاكهة، حيث سيمنع استخدام هذه الجرعة ظهور الحشرات البالغة من البيض واليرقات.

الحالة الرقابية والتنفيذية لتطبيق الإشعاع المؤين

الجوانب الرقابية

إن تأين المنتجات الغذائية هو عملية تخضع للرقابة الإشعاعية، حيث أن المنتجات المشعة هي إما جزء من قائمة موافق عليها أو تم منح الإذن بتشعيعها من قبل السلطة الرقابية المختصة بناء على طلب للحصول على ترخيص. يتطلب تنفيذ المعالجات تركيبات و/أو معدات متطورة في بيئة خاضعة للتحكم بشكل كامل. لذلك، فإن معالجة الأغذية بالتأين ليست بسيطة مقارنة بالمعالجات الحرارية، وتوفر العديد من التشريعات والقوانين إطاراً لاستخدامها. على المستوى العالمي، تُعد نصوص

الدستور الغذائي مراجع تتعلق بالمدونة العامة للاستخدام وممارسات الاستخدام في عام 2003، وقد تم تبنيها من قبل أكثر من 60 دولة. وغالباً ما يتم استكمال هذا الإطار العام باللوائح الوطنية و/أو المجتمعية؛ على سبيل المثال، يوفر التوجيه الأوروبي 1999/3/EC قائمة بالمنتجات المعتمدة وجرعات الإشعاع الخاصة بها.

تُعتبر معلومات المستهلكين حول معالجات الأغذية مهمة للغاية، خاصة بالنسبة للمعالجات التي لا تُحظى دائماً بقبول عالمي. بالنسبة للإشعاع المؤين، فإن المعلومات المتعلقة بتطبيقه على الأغذية و/أو أحد مكونات الأغذية إلزامية. قد يكون هذا في شكل بيانات بطاقة التعريف مثل "منتج تمت معالجته بالإشعاع المؤين"، أو "منتج تمت معالجته بواسطة طاقة مؤينة"، أو "منتج تمت معالجته بالإشعاع" أو وضع الرمز الدولي "رادورا"، مما يشير إلى وجود أحد هذه المعالجات الإشعاعية. ومع ذلك، فإن استخدام رمز "رادورا" يعد طوعياً.

تطبيقات العلاج المؤين المصرح به

يوجد العديد من الطرق لوصف التطبيقات الغذائية – الزراعية للمعالجات بالأشعة، يعتمد الأكثر شيوعاً على الجرعة المطبقة. وقد جرى التصريح بمستويات مختلفة من الإشعاعات المؤينة للمواد الغذائية المختلفة:

أ- تُستخدم جرعة 0.05–0.15 كيلو غراي كمضاد إنبات للبطاطس والبصل والثوم والكراث.

ب- تُستخدم جرعة 0.15–3 كيلو غراي كمبيدات طفيلية وحشرية في الحبوب والفاكهة والبقوليات. في نطاق الجرعات هذا، يمكن القضاء على بعض الديدان الطفيلية في اللحوم ، كما يتأخر نضج الفاكهة والخضروات الطازجة.

ج- تُستخدم جرعة 2–10 كيلو غراي في معالجة اللحوم ومنتجاتها والوجبات الجاهزة ومنتجات الأسماك والفواكه والخضروات الطازجة والتوابل والأعشاب ومكونات مختلفة لتحسين وضمان الجودة الصحية عن طريق التخلص من الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض و/أو إطالة العمر الافتراضي لهذه المنتجات عن طريق تقليل

التجمعات الميكروبية. إن تطبيق جرعة من التأين أقل من 10 كيلو غراي على الأغذية يُعد كافياً لتقليل الأعداد القابلة للنمو والتكاثر من البكتيريا المسببة للأمراض إلى مستوى لا يمكن كشفه، وينطبق ذلك أيضاً على تدمير طفيليات معينة. إن استخدام هذه الجرعة من التأين يعتبر كافياً للحفاظ على جودة الأغذية.

د- تُستخدم جرعة 10-60 كيلو غراي لتعقيم الأغذية التي يمكن تخزينها لمدة تصل إلى سنتين في درجة حرارة الغرفة في عبوات بلاستيكية محكمة الإغلاق.

الخلافات حول تصور المستهلك وقبوله لتأين الأغذية

لطالما كان تشعيع الأغذية قضية خلافية، على عكس العلاج المؤين المقبول على نطاق واسع للمعدات الطبية والمخبرية. إلى جانب ذلك، تواجه الصناعات الغذائية-الزراعية تحدياً كبيراً في استخدام التأين والتوافق مع القواعد العامة للمجتمع ووضع العلامات الدالة عليه في جميع أنحاء العالم لأنها نقطة محورية لمعارضة الأغذية المشععة. إن الأسباب الرئيسية للمعالجة الإشعاعية هي المقاومة العالية للسموم والفيروسات وزيادة المقاومة في البيئات الجافة. يؤكد أنصار المعالجة الإشعاعية للأغذية على ذلك، ويشيرون إلى الضرورة الفنية لمثل هذه المعالجات لأسباب مختلفة. السبب الأول هو تثبيط نمو العديد من مسببات الأمراض وجعل الغذاء آمناً للاستهلاك. السبب الآخر هو إطالة العمر الافتراضي للمواد الخام لتجنب إهدار الموارد الغذائية. من ناحية أخرى، يكرر معارضو عملية التأين نفس الحجج.

يمكّن تأين المنتجات الغذائية قطاع الصناعات الغذائية- الزراعية من تطوير وتقديم منتجات جديدة تلبي تفضيلات المستهلكين ومتطلباتهم المتغيرة. يتزايد الطلب باستمرار على الأغذية الجاهزة للاستهلاك بسبب نمط الحياة المتغير. وقد أصبح الناس أكثر وعيا بسلامة الغذاء ويريدون تناول غذاء صحي ونظيف، حيث أنهم دائماً ما يقدرون الأغذية الطازجة والطبيعية. بالإضافة إلى ذلك، دفعت الأزمات الغذائية الأخيرة وعدم اليقين فيما يتعلق بجودة الغذاء المستهلكين أيضاً نحو الحاجة المتزايدة لمعرفة المزيد عن الأغذية التي يشترونها بما في ذلك المعلومات المتعلقة بكل من

جودة الأغذية وإنتاجها. لذلك، يمكن تلبية التطورات الحالية في متطلبات المستهلكين وتفضيلاتهم من خلال تطبيق تأين الأغذية لزيادة العمر الافتراضي وسلامة المنتجات الغذائية الموجودة في السوق ذات الصفات الغذائية والحسية المفضلة للمستهلكين.

يعتمد اهتمام المستهلك على عوامل مختلفة. فقد أظهرت دراسة أُجريت على السكان الإيطاليين أن 98.2% من المستهلكين كانوا مهتمين بالحصول على معلومات حول معالجة الأغذية بالإشعاع المؤين بهدف رفع مستوى سلامة المنتج. على وجه الخصوص، كان هذا الاهتمام أعلى في بعض المجموعات المحددة، مثل أولئك الذين لديهم مستوى أعلى من التعليم، والذين أبلغوا عن حساسية عالية لقضايا سلامة الأغذية، والذين اشتروا بالفعل أو عن غير قصد الأغذية المشعة. أظهرت الدراسات أن الوعي والقبول بإشعاع الغذاء يتأثران بعوامل متعددة، بما في ذلك توفير المعلومات العلمية المناسبة. كما أظهرت الدراسة أن قبول الأغذية المشعة يتأثر بشكل أساسي بالمخاطر المتصورة للمستهلكين على الصحة نتيجة استهلاكهم. تؤثر أيضاً على الاختيار الخصائص الاجتماعية والاقتصادية، مثل العمر والدخل الشهري والمنطقة الجغرافية التي يعيش فيها المستهلكون. وفي ضوء نتائج الدراسات، يمكن تقديم التوصيات التالية لتشجيع المستهلكين على قبول تشعيع الأغذية:

أ- الخطوة الأولى هي نقل المعلومات العلمية في الأماكن العامة على منصات مختلفة، وخاصة استهداف قيم المستهلك والتشديد على أهمية برامج التثقيف الغذائي والحملات الترويجية التي تدعمها وزارة التعليم والمؤسسات العامة والخاصة، والتي تهدف إلى خلق وعي وتقبّل أكبر بين المستهلكين حول المنتجات المشعة.

ب- ينبغي أن يشارك واضعو السياسات ومديرو السلسلة الغذائية في حملات الترويج التي تهدف إلى تعريف المستهلكين بمبادئ وأهداف وفوائد تكنولوجيا التشعيع.

ج- يجب التوجه نحو قيم المستهلكين وإبراز مزايا التكنولوجيا في الحفاظ على الطعام طازجا بدلاً من مجرد الإشارة إلى التكنولوجيا.

د- يجب أن تأخذ المعلومات الواردة في الحملات الترويجية في الاعتبار الجوانب الإيجابية والسلبية للتكنولوجيا التي ستتواجد في أي نقاش حول الأغذية.

هـ- إنشاء شراكة مع تجار التجزئة الصغيرة ومتوسطة الحجم للمواد الغذائية حتى يتمكنوا من الترويج لتسويق الأغذية المشعة.

و- يجب مشاركة المؤمنين بقيمة تشعيع الأغذية، وبالتالي سيُنظر إلى تجار التجزئة على أنهم أقل تحيزاً وستزداد ثقة المستهلك بالأغذية المشعة.

ز- يمكن أن يؤدي تصنيف المنتجات لإظهار معلومات عن المزايا كضمان لسلامة الأغذية وقيم المستهلكين إلى تقليل معارضة المستهلك للأغذية المشعة.

الاستنتاج

تمت الموافقة على المعالجات بالأشعة المؤينة للأغذية في أكثر من 60 دولة. وتُحدد الهيئات الدولية والوطنية حداً أقصى للجرعة لكل منتج غذائي معتمد. فيما يتعلق بالاختلاف في استخدام إشعاعات غاما وتكنولوجيا الحزمة الإلكترونية، فإن إشعاعات غاما لها قابلية اختراق عالية جداً مقارنة بالحزم الإلكترونية. إن تكلفة المسرعات الإلكترونية عالية جداً ولكن هذه التكلفة تتناقص، نظراً لأن التكنولوجيا أصبحت أكثر شيوعاً. وفي الوقت نفسه، يمكن تفضيل الحزم الإلكترونية بسبب وجود خطوط إنتاج لمعالجة المواد وإخراجها بعد التشعيع ويُسمح بتركيبها في الموقع. من ناحية أخرى، بالنسبة لأشعة غاما، فإن معالجة الأغذية تنطوي على التعامل مع المواد المشعة؛ لذلك، من المتوقع أن يتم نقل المنتجات إلى مرافق المعالجة.

إن السموم الميكروبية والفيروسات مقاومة إلى حد كبير للإشعاعات المؤينة. ومع ذلك، فإن الجمع بين الحرارة وإشعاعات التأين يمكن أن يساعد في تحقيق أهداف سلامة الغذاء. ويجب عدم الخلط بين تشعيع الأغذية وتلوث الأغذية بالمواد المشعة التي تنبعث منها إشعاعات قد تضر بالمستهلك. لا يمكن للمعالجة الإشعاعية أن تجعل الغذاء مشعاً، لأن الإشعاع المستخدم، على الرغم من كونه عالي الطاقة، ليس قوياً بما يكفي لإحداث التغييرات الضرورية في النوى الذرية.

لا يمنع التشعيع التلوث بالعوامل البيولوجية ولكنه يسيطر عليه. لذلك، هناك حاجة إلى مزيد من البحث لتطوير المبادئ التوجيهية والتوصيات بشأن

العـلاجـات المركّبة ضد المخاطر البيولوجيـة في الغذاء. في الآونـة الأخيـرة، تـغير موقـف الجمهور تـجاه هذه التكنولوجيـا بشـكـل إيجابي، وذلك بفضل شـفافيـة المـعلومـات وحملات التوعية. علاوة على ذلك، يمكن أن يساعد التعاون والشراكة بين أصحاب الاهتمام المتعددين في زيادة وعي المستهلك فيما يتعلق بسلامة هذه المعالجات الإشعاعية .

د. م. نشأت صقر
هيئة الطاقة الذرية السورية
nsake@aec.org.sy

References

(1) Ehlermann, D.A.E. The early history of food irradiation. Radiat. Phys. Chem. 2016, 129, 10–12.

(2) FDA. Food Irradiation: What You Need to Know; FDA: Washington, DC, USA, 2020.

(3) IAEA, Manual of Good Practice in Food Irradiation: Sanitary, Phytosanitary and Other Applications; Technical Reports Series; International Atomic Energy Agency: Vienna, Austria, 2015; ISBN 978-92-0-105215-5.

(4)WHO, What Is Ionizing Radiation ? Available online, 2020.

تطبيقات المسرعات الإلكترونية في مجال حفظ الأغذية

Abstract

In food industry, the most important applications of Electron-beam (E-beam) accelerators are in pasteurizing and sterilizing food products including fruits and vegetables (fresh and dry), cereals, seeds, legumes, poultry meat, red meat and seafood. In addition, E-beam accelerators are excellent tools for phytosanitary treatment of agricultural products. Furthermore, they can be used in improving protein digestion, reducing anti-nutritional factors in legumes, improving the specifications of agricultural products to make them suitable for feeding animals and, possibly, for human consumption, and the applications list is continuously expanding.

مقدمـــة

أدى حظر استعمال الغازات السامة في تعقيم المنتجات الغذائية مثل بروميد الميثيل (MB) إلى دفع الباحثين والمؤسسات الحكومية وغير الحكومية إلى التحري عن إمكانية استعمال الطرق الفيزيائية، غير الحرارية، وخاصة منها الأشعة المؤينة، كبديل للطرق التقليدية في حفظ الأغذية. استعملت أشعة غاما الصادرة عن النظائر المشعة مثل الكوبلت–60 والسيزيوم–137 في تشعيع الأغذية. وعلى اعتبار أن هذين العنصرين نشطان إشعاعياً، فإن هذا يفرض تحدياً جدياً في الحصول على هذه المواد ونقلها وتخزينها وحمايتها. ونظراً لاحتمال تعرض المواد النشطة إشعاعياً للسرقة، فهنالك ضغوط كبيرة من قبل العديد من المنظمات الدولية مثل الوكالة الدولية للطاقة

الذرية، والإدارة الوطنية للأمن النووي الأمريكي والوكالة الأمريكية لتقليص الأخطار الدفاعية، للحد من الاستخدام التجاري لمثل هذه المواد خاصة مع توفر تقنيات بديلة مثل التشعيع بالحزم الإلكترونية.

ومع أن تقنية الحزم الإلكترونية تستعمل الأشعة المؤينة، فإن هذه الأشعة لا تنتج عن مواد مشعة، بل تنتج عن طريق تجهيزات خاصة تدعى المسرعات الإلكترونية. تتميز تقنية المسرعات الإلكترونية، بخلاف المحطات التي تعتمد على النظائر المشعة، بالقدرة على تشغيلها عند الحاجة وإيقافها عندما تنتفي الحاجة. بعكس ذلك، فإن المصادر التي تعتمد على النظائر المشعة لا يمكن إيقافها عن العمل وتنتج أشعة غاما بشكل مستمر سواء كان هنالك حاجة لذلك أم لا، وذلك لأنها تخضع للتفكك الإشعاعي الطبيعي. وكما هو معلوم فإن لهذه الميزة نتائج هامة من حيث الكلفة التشغيلية وأمان العاملين والتلوث البيئي، وهذا ما يمكن لمنشآت التشعيع التي تعتمد على المسرعات الإلكترونية أن تحققه.

تهدف المقالة إلى تسليط الضوء على تقنية المسرعات الإلكترونية في حفظ الأغذية، ومناقشة الجوانب العلمية والتطبيقية المتعلقة بذلك. كما تتطرق لبعض التطبيقات الأخرى في مجال المواد الغذائية، وخاصة تلك المتعلقة بتحسين مواصفات تلك المواد، مما يجعلها مناسبة لتغذية الحيوانات الزراعية وحتى للاستهلاك البشري.

معلومات أساسية عن تشعيع الأغذية بالمسرعات الإلكترونية

تستعمل تقنية تشعيع الأغذية ذلك الجزء من الطيف الضوئي الكهرمغنطيسي الذي يشمل الموجات الضوئية بطول لا يزيد على 100 نانو متر. وتدعى الأشعة التي تقع ضمن هذا المجال من الطيف الضوئي بالأشعة المؤينة لأنها قادرة على تأيين جزيئات المواد التي تصطدم بها، ويشمل هذا الجزء من الطيف أشعة غاما والأشعة السينية. كما تستعمل الحزم الإلكترونية في عملية التشعيع.

