

Evaluating the hazards of background radiation and cesium in the soil of greenhouses within the region of Riyadh, Saudi Arabia

Abdulwahed Mohamed Aboukarima

College of Food and Agricultural Sciences || King Saud University || Riyadh ||KSA
Agricultural Engineering Research Institute || Agricultural Research Centre || Giza || Egypt

Ibrahim Soliman Tabash

Abdulmajeed Mohammed bin Muhaiza

Mohammed Saleh Alqahtani

College of Food and Agricultural Sciences || King Saud University|| Riyadh ||KSA

Tawfiq Ahmed Salman

Nowara Farm Nurseries || Alkharj || Riyadh || KSA

Abstract: The study evaluates the hazards of background radiation and Cesium- 137 in the soil of greenhouses within the region of Riyadh, Saudi Arabia. The Mole detector was utilized. It renders readings for the concentration of Uranium- 238, Thorium- 232, Potassium- 40 and Cesium- 137. Field measures were conducted at Alkharj at Nowara Farm Nurseries, Saudi Arabia. Measures were taken at three different greenhouses (plastic covered, glass covered and fiber glass covered). The plants at the plastic- covered greenhouse were cucumber, pepper and eggplant while in the glass and fiber glass- covered greenhouse, the vegetation were ornamental plants and flowers. The average concentration of Uranium- 238 recorded (19.33 Bq/ kg), Thorium- 232 (14.09 Bq/ kg), Potassium- 40 (130.77 Bq/ kg) and Cesium- 137 (1.81 Bq/ kg). These values are less than the world rates. Some radiation hazard indices were also calculated like Radium Equivalent (Raeq), the absorbed dose of Gamma rays in the air, external and internal hazard indices with the purpose of evaluating the dangers of the radiations existing in the greenhouse soil on health. The average *radium equivalent* activity (R_{aeq}) recorded (49.56 Bq/ kg) which is less than the permissible world rates (370 Bq/ kg). The absorbed dose of Gamma rays in the air recorded (22.94 nGy/h) which is again less than the permissible world rates (59 nGy/h). The average internal and external hazard indices recorded less than one and came within the world permissible limits.

Keywords: Background Radioactivity, greenhouses, soil, Mole detector.

تقييم مخاطر الإشعاعات الطبيعية وعنصر السيزيوم في التربة داخل البيوت المحمية في منطقة الرياض، المملكة العربية السعودية

عبد الواحد محمد أبو كريمة

كلية علوم الأغذية والزراعة || جامعة الملك سعود || الرياض || المملكة العربية السعودية

معهد بحوث الهندسة الزراعية || مركز البحوث الزراعية || جمهورية مصر العربية

إبراهيم سليمان طبش

عبد المجيد محمد بن مهيزع

محمد صالح القحطاني

كلية علوم الأغذية والزراعة || جامعة الملك سعود || الرياض || المملكة العربية السعودية