يتضمن تشعيع الأغذية تعريض الغذاء أو المنتجات الزراعية للأشعة المؤينة مثل أشعة غاما الصادرة من الكوبلت–60 أو الأشعة السينية بحدود قصوى لا تزيد على 5 ميغا إلكترون فولط أو الحزم الإلكترونية الناتجة عن المسرعات الإلكترونية

عالية الطاقة (8–10 ميغا إلكترون فولط). وبشكل عام، يقاس التعرض الإشعاعي بالجرعة ويعبّر عنه بالغراي أو الكيلو غراي. يتم في المسرع الإلكتروني تسريع سيل من الإلكترونات الناتجة عن كاثود مسخن (قطب سالب) داخل أنبوب مفرغ بين القطبين السالب والموجب بطاقة تتراوح ما بين 4 و 12 ميغا إلكترون فولط وتختلف طاقة المسرع (مقدار الميغا إلكترون فولط) بحسب نوع المسرع المستعمل.

تستعمل تقنية تشعيع الأغذية لمعالجة شريحة واسعة ومتنوعة من المواد الغذائية، وتعد هذه التقنية من أكثر تقنيات حفظ الغذاء دراسة على الإطلاق. وتصنّف الجرعات الإشعاعية المستعملة في تشعيع الأغذية في ثلاث مجموعات هي:

أ. المعالجة بجرعات إشعاعية منخفضة (حتى واحد كيلو غراي) بهدف القضاء على الحشرات في البهارات والتوابل والخضروات و الفواكه وتأخير النضج في ثمار الفاكهة ومنع الإنبات في البطاطا والبصل والثوم والزنجبيل وضد الإصابة بالطفيليات في الأسماك واللحوم.

ب. المعالجة بجرعات إشعاعية متوسطة (1–10 كيلو غراي) للتخلص من التلوث الميكروبي في الأطعمة والأغذية البحرية الطازجة والمجمدة واللحوم (الحمراء والبيضاء) والبهارات والتوابل والخضروات والفواكه المجففة وإطالة العمر التسويقي وخاصة في الخضروات والفواكه الطازجة والأغذية البحرية ولحوم الدواجن ومنتجاتها .

ج. المعالجة بجرعات إشعاعية عالية (من 10–60 كيلو غراي) وتستعمل لتشعيع الوجبات الجاهزة ووجبات المستشفيات (وبالأخص تلك الخاصة بمرضى النقص المناعي) والأغذية الخاصة برواد الفضاء.

وقد تم تشغيل أول مسرع إلكتروني تجاري لتشعيع البهارات في ألمانيا عام 1957، مما شكّل حجر أساس لهذه التكنولوجيا الجديدة.

مزايا استعمال المسرعات الإلكترونية في حفظ الأغذية

حظيت تطبيقات المسرعات الإلكترونية بنجاح فوري مقارنة بأشعة غاما نتيجة لعدد من المزايا التي تتمتع بها مثل:

1. مصدر الأشعة في المسرعات الإلكترونية هو آلة كهربائية يمكن إيقافها، وبالتالي إيقاف إصدار الأشعة المؤينة التي تنتجها، في أي لحظة، بخلاف أشعة غاما الصادرة عن النظائر المشعة التي تتفكك بشكل مستمر سواء استخدمت أم لم تستخدم.
2. لا نحتاج لاستعمال أو نقل أية مادة مشعة.
3. أسرع وأبسط من محطات التشعيع التي تستعمل النظائر المشعة وأكثر اقتصادية.
4. تقنية صديقة للبيئة ووسيلة فعالة في عمليات البسترة الباردة ولا تتطلب تدريعاً إلا أثناء التشعيع.

مآخذ على استعمال المسرعات الإلكترونية في تشعيع الأغذية

رغم كل الميزات التي تتمتع بها تكنولوجيا المسرعات الإلكترونية في تشعيع الأغذية، فإن هذه التكنولوجيا لا تخلو من بعض المآخذ مثل:

1. الحاجة إلى مصدر طاقة مستمرة طيلة فترة التشعيع.
2. قدرتها على الاختراق منخفضة مقارنة بأشعة غاما. لذلك، فالمسرعات الإلكترونية أكثر فعالية في معالجة المواد الغذائية ذات الكثافة المنخفضة.

المعالجة الصناعية للمواد الغذائية باستعمال المسرعات الإلكترونية

تستعمل المسرعات الإلكترونية ذات الطاقة العالية لمعالجة المواد الغذائية بهدف القضاء على الأحياء الدقيقة فيها كلياً (تعقيم) أو بغرض القضاء على الميكروبات المرضية فقط (بسترة). كما يمكن استعمال الحزم الإلكترونية بجرعات أقل بكثير لمعاملات الصحة النباتية للمنتجات الزراعية للقضاء على الآفات الحشرية التي يمكن أن تتواجد فيها أو كبح قدرتها على التكاثر ومنع انتقالها، مع تلك المنتجات، إلى دول أو مناطق جديدة والاستيطان فيها. تتراوح طاقة المسرعات الإلكترونية المتوفرة تجارياً ما بين 80 كيلو إلكترون فولط و10 ميغا إلكترون فولط. وقد حددت هيئة الرقابة النووية الأمريكية الحد الأعلى للمسرعات الإلكترونية المستعملة في تشعيع الأغذية بـ 10 ميغا إلكترون فولط.

يمكن تقسيم المسرعات الإلكترونية المستعملة في مجال تصنيع الأغذية، بشكل عام، إلى مسرعات منخفضة الطاقة (حتى 1 ميغا إلكترون فولط) ومسرعات متوسطة الطاقة (1–8 ميغا إلكترون فولط) ومسرعات عالية الطاقة (8–10 ميغا إلكترون فولط). تتضمن الاستعمالات الحالية للمسرعات منخفضة الطاقة تعقيم عبوات التغليف وتطهير البذور من الإصابات الميكروبية أو الحشرية (تطهير سطح البذور) في حين تستعمل المسرعات متوسطة الطاقة في معاملات الصحة النباتية للمنتجات الزراعية المعبأة، أما المسرعات عالية الطاقة فتستعمل بشكل رئيسى لبسترة أو تعقيم اللحوم المعبأة والبهارات والأطعمة البحرية ومكونات الأغذية.

صناعة الغذاء والتشعيع باستعمال الحزم الإلكترونية

برغم أن الهدف الرئيسي لتشعيع الأغذية هو القضاء على الميكروبات، فإن الدراسات تشير إلى فعالية التشعيع في تحسين بعض المواصفات النوعية للغذاء المشعع كالمكونات الغذائية وتعزيز بعض المركبات الفعالة بيولوجياً. ففي صناعة الغذاء، استعملت الأشعة المؤينة بنجاح للقضاء على الميكروبات المرضية (بسترة) وتعقيم المواد الغذائية لأغراض الصحة النباتية وزيادة العمر التسويقي للمنتجات سريعة التلف. وفيما يلي أهم هذه الاستعمالات:

1- الخضار والفواكه

هنالك تزايد في وعي المستهلك، كما تشير الدراسات، إلى الأهمية الصحية لتناول الخضار والفواكه الطازجة، مما أدى إلى زيادة في استهلاكها. ولكن حتى المنتجات النباتية الطازجة يمكن أن تكون ملوثة بالعديد من الميكروبات المرضية، إذ تعزى العديد من الجائحات المرضية الناتجة عن الغذاء، والتي حدثت وتحدث في مختلف دول العالم، إلى الخضار والفواكه الطازجة أو منتجاتها.

وتعد الميكروبات المرضية التي تنتقل عن طريق الطعام مثل البكتريا التابعة للجنسين تشرشيا (*Escherichia*) وسالمونيلا (*Salmonella*) من أكثر الميكروبات تجنباً بالنسبة للمستهلكين على اعتبار أنها المسبب الرئيسي للأمراض التي تنتقل عن طريق تناول المنتجات الطازجة. وقد استعملت العديد من التقنيات الجديدة مثل

التغليف في الجو الهوائي المعدل والمعاملة بالأوزون والموجات فوق الصوتية والأشعة فوق البنفسجية للحصول على منتجات غذائية طازجة خالية من الميكروبات المرضية، ولكن معظم هذه التقنيات لها محدوديتها ولا توجد دراسات كافية لتعميم أهميتها التجارية وفوائدها الصحية، وذلك بعكس استعمال الأشعة المؤينة، لحماية الخضار والفواكه الطازجة، والتي خضعت لعدد وافر من الدراسات. فقد حددت العديد من الجرعات الإشعاعية بدقة كافية واعتمدت في التطبيقات الصناعية.

2-الحبوب والبذور والبقوليات

تشّكل الحبوب والبذور والبقوليات المصدر الأساسي للغذاء في معظم الدول العالم، وخَاصة في الدول النامية، فهي مصدر حيوي للبروتينات والكربوهيدرات والفيتامينات والمعادن والألياف. وأهم الحبوب وأكثرها استعمالاً من قبل الإنسان، وخاصة في تلك الدول، هي القمح والأرز والدخن والذرة الصفراء والبيضاء.

استعملت الحزم الإلكترونية بنجاح في معالجة الحبوب والبقوليات بغرض تخليصها من الحشرات والميكروبات وتخفيض محتواها من المضادات الغذائية وتحسين مزاياها الوظيفية. وتختلف الجرعات الإشعاعية اللازمة لذلك بحسب النوع والصنف. فمثلاً، وجد أن جرعة 3.2 كيلو غراي كافية لتخفيض الحمولة الميكروبية في الأرز وأن جرعة 7.5 كيلو غراي كافية للقضاء على الميكروبات كلياً.

يزداد استعمال البذور المُنبَّتة أو المبرعمة (Sprouted Seeds) الغنية بالمواد الغذائية في معظم دول العالم ولكن هذه المنتجات يمكن أن تكون ملوثة بالميكروبات، وخاصة المرضية منها، والتي يمكن أن تؤدي إلى جائحات مرضية خطيرة. وقد وجد أن معالجة البذور المُنبّتة بالحزم الإلكترونية يخفض أعداد الأحياء المرضية في تلك المنتجات إلى ما دون مستوى الاكتشاف. وقد وافقت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية على تشعيع البذور المنبتة بغرض الاستهلاك البشري بجرعة 1 كيلو غراي والبذور المعدة للإنبات بجرعة تصل حتى 8 كيلو غراي. كما أكد الباحثون على أن جرعة 3.3-5.3 كيلو غراي من الحزم الإلكترونية كافية للقضاء على البكتريا في بذور الفصة المُنبّتة.

وتدل الدراسات على وجود فرصة كبيرة لإمكانية استعمال التشعيع بالحزم الإلكترونية لتخفيض المركبات المضادة للعناصر الغذائية في البقوليات. فقد بينت الدراسات إمكانية استعمال التشعيع بالحزم الإلكترونية بجرعات تصل إلى 30 كيلو غراي لتخفيض العوامل المضادة للأغذية في بذور البقوليات البرية، مما يمكّن من زيادة استهلاك بذور هذه الأنواع. ويؤدي التشعيع بالحزم الإلكترونية أيضاً إلى تحسين في الخواص الوظيفية للمواد مثل تشكيل الرغوة والجلتنة وزيادة إمكانية امتصاص الماء والزيوت وزيادة نسبة البروتين والكربوهيدرات الخام وتحسّن هضم البروتين في بذور البقوليات.

3-اللحوم

أ- **لحوم الدواجن:** إن أمان وسلامة استهلاك لحوم الدواجن من أهم العوامل التي ينظر إليها المستهلك نتيجة لإمكانية حملها للميكروبات الممرضة. ويعزو الدارسون سبب الجائحات المرضية الناتجة عن استهلاك لحوم الدواجن إلى استهلاك هذه اللحوم أو منتجاتها قبل طهيها أو عدم طهيها بشكل جيد. تؤدي الأشعة المؤينة دوراً هاماً في هذا المجال، إذ تستعمل الحزم الإلكترونية بفعالية عالية في معالجة لحوم الدواجن ومنتجاتها لقتل الميكروبات المرضية والميكروبات المسببة للتلف. فقد استعمل المسرع الخطي لمعالجة السالمونيلا في لحوم الدواجن، كما استعمل المسرع الإلكتروني عالي الطاقة (10 ميغا إلكترون فولط) لمعالجة لحوم الدواجن (واللحوم الحمراء) ومنتجاتها بغرض تخفيض الحمولة الميكروبية وتعطيل نشاط فيروس أنفلونزا الطيور.

ب-اللحوم الحمراء: أدى تلوث اللحوم الحمراء بالميكروبات الممرضة إلى مشاكل صحية جدّية اضطرت الشركات المنتجة، عدة مرات، إلى سحب هذه اللحوم من الأسواق. استعملت تقنيات متعددة لمعالجة اللحوم الحمراء ضد هذه الميكروبات وقد استعملت المسرعات الإلكترونية بشكل واسع لخفض الحمولة الميكروبية لهذه اللحوم ومنتجاتها وزيادة مدة حفظها وعمرها

التسويقي. وقد أثبتت الدراسات أن جرعة 2–3 كيلو غراي كافية لإزالة أو تخفيض الحمولة الميكروبية من الأحياء الدقيقة الممرضة أو المسببة للتلف. وقد اعتمدت وزارة الزراعة الأمريكية جرعتي 4.5 و 7 كيلو غراي لمعالجة اللحوم المبّردة والمجّمدة، على التتالي، كما أشارت دراسات عدة إلى قدرة التشعيع بالحزمة الإلكترونية على تحسين خواص اللحوم الحمراء ومنتجاتها.

ج–الأغذية والمأكولات البحرية: وفقاً لإحصائيات منظمة الأغذية والزراعة العالمية (FAO)، فإن أكثر من نصف مليار إنسان على سطح الأرض يعتمدون في غذائهم ودخلهم بشكل رئيسي على الأسماك والكائنات البحرية الأخرى. تؤمن الأغذية البحرية، بسبب سرعة فسادها، الظروف المناسبة لنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة المرضية والمسببة للتلف. إذ أن معظم أنواع هذه الأغذية يمكن أن تكون حاملة لعدد واسع من أنواع الأحياء الدقيقة المرضية أو المسببة للتلف. ويهدف تشعيع المأكولات البحرية بالمسرعات الإلكترونية، بشكل أساسي، إلى القضاء على الملوثات وتحسين مواصفات القوام. وقد وجد أن جرعات منخفضة من الحزمة الإلكترونية (1 كيلو غراي) قادرة على تخفيض أعداد الميكروبات، وحتى القضاء عليها كلياً، وأحياناً تحسين مواصفات الأسماك المعالجة بالإشعاع مثل تحسين القوام.

التشعيع لأغراض الصحة النباتية

يقصد بالتشعيع لأغراض الصحة النباتية معالجة المواد والمنتجات الزراعية، خاصة منها الطازجة والمعدة للتصدير لدول أخرى، بغرض قتل الآفات المحتمل تواجدها في هذه المواد، أو على الأقل شّل قدرتها على التكاثر خوفاً من احتمال وصولها إلى مناطق جديدة قد لا تكون موجودة فيها أصلاً، مما يهدد الثروة الزراعية في تلك المناطق. وتضع معظم دول العالم قواعد صارمة لمنع إدخال أية آفات زراعية مع المنتجات المستوردة، وخاصة تلك التي لا تتواجد على أراضيها، بغرض حماية محاصيلها الزراعية من احتمال استيطان مثل هذه الآفات. وقد وضعت

المجموعة الدولية لحماية المزروعات (IPPC)، وهي عبارة عن اتفاقية بين الدول تركزّ على وضع مواصفات دولية لنظام حماية النباتات حول العالم، قواعد حجر زراعي وبروتوكولات محددة لمعالجات الصحة النباتية لأنواع مختلفة من الآفات الزراعية.

تعد تكنولوجيا المسرعات الإلكترونية مثالية لمعالجات الصحة النباتية نظراً لإمكانية السيطرة على الجرعة بشكل كبير. ويمكن استعمالها على المنتجات بعد تغليفها. ولذلك فإنها تصنف كطريقة بديلة لاستعمال أشعة غاما أو بروميد الميثيل. ولا تترك الحزم الإلكترونية أية بقايا على المادة المعالجة، كما لا تؤثر سلباً في المنتج المعالج. ولا يتطلب استعمال تكنولوجيا المسرعات الإلكترونية لمعالجة المواد الزراعية لأغراض الصحة النباتية قتل الحشرات الموجودة في المواد المعالجة، إذ يكفي أن نمنع البيوض من الفقس أو الأطوار غير الكاملة لهذه الحشرات من الوصول إلى طور الحشرة الكاملة أو شل قدرة الحشرات الناتجة عن التكاثر (تعقيمها).