توفيق أحمد سلمان

مشاتل مزرعة نواراة || الخرج || الرياض || المملكة العربية السعودية

الملخص: في هذه الدراسة تم قياس تركيز الإشعاعات الطبيعية وعنصر السيزيوم-137 في التربة داخل البيوت المحمية في منطقة الرياض، المملكة العربية السعودية، وتقييم بعض مؤشرات مخاطر على الإنسان نتيجة هذه الإشعاعات. حيث تم استخدام جهاز الكاشف المحمول The Mole، والذي يعطي قراءات عن تراكيز اليورانيوم (^{238}U)، البوتاسيوم (K^{40}) والثوريوم (^{232}Th) والمواد المشعة المصنعة مثل السيزيوم (^{137}Cs). وأجريت القياسات الحقلية في منطقة الخرج، الرياض، المملكة العربية السعودية على التربة داخل البيوت المحمية في مشاتل مزرعة نواراة، وكانت القياسات داخل ثلاثة أنواع مختلفة من البيوت المحمية من ناحية الغطاء (بلاستيك وزجاج وألياف زجاجية)، وكانت المزروعات داخل البيوت المحمية ذي الغطاء البلاستيك هي الخيار والفلفل والباذنجان، أما في البيوت المحمية ذي الغطاء الزجاجي والألياف الزجاجية، فكانت المزروعات هي نباتات زهور وزينة. ووجد أن المتوسط العام لتركيز اليورانيوم (^{238}U) هو 19.33 بيكرل/كجم، وللثوريوم (^{232}Th) هو 14.09 بيكرل/كجم، وللبوتاسيوم (K^{40}) هو 130.77 بيكرل/كجم، وعنصر السيزيوم (^{137}Cs) هو 1.81 بيكرل/كجم، وهذه التراكيز أقل من المعدلات العالمية. كما تم حساب بعض عوامل الخطر الإشعاعي مثل الفعالية الإشعاعية لمكافئ الراديوم Ra_{eq} ، معدل الجرعة الممتصة لأشعة جاما في الهواء، ودليل الخطورة الخارجي والداخلي، وكان المتوسط العام لقيم مكافئ النشاط الإشعاعي للراديوم هو 49.56 بيكرل/كجم، وهو أقل من القيمة المسموح به عالمياً (370 بيكرل/كجم)، أما معدل الجرعة الممتصة لأشعة جاما في الهواء، فكان متوسطه الحسابي 22.94 نانوجراي/ساعة، وهو أقل من القيمة المسموح به عالمياً (59 نانوجراي/ساعة)، وكان متوسط دليل الخطورة الخارجي والداخلي أقل من واحد صحيح .

الكلمات المفتاحية: النشاط الإشعاعي الطبيعي، الكاشف المحمول، البيوت المحمية.

المقدمة:

تعتبر ظاهرة النشاط الإشعاعي للعناصر التي اكتشفت من العالم الفرنسي هنري بيكوريول عام 1896 م، هي عملية تحول تلقائي للأنوية المشعة لعنصر ما إلى أنوية ذرات عناصر أخرى أكثر استقراراً عن طريق انبعاث نوع معين من الإشعاع (Sahu, 2010)، وقد دلت البحوث على أن الإشعاعات المنبعثة ثلاثة أنواع هي ألفا وبيتا وجاما (جمعة وكمال، 1989). ويكون النشاط الإشعاعي على نوعين، إما نشاط إشعاعي طبيعي، يحدث للعناصر الثقيلة التي يكون عددها الذري أكبر من 82 $Z > 82$ ، عدا البوتاسيوم (^{40}K) والكربون (^{14}C) اللذان يعدان من العناصر الخفيفة، وإما نشاط إشعاعي اصطناعي يمكن صنعه في المعمل، وذلك بقذف نوى معينة بجسيمات مشحونة أو بالنيوترونات (خليل، 1994).

يعتمد النشاط الإشعاعي الطبيعي الناتج من انبعاث أشعة جاما على جيولوجية البيئة، ونوعية التربة، وعلى الظروف الجغرافية لتلك البيئة (Diab et al., 2008). والنشاط الإشعاعي لمكونات القشرة الأرضية ناتج عن وجود السلاسل المشعة الطبيعية، مثل سلسلة اليورانيوم ^{238}U المشع وسلسلة الثوريوم ^{232}Th المشع، وكذلك سلسلة اليورانيوم ^{235}U المشع، فضلاً عن وجود عنصر البوتاسيوم ^{40}K المشع المنفرد (Lakehal Alvarez and Vivero, 1998) et al., 2010;

تمثل المواد المشعة الطبيعية واحدة من أهم مصادر تعرض الإنسان للإشعاع، وبالرغم من أن هذه المواد تحتوي على مستويات منخفضة من الخلفية الإشعاعية الطبيعية، فإن الجرعة التراكمية يمكن أن تكون مؤثرة على صحة الإنسان (Maher and Abu Saleh, 2006). ويعتمد النشاط الإشعاعي في التربة على النشاط الإشعاعي في الصخور التي كونت التربة (أصل التربة)، وعلى الفعاليات الكلية التي حدثت لتكوين التربة، ويوجد الإشعاع الطبيعي

المتواجد في التربة والماء والهواء طريقه إلى النبات والحيوان والإنسان بشكل مباشر، وذلك بالتعرض الخارجي للمواد المترسبة على الأرض أو استنشاق العالقة منها في الجو والمنقولة بواسطة الرياح لمسافات واتجاهات مختلفة، أو بطريقة غير مباشرة بانتقال الإشعاع من خلال تناول الطعام والشراب الحاويان على المواد المشعة (الجليحاوي، 2012).

يمكن معرفة الخلفية الإشعاعية من خلال تحديد تراكيز أهم النويدات المشعة الموجودة في التربة المدروسة، وإن من أهم هذه النويدات التي تعتبر مصدر طبيعي للإشعاع هي سلاسل (اليورانيوم- 238، الثوريوم- 232، واليورانيوم- 235)، بالإضافة إلى البوتاسيوم- 40 الذي يوجد بالطبيعة بصورة منفردة، أما من أهم وأخطر المصادر الصناعية هو السيزيوم- 137 (شمشك، 1986)، ويعتبر تقدير تركيز النشاط الإشعاعي من أهم القضايا الرئيسية في بيئة الانسان، وذلك لتأثيرها في صحته وفي صحة النبات والحيوانات، وحتى المواد المكشوفة (Boonsiri et al., 2009).

تتصف الزراعة المحمية بإمكانية إنتاج محاصيل زراعية في غير مواسمها العادية، كإنتاج المحاصيل الصيفية في فصل الشتاء، أو التبرير في الإنتاج، بالإضافة إلى زيادة الإنتاج بحماية المحصول من الظروف الجوية الخارجية، وتوفير ظروف الانتاج المناسبة، وتعد الزراعة المحمية واحدة من أنجح التقنيات الزراعية الحديثة لسد الفجوة الغذائية في الاستهلاك المحلي لمحاصيل الخضرا، وذلك عن طريق التوسع الرأسي في الإنتاج الزراعي (الهداينة، 2011). وتتمحور فكرة الزراعة المحمية في كونها توفر إمكانية للتحكم بالظروف البيئية، لتلائم النمو الخضري والثمري للمحاصيل المزروعة، للوصول إلى أكبر قدر ممكن من الإنتاج، وفي غير مواسم انتاجها الطبيعية (الأسدي، 2013م)، فهي على الرغم من ارتفاع تكاليف إنشائها وتشغيلها، إلا أنها تعد من أكثر طرق الإنتاج كفاءة في الزراعة (برياز، 2012). يذكر أن المساحة الكلية لإنتاج الخضروات بأنواعها تحت البيوت المحمية المكيفة وغير المكيفة بالمملكة العربية السعودية، بلغت حوالي 8 آلاف هكتار حتى عام 2013م، ويعتبر محصول الطماطم والخيار أكثر الخضروات يتم زراعتها بها، حيث تمثلان حوالي 83% من هذه المساحة، ووصل إنتاج المتر المربع للطماطم في بعض مشاريع البيوت المحمية الزجاجية المكيفة إلى 40 كيلو جرام (الزير وآخرون، 1428هـ).

تتعدد أنواع البيوت المحمية حسب مادة الصنع، فهناك البيوت المحمية الزجاجية، والبيوت المحمية المصنوعة من الألياف الزجاجية، والبيوت المحمية البلاستيكية، والأنفاق البلاستيكية، وغالبًا يستخدم المزارعون في المملكة العربية السعودية البيوت المحمية البلاستيكية، والأنفاق المغطاة لمناسبتها للأجواء المحلية للمملكة (الزير وآخرون، 1428هـ). وتتنوع المزروعات بالبيوت المحمية، حيث تشمل الطماطم، الخيار، الفراولة، الشمام، القرع، الفلفل الحلو، الفاصوليا، والخس، وفي الفترة الأخيرة توجه المزارعون إلى تنوع محاصيل الخضار المزروعة في البيوت المحمية لزيادة الوحدة الإنتاجية السنوية، وبالتالي زيادة الإيرادات الصافية.