آلية تأثير الحزم الإلكترونية في الأحياء الدقيقة

بغض النظر عن مصدر الأشعة المؤينة، سواء كانت أشعة غاما أو الأشعة السينية أو حزماً إلكترونية، فإن آلية عمل تلك الأشعة في قتل الأحياء الدقيقة أو الآفات الحشرية تتمحور حول إتلافها لجزيئات المادة الوراثية أو الحمض الريبي النووي منقوص الأكسجين (DNA) في تلك الأحياء. فعند اصطدام الإلكترونات الناتجة عن مسرع إلكتروني بمادة ما خلال التشعيع تسبب هذه الإلكترونات تأين في تلك المادة واقتلاع إلكترونات عن مداراتها. وهذه الإلكترونات تصطدم بإلكترونات أخرى في الذرات المجاورة مؤدية إلى مزيد من حوادث التأين وتاركة شلالاً من هذه الحوادث. تقع حوادث التأين هذه في جزيئات المادة الغذائية نفسها وجزيئات الماء التي تشكّل نسبة عالية في أي مادة غذائية. ويؤدي تأين جزيئات الماء إلى تكوّن جذور حرة شديدة الفعالية لكنها قصيرة العمر مثل شوارد الهيدروكسيل ($OH^{\bullet}$)

وبيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2). تسبب الجذور الحرة المتكونة والإلكترونات (أولية أو ثانوية) الناتجة عن حوادث التأين تقطّع أو إتلاف في سلسلة الدنا (DNA) للميكروبات الموجودة داخل المادة المعالجة أو على سطحها. وتستهدف هذه الإلكترونات والجذور الحرة المادة الوراثية بالدرجة الأولى نظراً لأن جزيئاتها هي الأضخم حجماً في الخلية. تسمى التغيرات التي تحدث لجزيئات المادة الوراثية الناتجة عن الاصطدام المباشر للإلكترونات بالتأثير المباشر لهذه الإلكترونات أما التلف الناتج عن نواتج التأين في المادة فيشار إليه بالتأثير غير المباشر.

المسرعات الإلكترونية وتشعيع الأغذية عالمياً

تستعمل تكنولوجيا تشعيع الأغذية بشكل تجاري وعلى نطاق واسع في ما يزيد على 40 دولة في العالم. وقد اعتمدت تقنية تشعيع الأغذية من قبل سلطات الصحة والأمان لأكثر من 60 نوعاً مختلفاً من الأغذية، ومن ضمنها البهارات والتوابل والحبوب واللحوم والخضار وثمار الفاكهةً الطازجة والمجففة. وبهذا الخصوص، فقد نصحت اللجنة المشتركة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) ومنظمة الأغذية والزراعة (FAO) باستعمال التشعيع في حفظ الأغذية، وأكدت على تشعيع الغذاء بجرعات إشعاعية لا تزيد على 10 كيلو غراي آمن وخال من أية مخاطر صحية ومقبولة من الناحية الغذائية والتذوقية مع أقل فقد ممكن في المكوّنات الغذائية. وقد أدت المراجعات المتكررة من قبل لجان الجهات الثلاثة المذكورة إلى التأكيد على هذه الحقيقة. كما أشارت العديد من الدراسات إلى أن استعمال الجرعات الإشعاعية العالية (حتى 60 كيلو غراي)، اللازمة لبلوغ درجة الأمان الكافية في تعقيم الأغذية، ليس له أية مخاطر محتملة على الغذاء أو

المستهلك. وقد ساهمت الأغذية المشععة بشكل كبير في تدعيم الأمن الغذائي في الدول النامية عن طريق تقليل الفقد الغذائي.

إن قوانين الاتحاد الأوروبي المتعلقة بالترقيم أو وضع اللصاقة الدالة على التشعيع (Labeling) على المواد الغذائية أكثر صرامة من تلك التي تعتمدها الولايات المتحدة الأمريكية. فمثلاً، احتواء أي غذاء على أحد المكونات المشعّعة (مثلاً بيتزا تحتوي على بهارات مشعّعة) في دول الاتحاد الأوروبي، يتطلب بالضرورة أن تحمل عبوة ذلك المنتج عبارة "مشعع" أو معامل ب "الأشعة المؤينة".

كما تمتلك الدول في آسيا، وخاصة الصين وتايلاند والهند وأندونيسيا، برامج لتشعيع الأغذية. تستعمل تقنية التشعيع بالمسرعات الإلكترونية بشكل واسع في الصين ويليها تايلاند في حين تعتمد الهند بالدرجة الأولى على أشعة غاما الناتجة عن الكوبلت–60، وتشير التقارير إلى أن الصين تشعع سنوياً أكثر من 250 ألف طن من الغذاء. وقد حددت الصين المواد الغذائية التي تسمح بتشعيعها والجرعات القصوى المسموح بها وتعليمات التغليف والترقيم. وتضم المواد الغذائية المسموح بتشعيعها في الصين الخضار والفواكه والحبوب الصغيرة كالقمح والكبيرة كالفاصوليا واللحوم الحمراء ولحوم الدواجن المبرّدة والمطبوخة والبهارات والخضار والثمار المجففة والمكسرات. كما حددت سلطة أمن الأغذية ومواصفاتها في الهند الجرعات الدنيا والجرعات القصوى المسموح باستعمالها للمواد الغذائية المختلفة. وتستعمل المسرعات الإلكترونية في تايلاند بشكل تجاري لمعالجة الفواكه الاستوائية الطازجة قبل تصديرها ولتطهير (بسترة) المنتجات الغذائية البحرية، كما وتستعمل أندونيسيا التشعيع لتعقيم الوجبات الغذائية لمرضى النقص المناعي.

أما في الدول العربية فتشعيع الأغذية محدود جداً، ويتم إستعمال محطات تشعيع نصف تجارية تعتمد على استعمال أشعة غاما وليس المسرعات الإلكترونية.

قبول المستهلك للأغذية المشععة ودور المسرعات الإلكترونية

الحقيقة أن هنالك من مازال يخلط بين التشعيع، الذي هو عملية فيزيائية تعامل فيها المواد بالأشعة المؤينة، وهي عملية آمنة كلياً، وبين التلوث بالعناصر المشعة، وتلك مسألة في غاية الخطورة. لكن البيانات حول استهلاك الأغذية المشعّعة حول العالم تدحض هذه الادعاء وتؤكد على أن نسبة المستهلكين الذين مازالوا لا يميزون بين التشعيع والتلوث الإشعاعي لا يشكّلون إلا نسبة قليلة جداً. فمثلاً، تضاعف حجم المواد الغذائية المشععة التي دخلت الولايات المتحدة الأمريكية بين عامي 2007–2016 أكثر من ستة آلاف مرة دون أن تسجل حادثة واحدة لإزاحة أية مادة غذائية مشعّعة من الرفوف نتيجة لتخوف المستهلك. بل على العكس من ذلك، فقد حدث تزايد كبير في المواد الغذائية المشععة التي دخلت الولايات المتحدة الأمريكية. ويمكن للمسرعات الإلكترونية أن تؤدي دوراً هاماً في إقناع البقية الباقية من المستهلكين المترددين الذين مازالوا يخافون من استهلاك الأغذية المشعّعة، لطالما أن الأشعة المؤينة التي تنتجها هذه المسرعات لا تنتج من مواد مشعة وأن المسرعات مجرد آلات كهربائية لا تختلف عن أجهزة الأشعة السينية الطبية.

خاتمة ونظرة مستقبلية

التشعيع بالمسرعات الإلكترونية طريقة فيزيائية (لا حرارية) حديثة، اقتصادية، فعالة، سريعة وآمنة صحياً وبيئياً، ويمكن استعمالها لمعالجة الغذاء بغرض تعقيمه كلياً أو بسترته للقضاء على الميكروبات المرضية فيه. كما يمكن استعمالها لمعالجة المواد والمنتجات الزراعية المختلفة، خاصة منها المعدة للتصدير، للقضاء على الحشرات فيها. ونظراً لمزايا هذه الطريقة المتعددة، فإن التشعيع بالحزم الإلكترونية بديل فعال لاستعمال المواد الكيميائية أو التشعيع بأشعة غاما لمعالجة المواد الغذائية ضد الآفات والأحياء الدقيقة المسببة للفساد أو التلف. وبرغم أن دور المسرعات

الإلكترونية في مجال حفظ الأغذية مازال متواضعاً، مقارنة بالمجالات الأخرى مثل تقنية البوليمرات والاستعمالات الزراعية والبيئية والطبية ومواد التجميل، فإن استعمالها في مجال حفظ الأغذية يتطور بشكل مضطرد وخاصة في جنوب شرقي آسيا وأمريكا الشمالية. كما يمكن للمسرعات الإلكترونية أن تؤمن مجالاً واسعاً لتطوير العديد من التطبيقات الصناعية الأخرى في مجال حفظ الأغذية وأن تُستعمل كحجر أساس لتحسين أمن الأغذية والتأكد من الصحة النباتية للخضار والفواكه المستوردة.

د. محمد منصور

هيئة الطاقة الذرية السورية

mmansour@aec.org.sy

References

1) Bhat, R., A. alias and G. Paliyath, 2012. Use of Electron beam in Food Irradition. Progress in Food Preservation. Edited by: Rajeev Bhat, Abd Karim Alias and Gopinadhan Paliyath, Wiley-blackwell, John Wiley & Sons Ltd.

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

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

4) Miller, R. B., 2005. Food irradiation using electron beam. Electronic Irradiation of Foods: An Introduction to the Technology, Springer, New Yourk, NY, PP. 43-74.

الدور التطبيقى لاستخدامات الإشعاع والنظائر فى المجال الزراعي

Abstract

Nuclear and isotopic techniques provide competitive and often unique solutions that ensure the application of good agricultural practices throughout the food chain. Applying these nuclear and related techniques will lead to sustainably increase agricultural productivity, adapts and builds resilience of agricultural and food security to climate change, reduces greenhouse gas emissions in agriculture, improves environmental sustainability and ensures food safety.

مقدمـــة

إن الطلب المتزايد على الغذاء، إلى جانب الضروارت البيئية لإنتاجه، يحتم على قطاع الزارعة العمل على إنتاج محاصيل بكمية أكثر وبأقل ضرر على البيئة. ويُعدُّ هذا تحدٍّ كبير، مما يعني أن إدارة مدخلات العملية الزراعية بغية التكثيف المستدام لإنتاج المحاصيل ستحتاج إلى زارعة أكثر ذكاءً ودقة. كما يتطلب الأمر أن تصبح إدارة هذه المدخلات أكثر مهارةً من الناحية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

يمكن للتقانات النووية والنظيرية أن تساهم مساهمة فعالة في الارتقاء بممارسات الإدارة الزراعية إلى المستوى الأمثل، بما يدعم تكثيف إنتاج المحاصيل والمحافظة على الموارد الطبيعية وحماية البيئة. علاوة على ذلك، تُوفر هذه التقانات حلولًا تنافسية غالباً ما تكون فريدة من نوعها للمساعدة في مكافحة الجوع وسوء التغذية، وتحسين الاستدامة البيئية، وضمان سلامة الأغذية.

تمثل العلوم والتقانات النووية الأساس الكامن خلف جميع التطبيقات النووية، والتي تستخدم في طيف واسع من المجالات العلمية. وتُعرّف النظائر على أنها أشكال لعنصر ما مختلفة في الخصائص الفيزيائية ومتشابهة في الخصائص الكيميائية، ومنها نظائر مستقرة وأخرى مشعة. لقد أمكن، باستخدام الإشعاع وكل من النظائر المشعة والمستقرة، دراسة خصائص عناصر منظومة العمليات الزراعية: التربة والماء والنبات مع المناخ، والوصول إلى حقائق أساسية ومعلومات جديدة لم يكن بالإمكان الحصول عليها بالطرق الكيميائية التقليدية. ففي مجال النبات تمت دراسة علاقة العمليات الحيوية في النبات بالمياه والأسمدة والمبيدات وتأثير كل ذلك على الإنتاج الزراعي. كما تمت دراسة الأتربة ونوعياتها وخصائصها ومكوناتها، وانتقال الغذاء والماء من خلالها، وأثر كل ذلك على النبات. كما لعبت التقنيات النووية دوراً حيوياً في تحديد الملوثات من عناصر ثقيلة وغيرها، والتي يمكن أن تؤثر على حياة النبات والحيوان لا بل والإنسان نفسه باعتباره مستهلكاً لهما.

استخدامات الإشعاع

1- استحداث الطفرات

يمكن استخدام التشعيع لاستحداث طفرات نباتية بغية إنتاج أصناف تتصف بإنتاجية مرتفعة ومستقرة وذات نوعية محسّنة، وبقدرة أكبر على مواجهة التغيرات المناخية والإجهادات في البيئة. حيث يتم تعريض البذور إلى جرعات مناسبة لإحداث بعض التغيرات الوراثية المرغوبة، ثم يتم إكثارها، وبالتالي يمكن الحصول على طفرة نباتية أو صنف مستحدث. وهذه الطريقة أسرع بكثير من طرق تربية النباتات التقليدية والتي تستغرق الكثير من الوقت والجهد لإنتاج أجيال متعاقبة من النباتات للحصول على الصفات المرغوب بها. وتنطوي هذه الطريقة على العديد من الإيجابيات، كونها فعّالة من حيث التكلفة وسريعة ومُثبتة الفائدة، كما أنَّها قابلة للنقل وقابلة للتطبيق في جميع الأحوال وعديمة الخطر وملائمة للبيئات المستهدفة.

وتستخدم التقانات الطفرية من أجل إرساء المستوى الأمثل من التنوع البيولوجي النباتي والموارد الوراثية دعماً لتكثيف إنتاج المحاصيل، وللمحافظة على الموارد الطبيعية، وتحسين أصناف المحاصيل من حيث الإنتاج والجودة والقدرة على التكيف مع تغير المناخ وعوامل الإجهاد الحيوي واللاحيوي الموجودة في النظام البيئي.

2- حفظ الأغذية

يحدث تشعيع الأغذية عن طريق تعريضها للإشعاعات المُؤيّنة، باستخدام الأشعة السينية أو أشعة غاما أو حزم الإلكترونات عالية الطاقة. يعمل تشعيع الأغذية على تجنب تلف الأغذية ومكافحة الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض أو الآفات الحشرية الموجودة في الأغذية، دون أي تأثير على المذاق أو الرائحة. حيث يُستخدم الإشعاع بجرعات مناسبة، على سبيل المثال، لتعقيم اللحوم من خلال قتل الجراثيم العالقة بها، ومنع تبرعم بعض الخضر كالبطاطا والبصل والثوم، وإطالة مدة حفظ الفاكهة والخضر الطازجة مع ضمان مستوى أعلى من السلامة والجودة في الوقت نفسه. الأمر الذي يكفل الأمن الصحي النباتي للمنتجات الطازجة المتداولة تجارياً.

3- مقاومة الحشرات

تعدُّ تقنية الحشرة العقيمة أسلوباً ملائماً من الناحية البيئية لمكافحة الآفات الحشرية. وتقوم هذه التقنية على التربية المكثفة لذكور الآفة المستهدفة وجعلها عقيمة باستخدام أشعة غاما أو الأشعة السينية، ثم إطلاق هذه الذكور العقيمة عن طريق الجو على نطاق واسع فوق مناطق محددة، حيث تتزاوج مع الإناث دون أن تتناسل، وهو ما يفضي إلى تناقص أعداد الحشرات المستهدفة. ولا تشتمل هذه التقنية على أية عمليات تحوير وراثي. وقد نجحت هذه التقنية في مكافحة عدد من الآفات الحشرية. وتساهم هذه التقنية في التقليل من الفواقد في إنتاجية المحاصيل والإنتاجية الحيوانية، وتوفير الظروف اللازمة لتصدير السلع، وحماية البيئة من خلال الحد من استخدام

المبيدات الحشرية. ويمكن الاستعانة بالإشعاعات المؤيّنة، باستخدام أشعة غاما أو الأشعة السينية، للتخفيف من حدَّة عدد من العقبات التي تعترض سبيل استخدام المكافحة البيولوجية التعزيزية. ومن ذلك، على سبيل المثال، تقليل تكلفة نظم إنتاج عوامل المكافحة البيولوجية، ومنع تفريخ حشرات الآفات البالغة من اليرقات المضيفة المستخدمة في الإنتاج المكثف لأشباه الطفيليات وهي طفيليات تقتل الحشرات المضيفة لها.

4- الصحة الحيوانية

تؤدي الأمراض الحيوانية إلى إضعاف الحيوانات ونفوقها، وتثير تحديات أمام إنتاج الأغذية وتوزيعها، وتهدد الصحة العامة، وتؤثر على سبل العيش في الأرياف. وتعد التقانات المناعية والجزيئية النووية أدوات أساسية في التشخيص المبكّر والسريع لتلك الأمراض يتيح تعريض مسببات الأمراض لجرعات مضبوطة من التشعيع بأشعة غاما واستحداث لقاحات تحتوي على مسببات الأمراض تتسم بكونها ناشطة أيضياً وإنما غير متكاثرة، بحيث تكون قادرة على تحفيز استجابة مناعية قوية وترسيخها في الذاكرة المناعية، ولا سيما في حالات الإصابة بالأمراض الطفيلية.

استخدامات النظائر المشعة

1- تغذية النبات والاحتياجات السمادية له وكفاءة التسميد

تعرّف خصوبة التربة بأنها قدرة التربة على دعم نمو النباتات وتحقيق المستوى الأمثل لإنتاجية المحاصيل. ويمكن تحسين الخصوبة عن طريق إضافة الأسمدة العضوية وغير العضوية إلى التربة. وتوفر التقانات النووية بيانات تحسّن من خصوبة التربة وإنتاج المحاصيل وفي الوقت نفسه تقلّل من الأثر البيئي إلى أدنى حد.

ونظرًا لانخفاض كفاءة إضافة الأسمدة، فمن الأهمية بمكان العمل على زيادة كفاءة التسميد، وبالتالي التقليل من الفاقد منه، وكذلك العمل على تقدير الاحتياجات

السمادية المثلى والاقتصادية لمختلف المحاصيل وتحت ظروف مختلفة من خصائص التربة والمناخ. ويستخدم العديد من النظائر المشعة في دراسة امتصاص وانتقال وتوزيع العناصر المغذية بالنبات، وكذلك في دراسة التسميد. مثلاً تستخدم البصمة النظيرية للفسفور–32 في تقييم ديناميات الفسفور على طول خط العلاقة بين النباتات والتربة بهدف تحسين إدارة الفسفور في النظم الإيكولوجية الزراعية. كما تستخدم نظائر الزنك والحديد وغيرهما من المغذيات المطلوبة بكميات صغيرة لقياس ديناميات هذه المغذيات في التربة والمحاصيل. وقد أدى استخدام النظائر دوراً حيوياً وفعالاً في هذا المضمار، وخاصة فيما يتعلق ب:

- تقدير كفاءة استعمال الأسمدة
- تقدير أفضل المعدلات السمادية للمحاصيل المختلفة
- تقدير أفضل طرق ومواعيد إضافة الأسمدة
- دراسة الأثر المتبقي للأسمدة في الترب
- دراسة تفاعلات العناصر السمادية في الترب

2– دراسة تلوث منظومة التربة والمياه والنبات

يمكن أن تؤدي الحوادث النووية أو الإشعاعية إلى تلوث التربة والمنتجات الزراعية. والملوثات هي مواد غير مضافة عن قصد، بل يعود منشؤها إلى مصادر طبيعية أو صناعية ناتجة عن أنشطة بشرية. ويعد انبعاث النويدات المشعة في الهواء والتربة والمياه وانتقالها إلى السلسلة الغذائية عملية ديناميكية، كما أن التراكيز تتفاوت بمرور الوقت وباختلاف الأماكن. وتشتمل التدابير الزراعية المضادة على إجراءات تهدف لتلافي وتقليل التلوث المشع في الزراعة. وتركز التدابير على دراسة انتقال النويدات المشعة من التربة إلى المحاصيل، وجمع المعلومات ورصدها وإتاحتها من خلال جمع البيانات وإدارتها بكفاءة ورسم الخرائط المكانية والزمانية لتراكيز النويدات

المشعة في التربة والمياه والنباتات والحيوانات. وتنطوي مراقبة الأغذية على تنظيم إنتاج الغذاء وحماية إمداداته ومن ثم حماية المستهلكين.

كذلك تستخدم مبيدات الأعشاب الضارة المرقومة بالكربون المشع في دراسة ادمصاص وتثبيت حركة هذه العناصر في التربة، وفي امتصاص النباتات المختلفة لهذه العناصر وتوزيعها داخل النبات سواء عن طريق التربة أو أوراق النبات.

3- مكافحة تآكل التربة

يمثل تآكل التربة خطراً عالمياً يهدد استدامة النظم الإيكولوجية الزراعية وإنتاجية الأراضي. وتستخدم النويدات المشعة المتساقطة، مثل السيزيوم -137 والرصاص -210 والبريليوم -7 لتقييم عمليات تآكل التربة في المديين القصير والمتوسط، وكثيرًا ما تكمل دور التقانات التقليدية المستهلكة للوقت والجهد لا بل وتحل محلها أحياناً. وتلتصق هذه النويدات المشعة مع جسيمات التربة ويمكن استخدامها لتتبع إعادة توزيع التربة على نطاق مساحات شاسعة وفترات ممتدة من الزمن. ويمكن الحد من تآكل التربة عن طريق اعتماد ممارسات ملائمة للحفاظ على التربة، مثل الزراعة البينية وإنشاء أحواض لحبس المياه وبناء المصاطب.

4- كيمياء التربة

تستخدم النظائر المشعة في تقدير سعة التبادل الكاتيوني، وفي تقدير حركة وإمداد العناصر بالتربة، وفي تقدير العناصر المتاحة لامتصاص النبات في التربة. ولقد كان لتطوير طرق تقدير هذه العناصر باستخدام النظائر أثرها الواضح في دقة التقدير وسرعته، إذا ما قورنت بطرق التقدير الكيميائية التقليدية.

5- استصلاح الأراضي المتملحة(مشاكل الملوحة)

يستخدم كل من الكلور المشع والصوديوم المشع في دراسة مشاكل الملوحة سواء بالنسبة للمياه أو التربة المتملحة، حيث تساعد في تقدير امتصاص وتجمّع

الأملاح ومعامل التوزيع داخل النبات، وكذلك حركتها وتجمعها في طبقات قطاع التربة مما يساعد في تقدير احتياجات الغسيل. كما تستخدم النظائر المشعة للكالسيوم في دراسة تفاعل الجبس والاحتياجات الجبسية لاستصلاح الترب المتملحة. حيث يستخدم الجبس كمصلح كيميائي للإحلال محل الصوديوم المتبادل في الأراضي المتملحة والتي ينتشر وجودها في المناطق الجافة وشبه الجافة.

استخدامات النظائر المستقرة

النظائر المستقرة هي أشكال غير مشعة من الذرات. وعلى الرغم من أنه لا ينبعث منها الإشعاع، فإن خصائصها النوعية تُمكن الباحثين من استخدامها في طيف واسع من المجالات والتطبيقات العلمية. ويمكن استخدام النظائر المستقرة عن طريق قياس كمّياتها ونسبها في العينات. وتستخدم في المياه وغيرها من المواد لتتبع المنشأ والتاريخ والمصادر والمصارف والتفاعلات في دورات المياه والكربون والآزوت. كما تستخدم النظائر كأدوات تقفّي.

تتيح البصمتان النظيريتان للأكسجين −18 والهيدروجين −2 (الدوتريوم) في المياه المأخوذة من المحاصيل الحقلية الوقوف على توزيع مياه الري بين تبخُّر المياه من التربة ونتح (Transpiration) النباتات، ومن ثمَّ توفير معلومات ضرورية لتحسين كفاءة استعمال المحاصيل للمياه. وباستخدام البصمة النظيرية للأكسجين−18، أمكن معرفة أن الأكسجين الناتج من عملية التمثيل الضوئي مصدره مباشرة من الماء فقط.

وتُستخدم البصمة النظيرية للآزوت−15 لتتبُّع حركة الأسمدة الآزوتية المرقومة في التربة والمحاصيل والمياه، وهو أمرٌ ضروري لتحديد العوامل التي يمكن أن تؤثر في كفاءة استعمال الأسمدة الآزوتية وحركتها وآثار رواسبها وتحوّلاتها، وجودة المياه في المناطق الزراعية. وهذه المعلومات مفيدة في تصميم استراتيجيات محسنة

لاستعمال الأسمدة. كما تستخدم في تقدير الاحتياجات الآزوتية للمحاصيل المختلفة، وتقدير كمية الآزوت المثبت من الجو من خلال عملية التثبيت البيولوجي للآزوت التي تقوم بها المحاصيل البقولية.

وتستخدم التقنية النظيرية القائمة على الآزوت–15 في قياس انبعاثات أكسيد النتروز، وهو أحد غازات الدفيئة والتي تبلغ قدرته على إحداث الاحترار العالمي أضعاف مضاعفة أكثر من قدرة غاز ثاني أكسيد الكربون . وللحد من انبعاث هذا الغاز لابدَّ من ترشيد استخدام الأسمدة الكيميائية والعضوية ومبيدات الآفات. ولذلك، ينبغي توفّر المعرفة بمصادر إنتاج هذا الغاز.

تُمكّن البصمتان النظيريتان المجتمعتان للآزوت–15 والأكسجين–18 في النترات من تحديد وفصل مصادر التلوُّث بالنترات في أحواض الصرف الزراعي.

بينما تستخدم البصمة النظيرية للكربون–13 في التقدير الكمّي لإدماج مخلفات المحاصيل لأغراض تثبيت التربة وتحسين الخصوبة. ويمكن استخدام هذه التقنية لتقييم آثار تدابير الحفاظ على التربة، مثل إدماج مخلفات المحاصيل، على رطوبة التربة وجودتها. وتتيح هذه المعلومات تحديد منشأ المواد العضوية في التربة والمساهمة النسبية لمختلف أنواع المحاصيل فيها. الأمر الذي يساعد على تحديد الكيفية التي يمكن بها لتوليفات مختلفة من تدابير تناوب المحاصيل والحراثة وتغطية التربة أن تعزّز الإنتاجية وتحسّن كفاءة استخدام الموارد التي تتفاقم ندرتها بصورة متزايدة، مثل المياه والمغذيات الكيميائية. كما تساهم في الدراسات الخاصة بكفاءة استعمال مياه الري عن طريق تقدير التمييز النظيري. وتستخدم تقنية النظائر المستقرة بمرّكبات معينة، القائمة على قياس بصمات الكربون–13 الخاصة بمركبات عضوية معينة موجودة في التربة، مثل الأحماض الدهنية، من أجل التقدير الكمي لحجم تآكل التربة وتحديد مصادر تدهور الأراضي. وتكفل هذه التقنية ربط بصمات استخدام

الأراضي بالرواسب في مناطق الترسبات، ومن ثم فهي مفيدة في تحديد مصادر التربة المتآكلة والوقوف على المناطق المعرّضة لتدهور التربة.

استخدام مصادر النترونات

يُعدُّ قياس رطوبة التربة بالمسبار النتروني أداة مثاليـة لقياس المحتوى المـائي في التربة، وهو ما يوفِّر بيانات دقيقة عن توافر المياه في التربة. ويعتمد على مبدأ تشتت النترونات أو ما يسمى بطريقة إبطاء النترونات السريعة، وذلك بتحويلها إلى نترونات بطيئة أو حرارية. وتتفاوت ذرات العناصر الموجودة في التربة إلى حدٍّ كبير في مقدرتها على بعثرة النترونات السريعة وإبطائها، إلا أن معدل انخفاض طاقة النترونات نتيجة التصادم يبلغ حده الأقصى عندما تكون كتلة الذرة التي تصطدم بها النترونات أقرب ما يمكن من كتلتها، وهذا يعني أن أكثر الذرات مصادفة في التربة وأكثر اقتراباً في كتلتها من كتلة النترونات هي نوى الهيدروجين. حيث تتميز نوى الهيدروجين بخاصية بعثرة أو تشتت النترونات وإبطائها، وقد وُجد أن معدّل بعثرة النترونات في التربة الرطبة ناتج عن محتوى التربة المائي. أي أن عدد النترونات البطيئة سيتناسب مع تركيز ذرات الهيدروجين في التربة، وبالتالي فهو سيتناسب مع حجم الماء الموجود فيها، وهو ما يقيسه المسبار النتروني.

وتتميز هذه الطريقة بأنها لا تُحدث أي تغير في بناء التربة أي أنها غير إتلافية للتربة، ويمكن إجراء القياس حقلياً، ولا تتطلب أخذ عينات. كما تتميز بسرعة القياس وضآلة المجهود المبذول مقارنة مع طريقة التجفيف التقليدية، وبإمكان تكرار قياس رطوبة التربة في الموقع والعمق نفسهما وبشكل دوري. وتسمح هذه الطريقة بتعيين ما يعرف بالقطاع المائي للتربة عن طريق قياس رطوبة التربة عند أعماق مختلفة من قطاع التربة. كما لا تتأثر عملياً بالضغط الجوي ودرجة الحرارة.

أما محاذير هذه الطريقة فهي التكلفة الأّولية المرتفعة للجهاز، وصعوبة قياس رطوبة التربة السطحية وبخاصة العشرين سنتيمتر الأولى، وخطورة التعرض للإشعاع (أشعة غاما) والنترونات السريعة، على الرغم من تزويد الأجهزة الحديثة بوسائل حماية كافية كالدروع الواقية التي تصفّح مصدر النترونات السريعة (المنبع المشع نفسه) بالرصاص وبعض المواد الهيدروكربونية كالبارافين والبولي إيثيلين، لمنع تسرب النترونات السريعة وحماية القائم بالقياس من أشعة غاما المرافقة. تساعد هذه التقنية على تقدير الاحتياجات المائية للنبات، وتحديد المواعيد المثلى للري وكمّياته، وزيادة كفاءة استعمال مياه الري، وترشيد استعمالات المياه المتاحة، وذلك من خلال:

1 – قياس رطوبة التربة بطريقة دقيقة وسريعة. الأمر الذي يساعد في دراسة:

–توزيع المياه ضمن التربة خلال أطوار نمو النبات، والذي يفيد في حساب الاستهلاك المائي الفعلي خلال هذه الأطوار،

–حركة المياه في التربة تحت ظروف الري والنظم المائية المختلفة،

–تقدير مخزون المياه ضمن قطاع التربة بما يفيد في تحديد كمية مياه الري المطلوب إضافتها، وبذلك يمكن الوصول إلى الاستعمال الأمثل للمياه عن طريق جدولة الري،

–تقدير الخواص الهيدروديناميكية للتربة كمعامل التوصيل المائي للتربة، وذلك لتقدير معدّل الرشح العميق تحت منطقة انتشار الجذور، والمنحنى الرطوبي وقدرة التربة على اختزان الماء واستنزافه منها،

–المقارنة بين كفاءة طرق الري المختلفة (ري سطحي، الري بالرش، الري بالتنقيط).

2– تقدير نمو ونشاط الجذور، حيث من المعروف أن منطقة انتشار المجموع الجذري النشط يحدث فيها استنزاف لرطوبة التربة بمعدّل أكبر.

كما يعد المسبار الأداة الأكثر ملاءمة لقياس رطوبة التربة في الظروف الملحية. وتُستخدم المسابر على نطاق واسع لمعايرة أجهزة استشعار الرطوبة التقليدية.

الاستفادة من النترونات الكونية

من ناحية أخرى تعدُّ تقنية رصد نترونات الأشعة الكونية (Cosmic-Ray Neutron Probe, CRNP) تقنية حديثة إلى حدٍّ ما لمراقبة رطوبة التربة، وقد تطورت الأبحاث عن هذا الموضوع والتي أجريت بشكل رئيسي خلال العقدين الماضيين. هذه التقنية قابلة للتطبيق على عدد من التخصصات العلمية كعلوم البيئة، والهندسة الزراعية، وعلوم الغلاف الجوي، والاستشعار عن بعد، والتى تتطلب أداة حقلية ميدانية قوية وسهلة الاستعمال للمراقبة التلقائية لظروف الرطوبة بالقرب من سطح التربة وعلى مساحات ونطاقات كبيرة. حيث يوفر مسبار نترونات الأشعة الكونية تقديرات مكانية لرطوبة التربة على مساحات كبيرة نسبياً تصل إلى 20 هكتاراً. ويمكن لمسبار واحد أن يحل محل شبكة من أجهزة القياس الموضعية التقليدية لتوفير تقديرات موثوقة لرطوبة التربة. كما أن مسبار نترونات الأشعة الكونية قادر على تقدير رطوبة التربة فى المناطق التى تعانى من مشاكل كالترب المتملحة، والأراضي الرطبة، والترب المحجّرة. ويمكن أن توفر مجسات نترونات الأشعة الكونية بيانات لأخصائيي الأرصاد الجوية المهتمين بالتفاعلات بين التربة والمناخ. كما يمكن أن تكون تقديرات مسبار الأشعة الكونية واعدة لعلماء الاستشعار عن بعد لمعايرة أجهزتهم والتحقق من صحة بياناتها.

كما يُستعمل مسبار نترونات الأشعة الكونية لتقييم تدفُّقات المياه على مستوى المناطق الطبيعية والزراعية على حد سواء بهدف وضع استراتيجيات الإدارة المستدامة لاستعمال الأراضي والمياه. ويوفر مسبار نترونات الأشعة الكونية –المعاير حقلياً معايرةً صحيحة ودقيقة– تقديرات موثوقة للتوزّع المكاني لرطوبة التربة على نطاق متوسط إلى كبير، بطريقة مستمرة، وغير إتلافية وغير خطرة كونه تقنية نووية سلبية النشاط. تتوفر نماذج متعددة من هذا المسبار بغية مواجهة مجموعة متنوعة من التحديات والتي قد تصادف العاملين على أرض الواقع. كل هذه المزايا تجعل من

مسبار نترونات الأشعة الكونية جذاباً للغاية للعلماء والمهندسين الزراعيين، وخاصة في مجال إدارة المياه الزراعية.