تعتبر جودة التربة داخل البيوت المحمية مهمة جدًا للنبات، ولكن مع تطور الصناعات وأساليب الزراعة ظهرت بعض المسببات للتلوث، ومنها الإشعاعات الطبيعية وعنصر السيزيوم- 137 في التربة، إذا زادت التراكيز عن الحد المسموح به عن المستوى العالمي، حيث تلوث التربة ينقل إلى النباتات، ومنها إلى الإنسان مباشرة أو عند تناول الحيوانات التي تتغذى على تلك النباتات الملوثة، وبالرغم من ذلك، فإن تسرب المواد المشعة إلى التربة هو أقل عمليات التلوث خطورة بسبب كونه موضعيًا، وأن الزمن اللازم لكي تتحرك المواد المشعة عبر طبقات التربة إلى أن تصل للمياه الجوفية يكون طويل، وهذا التلوث أسهل في الكشف وتحديدته والتعامل معه ومعالجته (الكرخي، 2013)، ولأهمية البيوت المحمية في الاقتصاد السعودي، هدفت الدراسة إلى تقييم مخاطر الإشعاعات الطبيعية وعنصر السيزيوم- 137 في التربة داخل البيوت المحمية في منطقة الرياض، الخرج، المملكة العربية السعودية.

الدراسات السابقة:

لم يجد القائمون بهذه الدراسة على دراسات سابقة عن الخلفيات الإشعاعية في التربة داخل البيوت المحمية، بعد البحث على الشبكة العنكبوتية (الانترنت) من خلال مواقع البحث. ولأهمية النشاط الإشعاعي للنويدات المشعة في التربة، فقد قام الكثير من الباحثين، المحليين منهم والعالميين، والإقليميين بدراسته على نطاق واسع لتقدير خطورته وتأثيره على البيئة، وعلى الكائنات الحية، ولاسيما الإنسان، ويوجد العديد من الدراسات عن الخلفيات الإشعاعية في التربة خارج البيوت المحمية في العديد من الدول، ومنها المملكة العربية السعودية.

في دراسة حسين وفرحان (2011) قاما بتقدير مستوى الإشعاعات في التربة والسماذ العضوي في دولة العراق عن طريق أخذ 8 عينات باستخدام منظومة مطياف أشعة جاما المتضمنة كاشف أيوديد الصوديوم المطعم بالثاليوم، وبينت النتائج أن مستويات الإشعاع لتركيز اليورانيوم- 238، الثوريوم- 232 والبوتاسيوم- 40 للنماذج المدروسة تقع ضمن الحدود المسموح بها عالمياً عدا البوتاسيوم- 40 فإنه أعلى من الحد المسموح به. في دراسة حمادي (2013) قام بقياس النشاط الإشعاعي الطبيعي للنويدات المشعة (^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U) في الطبقة السطحية للتربة المحيطة بفوهة منجم اليورانيوم في محافظة النجف، العراق، وقد تم استخدام مطياف أشعة جاما ذو كاشف أيوديد ذات بلورة مطعمة بالثاليوم، وقورنت النتائج مع المعدل العالمي، وبينت المقارنة أن المنطقة المدروسة كانت غير آمنة من وجهة نظر الخطورة الإشعاعية.