استخدام مصادر أشعة غاما

تستخدم طريقة توهين أشعة غاما (Gamma-ray attenuation) في تعيين الوزن الحجمي الجاف والرطب للتربة، نظراً لتأثر نفاذية (انتقال) أشعة غاما أو بعثرتها (تشتتها) فى التربة بخواص التربة نفسها، من محتوى رطوبى وكثافة حجمية وغيرهما. وقد تم تصميم مسبار كثافة الرطوبة السطحي النووي اعتماداً على إصدار واكتشاف إشعاع غاما لتحديد كثافة المادة. تتشتت أشعة غاما بواسطة التربة في جميع الجهات، حيث الكثافة الأكبر تؤدي إلى قوة تشتت كبيرة. وتفقد أشعة غاما طاقة كبيرة وتعطى معدّل قراءة قليل. والعكس صحيح، فكثافة التربة المنخفضة تعطي قراءة أعلى. يتم القياس في أحد وضعي القياس: الإصدار المباشر والتشتت المرتد لأشعة غاما. تتضمن طريقة الإصدار المباشر وضع المنبع والكاشف على جانبين متقابلين من المادة المراد اختبارها (أي الكاشف على السطح والمنبع داخل المادة). ثم يمر إشعاع غاما الصادر(المنبعث) من المنبع عبر المادة المراد اختبارها قبل اكتشافه بواسطة الكاشف. تُعدُّ هذه الطريقة مخربة إتلافية للمادة لأنها تتطلب تكوين ثقب في المادة لإنزال المنبع فيه. ومع ذلك، فإن وضعية القياس هذه توفر تقديراً لمتوسط كثافة المادة المتوضّعة بين المنبع والكاشف.

كما تستخدم طريقة توهين أشعة غاما في تعيين رطوبة التربة بنفس المبدأ الذي يعتمد عليه قياس كثافة التربة الحجمية، مع فارق الإبقاء هنا على كثافة التربة الحجمية ثابتة وبذلك تكون نفاذية أو تشتت أشعة غاما تابعين لمحتوى التربة الرطوبي. فعندما توضع التربة، بكثافة حجمية ثابتة، بين مصدر الإشعاع والكاشف (Detector) فإن شدة الأشعة الصادرة عنها ستتغير فقط مع تغيرات محتوى التربة الرطوبي. وتمتاز هذه الطريقة بإمكانية إجراء القياسات حقلياً ومخبرياً، والسماح بقياس رطوبة السنتيمترات الأولى من سطح التربة (حتى 1 سم عمقاً)، وإمكانية تعيين المقطع الرطوبي بدقة أكبر عند أعماق متدرجة لا تتجاوز 2 سم، في حين لا يقل هذا

المدى في طريقة المسبار النتروني عن 16 سم، مما يؤدي إلى مزيد من التداخل بين الآفاق غير المتجانسة رطوبياً.

الخاتمة

تعد الإدارة المستدامة للأراضي والمياه الزراعية والنبات عنصراً جوهرياً في تحقيق الأمن الغذائي العالمي، ولاسيما في مواجهة تغير المناخ وأحوال الطقس متزايدة التقلب. يمكن باستخدام التقانات النووية والنظيرية العمل على وضع ممارسات مستدامة في مجال إدارة المنظومة الثلاثية تربة ـ مياه ـ نبات، والتي تسهم في زيادة الإنتاج الزراعي مع المحافظة على الموارد الطبيعية، وحماية البيئة في الوقت نفسه.

د. م. ابراهيم علي مبارك
دائرة الري والمقننات المائية – قسم الزراعة
هيئة الطاقة الذرية السورية
imubarak1976@gmail.com

المراجع

1- وقائع الدورة التدريبية حول "استخدام الإشعاع والنظائر المشعة في الزراعة وعلوم الأحياء " التي نظمتها الهيئة العربية للطاقة الذرية بالاشتراك مع هيئة الطاقة الذرية المصرية في القاهرة للمدة 3 - 1993/7/14.

2- موقع الوكالة الدولية للطاقة الذرية www.iaea.org

المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء (المتوضعة على اليابسة): المفاعل الأرجنتيني CAREM مثالاً

Abstract

The Small Modular Reactors (SMRs) in the world can be divided to 6 groups: the Water-Cooled SMRs (LAND- BASED), the Water Cooled SMRs (MARINE - BASED), the High Temperature Gas Cooled SMRs, the Fast Neutron Spectrum SMRs, the Molten Salt SMRs and the Micro Sized SMRs. This article will focus on the first group of the SMRs. The technological development and technical specifications of the Argentinean CAREM reactor will be discussed in this article, as an example of the first group of the SMRs, which is a Water-Cooled SMR (LAND- BASED).

مقدمـــة

تضم المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة (SMRs) ست مجموعات رئيسية هي: المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء (المتوضعة على اليابسة)، والمفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء (المتوضعة في البحار)، والمفاعلات ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالغاز ذات درجات الحرارة العالية، والمفاعلات ذات الوحدات الصغيرة السريعة، والمفاعلات ذات الوحدات الصغيرة التي تستخدم الملح المنصهر. والمفاعلات ذات الوحدات الصغيرة ذات الحجم المتناهي في الصغر.

سيتم التركيز في هذه المقالة على المجموعة الأولى من المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة المبردة بالماء. وسيتم شرح التطورات التكنولوجية التي تمت على

المفاعل الأرجنتيني CAREM بالتفصيل كمثال على مفاعلات هذه المجموعة، وهو يمتلك العديد من الصفات الإيجابية المبينة ضمن المقالة ولذا فهو مرشح جيد للبناء في الدول العربية.

المفاعل الأرجنتيني CAREM:

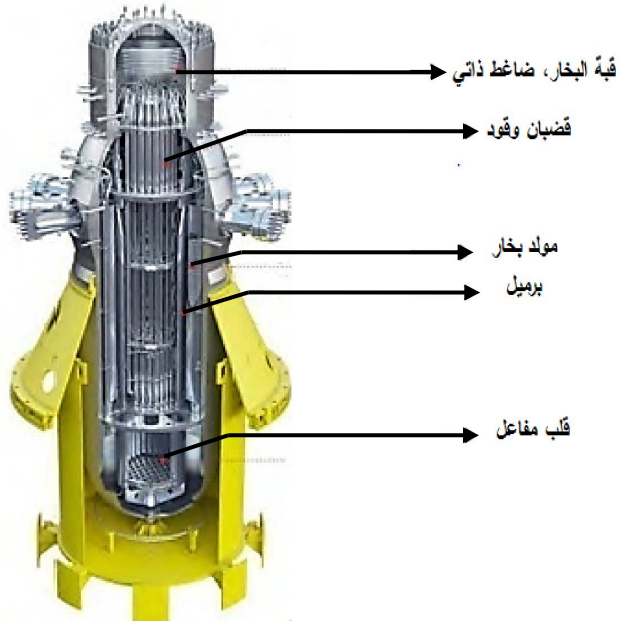
تم تصميم المفاعل CAREM من قبل هيئة الطاقة الذرية الأرجنتينية بالتعاون مع عدد من الشركات الوطنية للحصول على مفاعل يعتمد على تكنولوجيا المفاعلات المبردة بالماء والحصول على مفاعل منافس اقتصادياً ويمتلك درجة عالية من الأمان النووي . يعد المفاعل CAREM مفاعل من نموذج الماء المضغوط والمتكامل. كانت نسبة مساهمة الشركات الوطنية الأرجنتينية في تصنيع مكونات المفاعل حوالي 70%.

تطبيقات المفاعل CAREM:

تم تصميم المفاعل**CAREM** لإنتاج الطاقة الكهربائية في المناطق البعيدة التي لا تحتاج إلى قدرة عالية من الكهرباء. كما يمكن استخدام المفاعل لتزويد المناطق الساحلية بالماء العذب عن طريق إزالة ملوحة مياه البحر والتزود بالكهرباء معاً.

المميزات التصميمية للمفاعل CAREM:

يعتمد تبريد المفاعل CAREM على أساس ظاهرة التبريد بالحمل الطبيعي، وذلك لتبسيط عملية تصميم المفاعل وتحسين أمانه. تقع الدارة الأولية للتبريد في داخل وعاء المفاعل ولا تحتاج لمضخات لتدوير المياه. يتم ضغط المفاعل ذاتياً عن طريق إجراء توازن بين إنتاج البخار وتكثيفه في وعاء المفاعل دون وجود ضاغط مستقل منفصل. يضم المفاعل **CAREM** الأجزاء التالية لرفع مستوى الأمان في المفاعل: نظام تبريد أولي متكامل، وضاغط ذاتي، وتبريد بالحمل الطبيعي، ونظام تحكم بتفاعلية المفاعل داخل وعائه، وأنظمة أمان تعتمد على خاصية الأمان الذاتي. يبين الشكل (1) مقطعاً طولياً في المفاعل CAREM حيث تظهر المكونات الرئيسية المكونة للمفاعل.



الشكل (1) مقطع طولي في المفاعل CAREM

نظام التزود بالبخار في المفاعل:

المفاعل **CAREM** هو مفاعل متكامل، حيث يقع قلب المفاعل ومولّدات البخار والمبرد الأولي وقبة البخار كلها داخل وعاء المفاعل. تتم حركة المبرد الأولي بواسطة الحمل الطبيعي، والذي يتحقق عن طريق وضع مولّدات البخار في أعلى قلب المفاعل. يتم دخول الماء من المدخل السفلي لقلب المفاعل . يتدفق المبرّد بعد عملية التسخين في قلب المفاعل ويتدفق إلى الأعلى عبر المدخنة إلى قبة البخار العلوية. يغادر الماء المدخنة من خلال نوافذ جانبية إلى المنطقة الخارجية. يتدفق بعد ذلك نحو الأسفل من خلال مبادلات البخار المتعددة وبذلك تنخفض درجة حرارته.

قلب المفاعل:

يشتمل المفاعل **CAREM** على مجموعات وقود سداسية الشكل. يحتوي القلب على 61 مجموعة وقود بطول يساوي 1.4 متر. تحتوي كل مجموعة وقود على 108 قضيب وقود بقطر خارجي قدره 9 ملم. كما يوجد 18 موقع فارغ ومكان واحد مخصص للتجارب. تكون نسبة تخصيب الوقود في المفاعل بين 1.8-3.1%. يتكون الوقود من أكسيد اليورانيوم (UO_2). تبلغ مدة دورة الوقود 390 يوم عند القدرة الإسمية للمفاعل وتبديل 50% من قلب المفاعل.

التحكم بتفاعلية المفاعل:

يتم التحكم بتفاعلية المفاعل باستخدام السم المحترق (Burnable poison) وهو أكسيد الغادولينيوم (Gd_2O_3) الموجود في قضبان الوقود ومجموعة من قضبان التحكم التي يتم التحكم بإدخالها وإخراجها من قلب المفاعل. لا يستخدم البورون المنحل في المبرّد في حالة تشغيل المفاعل وعند إغلاق المفاعل . تتكون كل مجموعة امتصاص من مجموعة من قضبان التحكم والتي تتحرك كمجموعة واحدة. تتكون قضبان التحكم من خليط الفضة في الكادميوم (Ag-In-Cd). تستخدم مجموعات التحكم للتحكم بقدرة المفاعل وإغلاق المفاعل عند الطوارئ.

وعاء المفاعل:

يبلغ ارتفاع وعاء المفاعل CAREM 11 متر ويبلغ قطره 3.4 متر. وتبلغ سماكته بين 13 و20 سم. تم تصنيع وعاء المفاعل من الحديد المبطن من الداخل بقميص من الحديد غير القابل للصدأ.

مولّد البخار في المفاعل:

يحتوي المفاعل على 12 مولّد بخار عمودي الشكل، متوضع على الوجه الداخلي لوعاء المفاعل. يتألف كل مولّد بخار من 6 أنابيب حلزونية بطول قدره 26 متر. تستخدم هذه الأنابيب لنقل الحرارة من الدارة الأولية إلى الدارة الثانوية مولّدة بخار بضغط قدره 4.7 ميغاباسكال. تتم حركة المبّرد في الدارة الثانوية إلى الأعلى

في الأنابيب، بينما يتحرك المبرد في الدارة الأولية باتجاه معاكس لحركة السائل في الدارة الثانوية .

الضاغط في المفاعل:

يتم الضغط الذاتي للدارة الأولية نتيجة للتوازن بين السائل والبخار في قبة البخار، حيث يعمل الحجم المرتفع للبخار في وعاء المفاعل كضاغط ذاتي متكامل في المفاعل. لذلك لا يحتوي المفاعل CAREM على السخان الكهربائي الذي يستخدم عادة في ضاغط مفاعلات الماء المضغوط (PWR) النظامية.

مميزات الأمان للمفاعل:

يتألف نظام الأمان في المفاعل CAREM من: نظامي حماية للمفاعل، ونظام ترحيل الحرارة المتبقية في القلب ذاتي العمل، وصمامات أمان لتخفيض الضغط، وجهاز لضخ الماء إلى قلب المفاعل منخفض الضغط، وحاوية المفاعل مزودة بجهاز لتحديد قيمة الضغط داخل الحاوية، ونظامي إغلاق للمفاعل مستقلّين في العمل ومنفصلين ومن نوعين مختلفين يعملان بصورة آلية. يستطيع كل نظام وضع المفاعل في الحالة تحت الحرجة (Sub-critical) في حالة إغلاق المفاعل. يتألف نظام الإغلاق الأول من 9 قضبان لإغلاق قلب المفاعل و16 قضيب للتحكم بتفاعلية المفاعل تتوضع في أعلى قلب المفاعل. ويمكن لقضبان التحكم أن تسقط في قلب المفاعل بتأثير الجاذبية عند الطوارئ. يتألف نظام التحكم الثاني من جهاز لضخ الماء عالي الضغط من خزان بضغط مرتفع، والذي يعمل أوتوماتيكياً عندما يحدث هناك خلل في عمل نظام الإغلاق الأول. يستطيع جهاز إزالة الحرارة المتولدة في قلب المفاعل ضمان درجة الحرارة الآمنة للقلب بسبب توفر أحد نظامي ترحيل الحرارة المتبقية في قلب المفاعل لمدة 36 ساعة في حالة فقدان مصرف ترحيل الحرارة من قلب المفاعل . حيث يتم ترحيل الحرارة باستخدام ظاهرة الحمل الطبيعي بإنتقال السائل إلى أحواض داخل حاوية المفاعل ومن ثم إلى حوض تخفيض الضغط. كما يزود المفاعل بجهازي ديزل لتبريد قلب المفاعل عند الطوارئ لمدة زمنية طويلة.

حاوية المفاعل:

يحتوي المفاعل على حاوية أسطوانية الشكل من الأسمنت المسلح بسماكة قدرها 1.2 متر مزودة بقميص داخلي من الحديد غير القابل للصدأ. تحتوي الحاوية على حوض لخفض قيمة الضغط وتستطيع تحمل ضغط يصل إلى 0.5 ميغا باسكال.

أمان المفاعل والأداء التشغيلي:

يولّد التبريد بالحمل الطبيعي معدلات مختلفة لتدفق المبرّد في الدارة الأولية وفقاً لقيمة القدرة التشغيلية للمفاعل. لذلك، ففي حالة الانتقال من مستوى قدرة تشغيلية إلى أخرى، يتم تعديل تدفق المبرّد في قلب المفاعل ذاتياً. حيث يستطيع المفاعل أن يحافظ على ضغط قريب من ضغط الإشباع (Saturation pressure) بسبب زيادة الضغط ذاتياً في وعاء المفاعل، ويستطيع نظام التحكم الحفاظ على ضغط السائل عند القيمة التشغيلية للمفاعل.

حالة ترخيص المفاعل:

يتم البدء بالأعمال الإنشائية للمفاعل بعد الحصول على ترخيص البناء. تم توقيع العقود المختلفة مع عدد كبير من الشركات الأرجنتينية لتصنيع المكونات المختلفة للمفاعل CAREM. كما جرت دراسة تأثير المفاعل على البيئة المحيطة وإقرارها من قبل الجهات المختصة. تم سكب الأسمنت المسلح في البناء الذي لا يحتوي على مواد نووية عام 2014. بينما مازال البناء الذي يحتوي على مواد نووية قيد الإنشاء .

التطور التاريخي للمفاعل:

تم التطرق لفكرة المفاعل CAREM في اجتماع الوكالة الدولية لطاقة الذرية حول المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة عام 1984. كما تم تقدير فعالية التصميم في المنتدى الدولي لمفاعلات الجيل الرابع وتم اختياره كمفاعل من المفاعلات القابلة للتطوير بين عامي 2001–2002. أعطت هيئة الطاقة الذرية

الأرجنتينية المفاعل CAREM المرتبة الأولى من الاهتمام كمشروع وطني نووي عام 2006. تم تسليم تقرير الأمان الأولي للمفاعل CAREM من قبل هيئة الطاقة الذرية الأرجنتينية إلى سلطة التنظيم النووي الأرجنتيني عام 2009. تم فحص دارة الضغط العالي ودارة المبرد ذي درجة الحرارة المرتفعة من أجل اختبار آلية تحريك قضبان التحكم للمفاعل عام 2011. بدأ الحفر المتعلق بإنشاء المفاعل عام 2011. بدأ العمل الهندسي المدني في بناء المفاعل عام 2012. بدأت الأعمال الإنشائية لبناء المفاعل عام 2014. ومن المتوقع الوصول إلى الحرجية (Criticality) الأولى للمفاعل عام 2023 .

خاتمة

تكمن القوة الدافعة في تطور المفاعلات النووية ذات الوحدات الصغيرة في المميزات الخاصة التي تملكها هذه المفاعلات، حيث تعتبر مناسبة جداً للاستخدام في الدول النامية التي تمتلك شبكة كهربائية صغيرة. وهي تبشر بانخفاض كبير في السعر، والناتج عن إمكانية صنعها وإنتاجها بشكل وحدات متعددة تؤدي إلى تقليص زمن الصنع وانخفاض تكلفتها وسعرها. تستخدم هذه المفاعلات لأغراض مختلفة مثل: إنتاج الكهرباء وتوليد مصدر للحرارة اللازمة في التطبيقات الصناعية المختلفة وإنتاج الهيدروجين وإزالة ملوحة مياه البحر. كما يمكن استخدامها في الجزر الصغيرة والمناطق النائية البعيدة.

ويعد المفاعل الأرجنتيني CAREM مفاعلاً مناسباً جداً للبناء في المناطق النائية بكافة الدول العربية، نظراً لصفات الأمان المتعددة التي يتميز بها المفاعل حيث يعتمد تبريد المفاعل على ظاهرة التبريد بالحمل الطبيعي وذلك لتبسيط عملية تصميم المفاعل وتحسين أمانه. كما لا تحتاج الدارة الأولية للتبريد في المفاعل إلى مضخات لتدوير المياه. ويتم ضغط المفاعل ذاتياً عن طريق إجراء توازن بين إنتاج البخار وتكثيفه في وعاء المفاعل دون وجود ضاغط مستقل منفصل. كما يحتوي المفاعل على أنظمة أمان تعتمد على خاصية الأمان الذاتي لرفع مستوى الأمان في المفاعل. واعتماداً على هذه المميزات الفريدة التي يمتلكها المفاعل CAREM من:

ارتفاع مستوى الأمان وانخفاض التكلفة وبساطة أجهزة المفاعل و إمكانية استخدامه في توليد الكهرباء فقط أو توليد الكهرباء وإزالة ملوحة مياه البحر معاً، بأن يكون هذا المفاعل مرشحاً بالنسبة للدول العربية للبناء في المناطق النائية للتخلص من مشكلة العجز الذي تعانيه تلك المناطق في كل من الطاقة الكهربائية والمياه.

د. قاسم خطاب

قسم الهندسة النووية

هيئة الطاقة الذرية السورية

kkhattab@aec.org.sy

References

1- IAEA, advances in small modular reactor technology developments, Vienna, 2020.
2- IAEA TECDOC-1915, considerations for environmental impact assessment for small modular reactors, Vienna, 2020.
3- IAEA, instrumentation and control systems for advanced small modular reactors, Vienna, 2017.
4- IAEA TECDOC-1785, design safety considerations for water cooled small modular reactors incorporating lessons learned from the Fukushima Daiichi accident, Vienna, 2016
5- IAEA, TECDOC-1485, Status of innovative small and medium sized reactors designs, 2005.

أخبار عربية وعالمية

التحديث (120) لبيان المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

بشأن الوضع في أوكرانيا*

صرح المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية، السيد رافائيل ماريانو غروسي بأن محطة "Zaporizhzhya" للطاقة النووية الأوكرانية (ZNPP) أعادت الاتصال بآخر خط طاقة يعمل بقدرة 750 كيلو فولط بعد أن فقد للمرة الثالثة خلال 10 أيام.

تم إبلاغ خبراء الوكالة الموجودين بموقع المحطة من قبل مسؤولي التشغيل الأوكرانيين أن الاتصال أعيد في الساعة 9:30 مساءً بالتوقيت المحلي يوم 2022/10/17، بعد 18 ساعة تقريباً من فصل الخط بفعل نظام حماية يتخذ هذا الإجراء تلقائياً عندما ينخفض الجهد بشكل كبير.

تُظهر حالات الانقطاع المتكررة مدى خطورة الوضع الأمني والسلامة النووية في أكبر محطة للطاقة النووية في أوروبا خلال الصراع العسكري الحالي في أوكرانيا. وأكد خبراء الوكالة على الحاجة إلى إنشاء منطقة حماية للأمن والأمان النوويين حول المنشأة، في أعقاب القصف المتكرر على المحطة أو بالقرب منها في الأشهر الأخيرة.

خلال انقطاعي التيار الكهربائي السابقين في المحطة يومي 8 و12 أكتوبر، قدّمت مولّدات الديزل للطوارئ بالمحطة الكهرباء الاحتياطية اللازمة لتبريد المفاعل ووظائف السلامة الأساسية الأخرى. ومع ذلك، استمرت المحطة يوم 2022/10/17 في تلقّي الطاقة من خط خارجي بجهد 330 كيلو فولط يوفّر الكهرباء من نظام احتياطي تمت استعادته في أواخر الأسبوع السابق. ومع إعادة توصيل خط 750 كيلو فولط يوم 2022/10/18، أصبح كلاهما متاحاً على الرغم من أن وضع الطاقة لا زال هشاً.

* مترجم من "www.iaea.org/news center"، بتاريخ 2022/10/18.

وبينما لم يكن هناك قصف بالقرب من المحطة ليلاً واليوم، لاحظ فريق الوكالة 4 انفجارات لغم أرضي خلال النهار. كما أبلغ الفريق عن أن القصف المكثف للبنية التحتية في جميع أنحاء البلاد قد أخّر العمل لاستعادة خط كهرباء احتياطي ثاني خارجي بجهد 330 كيلو فولط إلى ساحة تبديل محطة الطاقة الحرارية القريبة.

كما صرّح المدير العام للوكالة السيد غروسي بأنه يواصل المشاورات بشأن تأمين منطقة الحماية الأمنية والسلامة النووية في محطة ZNPP، ومن الضروري الاتفاق على ذلك في أقرب وقت ممكن. كما أعرب عن قلقه العميق إزاء الاعتقالات الأخيرة لمدير عام المحطة ونائبه، اللذين تم الإفراج عنهما بعد اتصال غروسي بالسلطات المعنية لإطلاق سراحهما.

مجلس الوزراء الألماني يقر تمديد عمل 3 مفاعلات نووية*

وافق مجلس الوزراء الألماني بتاريخ 2022/10/19 على تمديد عمل المفاعلات النووية الثلاثة Isar 2 و2 Neckawestheim وEmsland من أجل توليد الطاقة الكهربائية حتي منتصف أبريل 2023. وبعد موافقة مجلس الوزراء سيقوم البرلمان الألماني (بوندستاج) بمناقشة القرار والتصويت عليه في الأسبوع الثاني من نوفمبر. ومن ثم سيناقش مجلس اتحاد الولايات في جلسة خاصة يوم 25 نوفمبر خطط الحكومة في هذا الشأن.

يأتي ذلك بعد خلاف كبير بين حزبي الخضر و الديمقراطي الحر حول هذه النقطة. وشدّد حزب الخضر على ضرورة أن يكون هذا هو التمديد الأخير. لقد كان من المفترض إخراج هذه المفاعلات من الخدمة في الشبكة بحلول 2022/12/31 في إطار سعي ألمانيا للتخلي عن الطاقة النووية. علماً بأن الحزب الديمقراطي الحر يرغب في تمديد عمل المفاعلات الثلاثة حتى عام 2024، مما يعكس عودة الاهتمام بالطاقة النووية وإقامة المفاعلات أو إبقاء تشغيلها عالمياً.

* التغطية الاعلامية لبعثة جامعة الدول العربية في برلين – ألمانيا، بتاريخ 2022/10/20.

تصنيع معدات محطة الطاقة النووية المصرية في مدينة سيزران*

زار أعضاء من فريق مشروع الضبعة النووي المصري مدينة سيزران الروسية، حيث أجريت الاختبارات الأولية لمعدات محطة الضبعة النووية في مصنع "تياج ماش" للمعدات الثقيلة. وهو المصنع الذي يقوم بتصنيع معدات أول محطة مصرية للطاقة النووية. ويدور الحديث حول تصنيع 4 مصائد لقلب المفاعل "Core Catcher" و4 رافعات قطبية دائرية الحركة "Polar Crane".

وفي وقت سابق زار ممثلو المشروع النووي المصري مصنع "تياج ماش". كما قام موظفو هيئة المحطات النووية وشركة "Worley" للأعمال الاستثمارية وممثلو شركة "Atomstroyexport" وشركة "Vo Safety" بمتابعة سير عملية التصنيع، وشاركوا أيضاً في الاختبارات الأولية لمصيدة قلب المفاعل الأولى.

مؤسسة الإمارات للطاقة النووية والمجلس الأطلسي يوقعان اتفاقية لتعزيز دور الطاقة النووية في مواجهة التغير المناخي**

وقّعت مؤسسة الإمارات للطاقة النووية اتفاقية مدتها ثلاث سنوات مع المجلس الأطلسي في الولايات المتحدة الأمريكية، للتعاون فيما يخص مبادرة سياسة الطاقة النووية التي يتبناها المجلس، إلى جانب دعم جهوده لتعزيز دور الطاقة النووية المحوري في مسيرة الانتقال لمصادر الطاقة الصديقة للبيئة.

والمجلس الأطلسي هو مركز أبحاث مقره الولايات المتحدة، ويضم مركز الطاقة العالمي الذي يعد أحد مراكز الطاقة الأمريكية الرائدة في مجال تعزيز أمن الطاقة، ويتعاون المجلس مع المؤسسات الحكومية والخاصة والمنظمات المجتمعية لدعم قطاع الطاقة العالمي.

---

* موقع هيئة المحطات النووية المصرية، بتاريخ 2022/10/20.

**موقع مؤسسة الإمارات للطاقة النووية، بتاريخ 2022/11/1.

تم التوقيع على الاتفاقية في العاصمة الأمريكية واشنطن من قبل السيد محمد إبراهيم الحمادي، العضو المنتدب والرئيس التنفيذي لمؤسسة الإمارات للطاقة النووية، والسيد فريد كيمبي، رئيس المجلس الأطلسي، خلال زيارة رسمية لوفد من مؤسسة الإمارات للطاقة النووية إلى الولايات المتحدة الأمريكية، استضافت خلالها المؤسسة والمجلس الأطلسي حلقة نقاشية حول "دور الحياد المناخي في الطريق إلى مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي (كوب 28)". وناقشت الجلسة مدى سرعة نمو الطلب على الطاقة النووية، حيث أدركت العديد من الدول أهمية ودور الطاقة النووية في تأمين الطاقة واستدامتها، ولا سيما مع أزمة الطاقة العالمية الحالية، إلى جانب الوفاء بالالتزامات الخاصة بخفض الانبعاثات الكربونية.

وتأتي هذه الاتفاقية في إطار التزام مؤسسة الإمارات للطاقة النووية بدعم الحوار البنّاء حول الدور المحوري للطاقة النووية فى ضمان أمن الطاقة واستدامتها، وتطوير السياسات والهياكل اللازمة لدعم هذا القطاع.

وتتولى مؤسسة الإمارات للطاقة النووية تطوير محطات براكة للطاقة النووية السلمية، التي تضم 4 مفاعلات من طراز APR1400، التي تعد أحد أكثر تصاميم المفاعلات النووية تقدماً من الناحية التكنولوجية فى العالم، حيث تصل القدرة الإنتاجية لكل منها إلى 1400 ميغاواط من الكهرباء الخالية من الكربون. وتم بالفعل ربط 3 محطات في براكة بشبكة كهرباء دولة الإمارات العربية المتحدة، اثنتان منها تنتجان الكهرباء الصديقة للبيئة على نحو تجاري. وفور تشغيلها بالكامل، ستساهم محطات براكة الأربع بما يصل إلى 25% من جهود دولة الإمارات العربية المتحدة الرامية للوصول إلى الحياد المناخي بحلول 2050.

ترجمة وإعداد: م. نهلة نصر

أخبار الهيئة

الاجتماعات العلمية

1 ـ إجتماع وزراء التعليم الفني والمهني في الدول العربية (عن بعد: 2022/10/16)

شاركت الهيئة العربية للطاقة الذرية ممثلة في أ.د. ضو مصباح في اجتماع وزراء التعليم الفني والمهني في الدول العربية والذي عقد عن بُعد يوم 16 أكتوبر 2022. هدف الاجتماع إلى اعتماد خطة التطوير الشاملة لمنظومة التعليم الفني والمهني في الدول العربية، والتي أعدها فريق عمل خبراء من الأليسكو واليونسكو والأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري، تمهيداً لعرضها على القادة العرب خلال القمة التنموية المقبلة لاتخاذ القرار المناسب بشأنها. يأتي الاجتماع في إطار تنفيذ قرار القادة العرب الصادر عن الدورة 4 للقمة العربية التنموية الاقتصادية والاجتماعية، والتي عُقدت في 20 /1/ 2019 ببيروت، والذي نص على:

1- التأكيد على أهمية الارتقاء بالتعليم الفني والمهني في الوطن العربي.

2- دعوة الأمانة العامة لعقد اجتماع للخبراء المعنيين بالتعليم الفني والمهني في الدول العربية بالتنسيق مع المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ومشاركة الجهات المعنية بهذا الشأن لوضع إطار خطة تطوير شاملة للتعليم الفني والمهني تتوافق مع احتياجات سوق العمل ووضع آليات تنفيذها ومتابعتها وعرضها على الدول العربية.

عقدت الأمانة العامة عدة اجتماعات لفريق الخبراء وتم إدراج ملاحظات الدول والمنظمات العربية المتخصصة على خطة التطوير الشاملة، كما تم إعداد مخطط آليات تنفيذ الخطة وتم تعميمه على الوزارات المعنية بالدول العربية.

شارك في الاجتماع، بالإضافة إلى الهيئة العربية للطاقة الذرية، الوزراء العرب المعنيون بالتعليم الفني والتقني أو من يمثلونهم في الدول العربية ومؤسسات العمل العربي المشترك ومنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (المكتب الإقليمي للتربية– بيروت) بهدف عرض ومناقشة مسودة خطة التطوير الشاملة لمنظومة التعليم الفني والمهني في الدول العربية، والتي أعدها فريق عمل خبراء من (الألكسو– اليونسكو– الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري). تم في الاجتماع عرض مسودة الخطة بكافة تفاصيلها تمهيداً لمشاركة الحضور بتقديم ملاحظاتهم إستعرض المجتمعون ما تم إنجازه لتنفيذ قرار القمة العربية خلال الفترة المنصرمة، فعلى الرغم من الصعوبات وعلى رأسها جائحة كورونا تم عقد العديد من الاجتماعات لفريق الخبراء، والتي نتج عنها وضع تصور لخطة التطوير الشاملة من خلال عقد اجتماعات دورية مكثفة للفريق. حيث أن خطة تطوير منظومة التعليم الفني والمهني شملت كافة الأبعاد والمحاور ذات الصلة بذلك الجانب الهام والحيوي لتتماشي مع ما يشهده العالم اليوم من تقدم علمي وتكنولوجي في عصر اقتصاد المعرفة. وبعد مناقشة مستفيضة لمسودة الخطة النهائية وآليات تنفيذها، تم إعتمادها في صيغتها النهائية لرفعها الي القمة العربية التنموية المقبلة لاتخاذ القرار المُناسب بشأنها.

2 ـ الإجتماع التنسيقي لمشروع الشبكة العربية للرصد الإشعاعي البيئي والإنذار المبكر (عمّان: 6 – 2022/11/10)

تم تنظيم الاجتماع التنسيقي الخامس لمشروع "الشبكة العربية للرصد الإشعاعي البيئي والإنذار المبكر" في مدينة عمّان بالمملكة الأردنية الهاشمية خلال الفترة 6 – 10 نوفمبر 2022. حضر الاجتماع 17 مشاركًا من 10 دول مشاركة في المشروع، بالإضافة إلى ممثل الهيئة العربية أ.د. ضو مصباح وممثل الوكالة الدولية للطاقة الذرية وممثل مجلس التعاون الخليجي. الدول المشاركة في المشروع والممثلة في الاجتماع هي: الأردن، تونس، السودان، العراق، فلسطين، الكويت، لبنان، مصر، موريتانيا، المغرب. الغرض من الاجتماع هو استعراض التطور في تنفيذ أنشطة المشروع وبحث الاستراتيجيات المستقبلية للمضي قدماً في تأسيس الشبكة العربية

للرصد الإشعاعي البيئي والإنذار المبكر، بالإضافة إلى مناقشة خارطة الطريق العربية للتعاون في مجال الإستعداد والإستجابة للطوارئ النووية والإشعاعية، التي تم إعدادها بناءً على توصيات إجتماع كبار المسؤولين العرب الذي عُقد في القاهرة خلال الفترة 6-2022/7/7 وإستجابة لدعوة مدير عام الوكالة الدولية للطاقة الذرية السيد جروسي. وهدف الإجتماع أيضاً إلى استحداث مشروع أقاليمي جديد في إطار برامج التعاون الفني التي تدعمها الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

تم في الاجتماع تقييم العمل المنجز في الفترة السابقة والنتائج التي تم تحقيقها حتى الآن بشأن إنشاء الشبكة العربية للرصد الإشعاعي وأنشطة المشروع الذي تم تمديده حتى عام 2022. كما تم وضع خطة عمل مفصلة لسنة 2023 مع الطلب من الوكالة دعم هذه الخطة. ووفر الاجتماع فرصة لمناقشة سبل التعاون في تنفيذ خارطة الطريق العربية للتعاون في الإستعداد والإستجابة للطوارئ النووية والإشعاعية وخطة العمل التي سيتم تنفيذها من أجل ضمان النتائج المطلوبة من هذه الخارطة. كما عُرضت البرامج الوطنية التي بينت الوضع الحالي والقدرات الوطنية في مجال الإستعداد والاستجابة للطوارئ النووية والإشعاعية. وقدمت في الاجتماع عروض من قبل ممثلو الوكالة الدولية والهيئة العربية والدول الأعضاء بشأن حالة الرصد الإشعاعي البيئي في المنطقة. وناقش الإجتماع القضايا الآتية:

أ- السعي لتمديد المشروع لتحقيق أهدافه؛ ووضع خطة العمل لعام2023.
ب- مراجعة ومناقشة الوضع الحالي للرصد الإشعاعي البيئي في كل دولة مشاركة.
ج- مناقشة خارطة الطريق للتعاون العربي في مجال الإستعداد والإستجابة للطوارئ النووية والإشعاعية 2023-2030 والتصور العام لتنفيذها.
د- صياغة مشروع أقاليمي يضمن إستدامة الشبكة العربية للرصد الإشعاعي والإنذار المبكر ويكون قاطرة لتنفيذ خارطة الطريق، وشراء المعدات.