في دراسة محمد وآخرون (2013) قاموا بتقييم النشاط الإشعاعي للعواصف الترابية، وذلك باستخدام حاويات معدنية تم صنعها محلياً، وتم وضعها على أسطح منازل في بعض مناطق بغداد، العراق لتجميع الغبار، وأظهرت النتائج وجود آثار لبعض النظائر المشعة الطبيعية مثل البوتاسيوم- 40 واليورانيوم- 38، كما أظهرت القياسات وجود نظائر مشعة صناعية مثل نظير السيزيوم- 137، وبينت النتائج أن متوسط التراكيز للبوتاسيوم- 40 هي 467.7 بيكرل/ كجم، ولليورانيوم- 238 كانت 33.6 بيكرل/ كجم، أما نظير السيزيوم- 137، فكان تركيزه 26.8 بيكرل/ كجم، وهذه التراكيز الإشعاعية للنظائر المشعة الطبيعية والصناعية يمكنها أن تعطي جرعة إشعاعية، من الممكن أن تؤثر على صحة الإنسان نتيجة استنشاق أو التعرض للغبار الذي يحوي على النظائر المشعة.

في دراسة حسين (2014) قام بقياس النشاط الإشعاعي الطبيعي في بعض مناطق مدينة الكوفة، العراق. وقد تم تحديد النشاط الإشعاعي في التربة للنويدات المشعة (^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U) باستخدام تقنية مطيافية أشعة جاما. وأوضحت النتائج بأن المنطقة المدروسة آمنة من وجهة نظر الحماية الإشعاعية.

في دراسة علي وآخرون (2014) استخدموا تقانات مختلفة متمثلة في الكاشف المحمول الحاي على عداد كايكر- ميلر، والكاشف الوميضي NaI(Tl) وكاشف الاثر النووي CR- 39، لتحديد مستوى الخلفية الإشعاعية لعشرة مواقع مختلفة من حرم جامعة الموصل، العراق، وقد وجدوا بأن متوسط تركيز النشاط الإشعاعي للبوتاسيوم- 40 هي 242.42 بيكرل/ كجم، وللثوريوم- 232 كان متوسط التركيز 12.55 بيكرل/ كجم، وتبين أن هذه الأرقام أقل من الأرقام العالمية المسموحة.

في دراسة Ramola et al. (2014) استخدموا مطيافية أشعة جاما وكاشف NaI(Tl)، لحساب تركيز النويدات المشعة الطبيعية في نماذج من التربة من منطقة Garhwal Himalaya في الهند، ووجدوا أن متوسط تركيز النشاط الإشعاعي لكل من ^{40}K و ^{232}Th يساوي تقريباً 69 بيكرل/ كجم و 792 بيكرل/ كجم، على التوالي، وتبين أن هذه المعدلات أكبر من المعدلات العالمية المسموحة لقيم تراكيز تلك النويدات.

في دراسة كاظم وآخرون (2016) قاموا بحساب الفعالية النوعية، ومعاملات الخطورة الإشعاعية للنويدات المشعة الطبيعية في تربة الجامعة المستنصرية، العراق باستخدام كاشف أيوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم، وقد

تم أخذ 14 عينة جمعت من مناطق مختلفة من تربة الجامعة المستنصرية بعمقين الأول من سطح التربة والثاني من عمق 20 سم، باستخدام مطياف أشعة جاما، وقد تم حساب الفعالية النوعية للنويدات المشعة الطبيعية (^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U)، وكانت النتيجة أن أعلى قيمة للفعالية النوعية ولمعاملات الخطورة الإشعاعية كانت في عينة التربة التي جمعت من حديقة الكلية. وقد امتلكت جميع العينات المفحوصة قيم فعالية نوعية ومعاملات خطورة إشعاعية ضمن المدى العالمي المسموح، مما يدل على أن تربة الجامعة المستنصرية آمنة لكل من الطلبة والمدرسين والعاملين في الجامعة.