تم إستعراض إنجازات المشروع والإجراءات التي ينبغي اتخاذها على المستويات الوطنية ومن الوكالة الدولية والهيئة العربية للحفاظ على استدامة المشروع، وتم تسليط الضوء على شراء المحطات والدول المستفيدة من ذلك ومدى إستعدادها لتركيبها

وتشغيلها وصيانتها. وقد تم الإنتهاء من عمليات الشراء لجميع الدول المعينة وهي (السودان وليبيا وموريتانيا وتونس والعراق ولبنان والأردن) في الوقت المحدد، حيث ستتلقى أنظمة جديدة للرصد الإشعاعي والإنذار المبكر ويتم تركيبها في بداية 2023. وفي حالة الأردن يتم تطوير بعض المعدات الموجودة. هناك حاجة من جميع الدول المشاركة في المشروع لبناء القدرات في هذا المجال للحفاظ على الاستدامة وظروف التشغيل الجيدة للمحطات. وتم تقديم معلومات محددة تتعلق بالوضع الحالي لكل دولة واحتياجاتها في إطار المشروع ومبررات تلقي المساعدة.

البرامج التدريبية

1 ـ ورشة عمل حول الترابط بين الأمان والأمن النوويين (عمّان: 3-2022/10/6)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية/ الشبكة العربية للمراقبين النوويين بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية وهيئة الطاقة الذرية الأردنية ورشة عمل حول "الترابط بين الأمن والأمان النوويين" وذلك في مدينة عمّان – المملكة الأردنية الهاشمية خلال الفترة : 3 – 6 أكتوبر 2022. هدفت الورشة إلى تزويد المشاركين بفهم أعمق عن التنسيق بين الأمان والأمن النوويين من خلال تبادل الخبرات والممارسات، بما يتفق ومعايير الوكالة الدولية المتعلقة بالأمان النووي والوقاية من الإشعاعات المؤينة وأمن المصادر المشعة. وقد شارك في الورشة 20 مشاركاً من العاملين في الهيئات الرقابية العربية وهيئات الطاقة الذرية ومن هم مسؤولون عن الأمان والأمن النوويين من 10 دولة عربية هي الأردن، تونس، السعودية، السودان، العراق، ليبيا، موريتانيا، اليمن، الجزائر وسلطنة عُمان، ومثل الهيئة العربية أ. د. ضو مصباح. تضمنت الورشة محاضرات لخبراء من الوكالة الدولية ومن الولايات المتحدة الأمريكية حول الأطر الرقابية والتشريعية المتعلقة بالأمان النووي والأمن النووي والتوافق بينهما، بالإضافة إلى عروض للمشاركين العرب حول خبراتهم في إدارة الترابط بين الأمان والأمن

النوويين في دولهم، تبعتها حلقات نقاش حول منهجية الترابط بين الأمان والأمن النوويين. وتمت خلال الورشة مناقشة المحاور الآتية:

– متطلبات الوكالة الدولية للطاقة الذرية وتوصياتها وإرشاداتها

– الممارسات الرقابية لإدارة الترابط بين الأمان والأمن النوويين:

أ. الأطر التنظيمية لمراقبة إجراءات الأمان والأمن.

ب. القيادة والإدارة للأمان والأمن.

ج. التعاون والعمل المشترك بين الجهات المختصة ومنظمات الدعم الفني.

د. التواصل والتشاور مع الجهات المشغلة والجمهور.

هـ. التخطيط والاستجابة للطوارئ

و. الاستشارة العامة والتواصل مع الجمهور.

– الممارسات الجيدة المحددة في وثائق الوكالة IRRS و IPPAS فيما يتعلق بالترابط بين الأمان والأمن.

– حالات دراسية من تجارب الدول المشاركة.

هذا وقد تم تنظيم زيارة ميدانية للمفاعل الأردني البحثي.

2 ـ دورة تدريبية في مجال معالجة الأغذية بالإشعاع لتحسين سلامة الغذاء وتوحيد النظم التشريعية وتعزيز التبادل التجاري بين الدول العربية (عن بعد: 3-2022/10/6)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية دورة حول "معالجة الأغذية بالإشعاع لتحسين سلامة الغذاء وتوحيد النظم التشريعية وتعزيز التبادل التجاري بين الدول العربية" بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية عن بُعد خلال الفترة 3–2022/10/6. شارك في الدورة حوالي 60 مشاركاً من مختلف الدول العربية، ومثل الهيئة العربية أ. د. يحيى شخاتره. هدفت الدورة إلى تعريف وتدريب المشاركين على استخدام تقنية

حفظ الغذاء بالإشعاع وواقعها في الوطن العربي وتحفيز قبول المستهلك العربي لها واللوائح القياسية الموحدة وآلية تسهيل التبادل التجاري بين الدول العربية وتحسين واقع الأمن الغذائي العربي من خلال تقليل الفقد في المحاصيل الزراعية والهدر في الغذاء والمحافظة على جودة وسلامة الغذاء. وتناولت الدورة المحاور الآتية:

1. الأمن الغذائي العربي والفجوة الغذائية.
2. تقنيات معالجة الأغذية بالإشعاع.
3. الكشف عن الأغذية المعالجة بالإشعاع.
4. الأشعة المؤينة (أنواعها وطرق الوقاية منها).
5. استراتيجية التبادل التجاري في الأغذية المعالجة بالإشعاع بين الدول العربية.
6. إجراءات الحجر الزراعي وتسهيل التبادل التجاري في الأغذية.
7. البكتيريا الممرضة في الغذاء والأمراض الناشئة عنها وكيفية التخلص منها بالإشعاع.
8. الفطريات المفرزة للسموم الفطرية وأنواع سمومها وكيفية التخلص منها بالإشعاع لتحقيق المواصفات القياسية العالمية.
9. تحليل المخاطر للأفلاتوكسينات في بعض الأغذية.
10. نظم سلامة الغذاء والرقابة على الأغذية.
11. دور معامل تحليل الأغذية في تأكيد سلامة الغذاء.
12. تطور الوضع الدولي والعربي والمصري في مجال معالجة الأغذية بالإشعاع.

وقد شارك في هذه الدورة 8 محاضرين عرب بواقع 12 ساعة خلال إنعقاد الدورة. وتضمنت المحاضرات شرح نظري شامل للمفاهيم الأساسية وطرق التطبيقات العملية. كما قام المحاضرون بعرض لتجارب بعض الدول العربية والدولية في مجال حفظ وسلامة الغذاء وإمكانية الاستفادة منها لتطبيقها في الدول العربية. تم التركيز في

الدورة على أهمية سلامة وحفظ الغذاء لفترات تخزين طويلة وآمنة باستخدام التقنيات النووية من أجل استدامة السلاسل الإنتاجية خلال فترات الأزمات وتعزيز الأمن الغذائي في الدول العربية. كما تم التعرف على القوانين والأطر التشريعية الناظمة في مجال تشعيع وحفظ الأغذية في بعض الدول العربية والدول المتقدمة.

3ـ المدرسة العربية للقيادة في مجالي الأمان النووي والإشعاعي (**القاهرة**: 9- **2022/10/20**)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية/ الشبكة العربية للمراقبين النوويين بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية وهيئة الرقابة النووية والإشعاعية المصرية "المدرسة العربية للقيادة في مجالي الأمان النووي والإشعاعي" وذلك في مدينة القاهرة – جمهورية مصر العربية خلال الفترة: 9 – 20 أكتوبر 2022. الهدف من المدرسة هو تدريب المهنيين في بداية ومنتصف حياتهم المهنية على القيادة في مجالي الأمن النووي والإشعاعي وتقديم برنامج متكامل مدته أسبوعين للوكالة الدولية للطاقة الذرية حول طرق القيادة في مجالات الأمان النووية والإشعاعية، وهو تدريب يعتمد على متطلبات الأمان العامة والقيادة والإدارة من أجل السلامة (GSR الجزء 2).

شارك في المدرسة 35 مشاركاً من العاملين في الهيئات الرقابية العربية والمنظمات الفنية الداعمة لها ومن هم مسؤولون عن الأمان وبناء القدرات في 15 دولة عربية هي: الأردن– البحرين– تونس– السعودية– السودان– العراق– الكويت– لبنان– ليبيا– مصر– موريتانيا– اليمن– الجزائر– سلطنة عُمان– المغرب. كما شارك في المدرسة 17 من الخبراء العرب والأجانب. افتتح المدرسة كل من أ. د. سامي شعبان رئيس هيئة الرقابة النووية والإشعاعية المصرية والسيدة إيفا كوبانوفا ممثلة الوكالة الدولية وأ. د. ضو مصباح ممثل الهيئة العربية. وقد تكونت المدرسة من محاضرات وعروض ومناقشات وتمارين عملية قدمت من قبل خبراء متخصصين تبعتها حلقات نقاش حول منهجية القيادة وحالات دراسية متعددة.

غطت مدرسة القيادة مواضيع مثل القيادة من أجل السلامة وثقافة السلامة والنهج النظامي باستخدام دراسات الحالة الواقعية. كما غطت حالات دراسية لمجموعة من

سيناريوهات الأمان النووي والإشعاعي. وعمل المشاركون في مجموعات باستخدام نهج الحوار التفاعلي جنبًا إلى جنب مع الميسرين الذين عملوا كمرشدين وموجهين. وشمل برنامج المدرسة مقدمة عامة تلاها أسبوعين من التدريب، غطى البرنامج مواضيع عديدة منها: متطلبات الأمان للوكالة الدولية للطاقة الذرية(GSR الجزء 2) والقيادة من أجل الأمان والمفاهيم الرئيسية الأخرى، ومراجعة الحالات الدراسية لمجموعة من المرافق النووية والإشعاعية، وتمارين ومناقشات جماعية تهدف إلى توضيح القيادة للأمان النووي والإشعاعي في الممارسة العملية.

4 ـ دورة تدريبية في مجال تحسين الإنتاج الحيواني والصحة البيطرية باستخدام التقنيات النووية والحيوية (عن بُعد: 10-2022/10/13)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية وبالتعاون مع المعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس، دورة تدريبية في مجال "تحسين الإنتاج الحيواني والصحة البيطرية باستخدام التقنيات النووية والحيوية" عن بُعد خلال الفترة 10-2022/10/13. شارك في الدورة حوالي 50 مشاركاً من الدول العربية. ومثل الهيئة أ. د. يحيى شخاتره.

هدفت الدورة إلى إتاحة الفرصة لعدد من العلميين والأطباء البيطريين والفنيين العاملين في مجال الإنتاج الحيواني في الدول العربية للتدريب على أهم التطبيقات والتقنيات النووية والحيوية الحديثة المستخدمة في زيادة إنتاجية السلالات الحيوانية وتشخيص ومعالجة الأمراض الوبائية وتحسين الصحة الحيوانية. واشتمل البرنامج على المحاور التالية:

- واقع وآفاق تطوير الإنتاج الحيواني في الوطن العربي.
- تطبيقات التقنيات النووية في الإنتاج الحيواني.
- فسيولوجيا التناسل وتحسين آليات التكاثر الطبيعي والاصطناعي.
- نقل وتطوير التكنولوجيا لتحسين المقاومة للأمراض جينياً.
- تقنيات تقدير المناعة الإشعاعية والإنزيمية.

– الاستخدام الأمثل للموارد المحلية والبديلة من المواد العلفية.

– دور التحسين الوراثي للمجترات الصغرى في تحسين الإنتاجية.

– أهمية نظم الإنتاج في تحديد استعمال مختلف تقنيات الإنتاج.

وقد شارك في هذه الدورة 8 محاضرين عرب بواقع 14 ساعة خلال إنعقاد الدورة. وتضمنت المحاضرات شرح نظري شامل للمفاهيم الأساسية وبعض التطبيقات العملية على أرض الواقع لدى المستهدفين. تم تسليط الضوء على أهمية إستخدام التكنولوجيا النووية والحيوية لدراسة فرص تحسين الإنتاج والصحة الحيوانية في الدول العربية، وحيث أن الدول العربية تمتلك ثروة حيوانية كبيرة فلا بد من الاستغلال الأمثل والمستدام لها. يعد تكثيف نظم الإنتاج الحيواني شرطاً أساسياً لتلبية الطلب المتزايد على المنتجات الحيوانية. ويعتبر تحسين السلالات المحلية من خلال التحسين الوراثي بطريقة تحافظ على قابليتها للتكيف مع البيئات المحلية، وتحمّلها الداخلي للأمراض المحلية أمراً حاسماً في مواجهة التحدي المتمثل في توفير الطلب المتزايد باستمرار على الغذاء من أصل حيواني. تم تعريف المشاركين في هذه الدورة على معدات وأجهزة التلقيح الصناعي في الأبقار والمجترات الصغرى وطرق جمع السائل المنوي والكشف على دورة الشبق والكشف المبكر على الحمل باستخدام الموجات فوق الصوتية والمناظير الميكروسكوبية. كما تم التطرق إلى أهمية المقاومة للأمراض جينياً والكشف المبكر والسريع للأمراض العابرة للحدود والسيطرة عليها.

5 ـ دورة تدريبية في مجال الاتجاهات الحديثة لاستخدام الإشعاع لمكافحة الآفات الحشرية (عن بُعد: 17-2022/10/20)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية وبالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية، دورة تدريبية في مجال "الإتجاهات الحديثة لإستخدام الإشعاع لمكافحة الآفات الحشرية" عن بُعد خلال الفترة 17–2022/10/20. وقد شارك في هذه الدورة حوالي 65 مشاركاً من مختلف الدول العربية ومثل الهيئة أ. د. يحيى شخاتره.

هدفت هذه الدورة التدريبية إلى إتاحة الفرصة أمام العاملين في مجال وقاية النبات والرقابة الصحية والحجر الزراعي على المحاصيل الزراعية ومراكز البحوث والإرشاد الزراعية في الدول العربية للتعرّف على الوسائل المختلفة لمكافحة الآفات الزراعية سواء التقليدية أو الحديثة. كما أتاحت الفرصة للتعاون بين الدول العربية في مجال مكافحة الحشرات والتعرف على واقع المكافحة المتكاملة للآفات الحشرية وإمكانية وضع برامج بحثية وتطبيقية مشتركة. وتناولت الدورة المحاور الآتية:

1. أسس وأهمية الإدارة المتكاملة للآفات الحشرية.
2. الأشعة المؤينة والنظائر المشعة في التطبيقات البيولوجية.
3. التطبيقات والمستجدات في تقنية إنتاج الحشرات العقيمة.
4. البيولوجيا الجزيئية ومكافحة الآفات.
5. آفات النخيل والتمور والوقاية من الإصابة.
6. المكافحة الحيوية وأهميتها في مكافحة الآفات.
7. الاستخدام الآمن للمبيدات الكيميائية والطبيعية.
8. استخدام المستخلصات والمساحيق النباتية.
9. مكافحة آفات المواد والحبوب المخزونة.

وقد شارك في الدورة 7 محاضرين عرب بواقع 12 ساعة خلال إنعقاد الدورة. وتضمنت المحاضرات شرح نظري موسّع للمفاهيم الأساسية وبعض التطبيقات العملية على أرض الواقع لدى المستهدفين سواء كانوا باحثين أو مزارعين أو تجار. كما قام المتداخلون والمشاركون بعرض لتجارب بعض الدول العربية والدولية المتقدمة في مجال إستخدام التقنيات النووية في الإدارة المتكاملة لمكافحة الآفات الزراعية. تم التركيز على أهمية إستخدام تقنية الحشرات العقيمة وتشعيع النيماتودا الممرضة ضمن برامج الإدارة المتكاملة لمكافحة الآفات الزراعية لما لهما من دور هام في الحد من انتشار بعض الآفات الاقتصادية وخاصةً الحشرات العابرة للحدود. كما تم التعريف

بأهمية إستخدام المكافحة المتكاملة مثل المكافحة الحيوية والمكافحة الميكانيكية والزراعة غير التقليدية لمكافحة الآفات الاقتصادية. كما أولت الدورة إهتماماً لمحور المكافحة المتكاملة لسوسة النخيل الحمراء المنتشرة في معظم الدول العربية، والتي تسبب الضرر البالغ في الإنتاج وتدني النوعية. حيث تم التعرف على طرق الكشف المبكر وتتبع الإنتشار والطرق الحديثة في مكافحة هذه الحشرة الاقتصادية. وقد قام بعض المشاركين بعرض نتائج تجاربهم المتعلقة بمكافحة الآفات الضارة والتحديات التي تواجههم للحد من إنتشار الآفات الضارة وخاصةً العابرة للحدود مثل سوسة النخيل الحمراء وذبابة الفاكهة والآفات الحشرية التي تهاجم الحبوب المخزونة.

6 ـ دورة تدريبية حول استخدام التقنيات النووية الحديثة لاستحداث طفرات زراعية محسّنة متحملة للإجهادات البيئية (عمّان: 6 – 2022/11/10)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع المركز الوطني للبحوث الزراعية خلال الفترة: 6–2022/11/10 بمدينة عمّان – المملكة الأردنية الهاشمية دورة تدريبية في مجال "استخدام التقنيات النووية الحديثة لاستحداث طفرات زراعية محسّنة متحملة للإجهادات البيئية". هدفت الدورة إلى إتاحة الفرصة لعدد من العاملين العرب في مجال البحوث الزراعية للتعرّف على التطبيقات الحديثة للتقنيات النووية والحيوية في تحسين وإنتاج محاصيل نباتية ملائمة للإجهادات البيئية والتدريب على إستحداث الطفرات النباتية المستخدمة لتحسين الإنتاج النباتي وكيفية تربية الطفرات المتحملة للجفاف والملوحة. عدد المشاركين 16 من 7 دول عربية هي: الأردن وتونس والسعودية والسودان والعراق ومصر وموريتانيا. ومثل الهيئة أ. د. يحيى شخاتره.

تضمن البرنامج العلمي للدورة 28 ساعة من المحاضرات النظرية والدروس العملية والحلقات النقاشية وفق المحاور الآتية: الأمن الغذائي العربي والفجوة الغذائية، التغيرات المناخية وآثارها على الأمن الغذائي، إستحداث الطفرات النباتية بالوسائل النووية، دور التقنيات النووية في تحسين الأمن الغذائي، التعرّف على الطفرات المستحدثة بالطرق الجزيئية، تكنولوجيا زراعة الأنسجة وإستحداث الطفرات، الاستفادة من الموارد الوراثية النباتية لمواجهة الإجهادات البيئية، إكثار بذار الأصناف المحسنة والمحافظة على نقاوتها الوراثية وسياسات البذار المتبعة.

كما تضمن برنامج الدورة زيارة عملية لمختبرات المركز الوطني للبحوث الزراعية، حيث تم تدريب المشاركين على عمليات تشعيع بذور المحاصيل وطرق استحداث وتربية التراكيب الوراثية المطفرة، وعلى التقنيات الحديثة في مجال إكثار النبات باستخدام تقنيات زراعة الأنسجة، وعلى عمليات إكثار بذار الأصناف المحسنة الجديدة والمتحملة للإجهادات البيئية والمحافظة على نقاوتها الوراثية.

7 ـ ورشة عمل حول العوامل والاعتبارات البيئية والجيولوجية عند اختيار مواقع مكبات النفايات (عمّان : 13 – 2022/11/17)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية الأردنية خلال الفترة: 13 – 2022/11/17 بمدينة عمّان – المملكة الأردنية الهاشمية ورشة عمل حول "العوامل والاعتبارات البيئية والجيولوجية عند اختيار مواقع مكبات النفايات". هدفت هذه الورشة إلى تعريف المشاركين الباحثين والفنيين من الدول العربية بالمعرفة النظرية وبعض التطبيقات العملية حول أنواع مرادم النفايات المختلفة، وتزويدهم بالمهارات العملية والنظرية لمعرفة العوامل البيئية والجيولوجية الواجب الانتباه إليها أثناء وخلال وبعد اختيار المرادم، وتأهيلهم للعمل كفنيين واختصاصيين في مجال معرفة آليات اختيار مواقع المرادم في دولهم. حيث ألقت هذه الورشة الضوء على فهم عام لتحديد الخصائص لمرفق (مكب) التخلص النهائي للنفايات المشعة، بما يشمل الجوانب والسمات البيئية والجيولوجية. شارك في هذه الورشة 23 مشاركاً من 11 دولة عربية هي: الأردن وتونس والسعودية والسودان والعراق وفلسطين والكويت ولبنان وليبيا ومصر وموريتانيا، ومثل الهيئة أ. د. الدكتور يحيى شخاتره.

تضمن البرنامج العلمي للورشة 28 ساعة من المحاضرات النظرية والدروس العملية والحلقات النقاشية وفق المحاور الآتية: تصنيف النفايات المشعة، المتطلبات التشريعية لمكبات النفايات المشعة، متطلبات الأمان لمكبات النفايات المشعة، ملف حالة الأمان وتقييم الأمان لمكبات النفايات المشعة، منهجية اختيار موقع المكبات، تحديد خصائص موقع مكبات النفايات المشعة، العوامل الاجتماعية عند اختيار المكبات، معايير قبول النفايات لغايات التخلص النهائي في المكبات، خيارات مكبات التخلص النهائي، أمثلة على مكبات النفايات المشعة في العالم.

كما تضمن برنامج الورشة زيارة ميدانية لموقع التكييف والتخزين والتخلص التابع لمرافق هيئة الطاقة الذرية الأردنية والمخصص لتخزين النفايات المشعة. كما تم إجراء تمارين واختبارات عملية للمشاركين على كيفية اختيار الموقع المناسب والآمن لمكان النفايات ذات المصادر المختلفة بشكل عام وذات المصادر المشعة بشكل خاص. تم خلال الورشة التعرف على واقع الدول العربية المشاركة المتعلق بمواقع مكبات (مدافن) النفايات ذات المصادر المشعة، حيث تبين أن العديد من الدول العربية ما زالت في طور التحضير وتحتاج إلى المزيد من الخبرة والمعرفة في هذا المجال.

8 ـ دورة تدريبية عن بعد حول إدارة النفايات المشعة (عن بُعد: 28 – 2022/11/30)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية العراقية وبمشاركة الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة، دورة تدريبية عن بعد حول "إدارة النفايات المشعة" في الفترة 28–2022/11/30.

تهدف الدورة إلى إتاحة الفرصة لعدد من المهندسين والعلميين والفنيين المختصين والعاملين في مجال التعامل مع المواد المشعة لتبادل الخبرات بين الدول العربية ولضمان الحصول على المعرفة والتقنيات الكافية في مجال إدارة النفايات المشعة، و التعاون من أجل تطوير منشآت تخزين وتصريف النفايات المشعة والوقود المستخدم وتعزيز إجراءات الأمان والرقابة على هذه المنشآت.

وقد شارك في هذه الدورة أكثر من 80 متدرباً من 13 دولة عربية: الأردن، تونس، السعودية، السودان، العراق، فلسطين، الكويت، لبنان، ليبيا، مصر، موريتانيا، سلطنة عُمان وقطر، ومثل الهيئة العربية أ. د. خالد زهرمان.

تضمن البرنامج العلمي للدورة 10 ساعات من المحاضرات النظرية والمناقشة العلمية والرد على تساؤلات المشاركين وفق المحاور الآتية: الإشعاع وتطبيقاته، مفهوم إدارة النفايات المشعة، تقنيات معالجة النفايات المشعة وحفظها، الحوادث التي تنتج عن مصادر مشعة مهملة، معالجة النفايات المشعة السائلة، إزالة التلوث الإشعاعي للمواقع الملوثة باليورانيوم المنضّب، تفكيك وتصفية المنشآت النووية، نقل وخزن النفايات المشعة ونقل وخزن المصادر المشعة.

وفي الجلسة الختامية تمت مناقشة كافة الاستفسارات التي طرحها المشاركون، ودعا الجانب العراقي الهيئة العربية للطاقة الذرية لزيارة العراق والوقوف على المواقع التي عانت من التلوث الإشعاعي ومعاينة عمليات المعالجة التي تتم حسب المعايير الدولية.

نشاط الإدارة العامة

1 ـ اجتماعات القمة العربية (الدورة 31) واجتماعاتها التحضيرية (الجزائر 10/27 - 2022/11/2)

حضر أ. د. سالم حامدي المدير العام للهيئة اجتماعات الدورة (31) للقمة العربية واجتماعاتها التحضيرية خلال الفترة: 10/27 –2022/11/2، كما حضر السيد هشام العيادي مدير الشؤون الإدارية والمالية في الهيئة اجتماعات المجلس الاقتصادي والاجتماعي التحضيرية للقمة على مستوى كبار المسؤولين وعلى المستوى الوزاري المنعقدة خلال يومي 27 و2022/10/28. وقد احتضنت مدينة الجزائر– الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية اجتماعات القمة.

تم خلال اجتماعات القمة تسليم الرئاسة من الجمهورية التونسية إلى الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، وتمت مناقشة بنود جدول الأعمال المرفوعة إليها وإصدار قرارات بشأنها وفق ما تم التوصل إليه خلال اجتماعات المجلس الاقتصادي والاجتماعي واجتماعات وزراء الخارجية العرب التحضيرية للقمة. تضمن جدول أعمال القمة موضوع: الاستراتيجية العربية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية (2021–2030). وبعد المناقشة والمداولة أصدرت القمة القرار التالي بهذا الشأن:

– اعتماد الاستراتيجية العربية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية (2021–2030).

– الطلب من الهيئة العربية للطاقة الذرية وضع الخطط الكفيلة بتنفيذ الاستراتيجية من أجل تحقيق أهدافها في مجالاتها الرئيسية (الموارد المائية والأمن الغذائي–

الصحة–البيئة–الطاقة–الصناعة والتعدين)، وذلك بالتعاون مع الجهات المختصة بالدول العربية والأمانة العامة لجامعة الدول العربية.

كما اتخذت القمة قرارات بشأن البنود المضمنة بجدول أعمالها (قرارات القمة متوفرة بموقع الأمانة العامة لجامعة الدول العربية www.lasportal.org).

وقد عمل وفد الهيئة طيلة فعاليات الاجتماعات على التأكيد على أهمية الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية ومساهمتها الفعالة في النهوض بالمستوى الاقتصادي والاجتماعي للشعوب، وعقد أ. د. سالم حامدي عدد من اللقاءات الثنائية مع معالي الوزراء وكبار المسؤولين ببعض الدول العربية لإبراز دور الهيئة والتأكيد على أهميته. وكانت هذه اللقاءات فرصة لدعوة بعض الدول غير الأعضاء إلى الانضمام لعضوية الهيئة، وأيضاً للتباحث حول تسديد المتأخرات على بعض الدول الأعضاء التي لديها مساهمات غير مسددة في ميزانيات الهيئة.

2 ـ الدورة 22 للمهرجان العربي للإذاعة والتلفزيون (الرياض: 9-2022/11/12)

نظم اتحاد إذاعات الدول العربية الدورة 22 للمهرجان العربي للإذاعة والتلفزيون بالشراكة مع هيئة الاذاعة والتلفزيون السعودية في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية خلال الفترة 9–2022/11/12. وقد دعا الإتحاد الهيئة العربية للطاقة الذرية للمشاركة في معرض التجهيزات السمعية والبصرية وسوق البرامج الذي التأم بالتوازي مع المهرجان، الذي يمثل فرصة للتلاقي مع العاملين في المجال الإعلامي وتطوير قاعدة علاقات المنظمات العربية مع الإعلام، بما يسهم في التعريف بالهيئة وأنشطتها واستراتيجيتها. وقد شهد المعرض مشاركة حوالي 200 عارض من الهيئات الأعضاء والشبكات التلفزيونية والمحطات الإذاعية الخاصة والقنوات الدولية.

انتظم حفل الافتتاح بحضور المئات من ضيوف المهرجان والمشاركين فيه وسط تغطية إعلامية واسعة، وألقى خلاله وزير الإعلام السعودي د. ماجد بن عبد الله القصبي الكلمة الافتتاحية مرحباً بجميع الحضور وبضيوف شرف المهرجان.

شاركت الهيئة في المعرض المقام على هامش المهرجان بجناح مخصص لها على امتداد ثلاثة أيام، عرضت فيه بوسترات "التعريف بالهيئة العربية للطاقة الذرية والاستراتيجية العربية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى عام 2030" والتي اعتمدت من القمة العربية في الجزائر (1–2 نوفمبر 2022)، بالإضافة إلى عرض مواد فيلمية تعرض كلاً من "وقائع التوقيع على مذكرة التفاهم الشاملة بين الوكالة الدولية للطاقة الذرية والهيئة العربية للطاقة الذرية بتاريخ 2022/6/17، وفيلماً يتضمن التعريف بالهيئة واستراتيجيتها وأنشطتها التدريبية ومؤتمراتها وبرامجها وقصص نجاحها".

كان المعرض فرصة للتعريف بالهيئة العربية للطاقة الذرية، وتم من خلاله إجراء مقابلات تلفزيونية مع أ.د سالم حامدي المدير العام للهيئة. وكان أهمها مع القناة الأولى للتلفزيون السعودي التي تطرق فيها إلى أهمية عمل الهيئة في مجال الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، أيضاً أشار إلى الدور المهم للإعلام من خلال العمل المشترك بينه وبين الهيئات العربية المتخصصة التي من بينها الهيئة العربية لنشر المفاهيم والجوانب العلمية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية من خلال الأنشطة والبرامج والمنتديات والمؤتمرات العلمية التي تقوم بها الهيئة، وتطرق إلى الاستراتيجية العربية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى عام 2020 وكذلك الاستراتيجية الجديدة (2021–2030) والمشاريع الآنية والمستقبلية للهيئة. وتميز المهرجان ببرنامج مكثف من خلال عقد عدد من الورشات والمحاضرات والندوات. وقد نال المعرض المقام على هامش المهرجان نجاحاً واسعاً وتمت تغطيته إذاعياً وتلفزياً من قبل الجهات الإعلامية المحلية والعالمية.

2 ـ توقيع مذكرة تفاهم بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والمنظمة العربية للتنمية الإدارية (مقر الهيئة: 2022/11/23)

تم توقيع مذكرة تفاهم بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والمنظمة العربية للتنمية الإدارية، وذلك في مقر الهيئة بمدينة تونس في 2022/11/23. استقبل أ. د. سالم حامدي المدير العام للهيئة الدكتور ناصر الهتلان القحطاني مدير عام المنظمة

العربية للتنمية الإدارية والوفد المرافق له، وقام الطرفان بتوقيع نسختين من مذكرة التفاهم بين المنظمتين. وقد حددت المذكرة إطار التعاون العلمي والفني والتقني في المجالات ذات الاهتمام المشترك، والتي تضمنت:

– تبادل الخبرات الفنية والعلمية بين الطرفين حسب التخصصات والإمكانات المتاحة

– تبادل المعلومات والتقارير والمطبوعات الصادرة عن كل من الطرفين والمتعلقة بالمواضيع ذات الاهتمام المشترك، وفقاً للنظم المتبعة لدى كل منهما.

– عقد مجموعة من الأنشطة في المواضيع ذات الاهتمام المشترك.

– إقرار خطة تنفيذية للمشاريع والأنشطة المشتركة، وتحدد مساهمة كل طرف في كل نشاط ضمن اتفاقية منفصلة، كما يقر الطرفان مبدأ قبول تمويل الأنشطة المشتركة من قبل طرف ثالث بموافقة الطرفين كتابياً.

– يتحمل كل طرف المسؤولية المترتبة على حقوق الملكية الفكرية لما يشارك به من مواد علمية في الأنشطة المشتركة، ولا يحق لأي طرف إشراك طرف ثالث في أي نشاط مشترك إلا بموافقة الطرف الآخر.

– دعوة منسوبي الطرفين للمشاركة في الأنشطة والمؤتمرات والمعارض التي ينظمها أي من الطرفين، ويعرف كل طرف بنشاط الطرف الآخر في دورياته.

– تجري بين مسؤولي الطرفين (أو من يمثلهما) اتصالات تشاورية لمعالجة ما يستجد من المسائل ذات الاهتمام المشترك ويتولى كل طرف تعيين منسق للعمل على تنفيذ مذكرة التفاهم ومتابعة العمل بها.

– تعد هذه المذكرة سارية المفعول لمدة 5 سنوات اعتباراً من تاريخ توقيعها.

إعداد : م. نهلة نصر

قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية

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

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

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

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

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

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

BIC: STBKTNTTXXX

دعوة للعلماء والإختصاصيين العرب

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN : 0330-7123