في دراسة (Al- Hamed et al. (2017) قاموا بقياس تركيزات النويدات المشعة الطبيعية مثل البوتاسيوم (^{40}K) واليورانيوم (^{238}U) والثوريوم (^{232}Th) والمواد المشعة المصنعة مثل السيزيوم (^{137}Cs) في أسطح بعض الترب الزراعية التي تقع في مناطق الخرج، القصيم، وادي الدواسر، حائل، الجوف، وتبوك والرياض، المملكة العربية السعودية باستخدام الكاشف المحمول (The Mole). وكان المتوسط العام لتركيزات المواد المشعة الطبيعية للمناطق المدروسة هي 283.69، 33.38، 35.78 و 10.78 بيكرل/كجم للبوتاسيوم (^{40}K) واليورانيوم (^{238}U) والثوريوم (^{232}Th) والسيزيوم (^{137}Cs) على الترتيب. ومن هذه القياسات تم تقييم المخاطر الإشعاعية في هذه المناطق من خلال حساب بعض الدلائل مثل دليل الخطورة الداخلي والخارجي، ومعدل الجرعة الممتصة والجرعة الفعالة السنوية، ومؤشر الراديوم المكافئ. بينت النتائج أن معدل الجرعة الممتصة تراوح بين 15.74 و 139.57 نانوجراي/ ساعة بمتوسط قدره 50.03 نانوجراي/ ساعة، والجرعة الفعالة السنوية تراوحت بين 0.019 و 0.171 ملي سيفرت/ سنة بقيمة متوسطة قدرها 0.06 ملي سيفرت/ سنة. بينما مدى دليل الخطر الخارجي كان بين 0.23 إلى 1.75 مع قيمة متوسطة قدرها 0.83 ودليل الخطر الداخلي تراوح بين 0.27 إلى 1.95 مع قيمة متوسطة قدرها 0.92، أما قيمة الراديوم المكافئ تراوحت بين 33.70 بيكرل/كجم إلى 314.57 بيكرل/كجم بمتوسط قدره 108.85 بيكرل/كجم. وعلى أساس تركيز النشاط الإشعاعي والقيم المحسوبة لمؤشرات المخاطر، خلص إلى أن بعض أسطح التربة المدروسة في هذه المناطق تشكل خطر إشعاعي للسكان، حيث وجدت إشعاعات طبيعية في أسطح التربة لبعض المواقع المدروسة أعلى من المعدلات العالمية الموصى بها دوليًا.

في دراسة (Majed et al. (2019) تم تقييم تراكيز نظير الراديوم ^{226}Ra من سلسلة اليورانيوم (^{238}U) والبوتاسيوم (^{40}K) والثوريوم (^{232}Th) في نماذج تربة منتخبة من حوض نهر دجلة في بغداد. استخدم كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة HPGe، وكان معدل تركيز البوتاسيوم (^{40}K) 375 بيكرل/كجم وتركيز الثوريوم (^{232}Th) 16.4 بيكرل/كجم نظير الراديوم ^{226}Ra كان 18.2 بيكرل/كجم وتم حساب معدل الجرعة الإشعاعية الفعالة الممتص وكان بحدود 34.2 نانوجراي/ ساعة، ومعدل الجرعة السنوية الفعالة كان بحدود 0.04 ملي سيفرت/ سنة وقيمة مؤشر الراديوم المكافئ كان 71 بيكرل/كجم و دليل الخطورة الخارجي كان 0.19 و دليل الخطورة الداخلي كان بحدود 0.24 وهذه القيم تعتبر ضمن الحدود المسموح بها بالمقارنة بالحدود المسموح بها عالميًا.

في دراسة (Bui et al. (2020) تم تقييم النشاط الإشعاعي الطبيعي والمخاطر الإشعاعية في التربة في مقاطعة Savannakhet في دولة لاوس، حيث كان تركيز الثوريوم (^{232}Th) في المدى من 3.8- 113.8 بيكرل/كجم بمتوسط 30.8 بيكرل/كجم وكان تركيز البوتاسيوم (^{40}K) في المدى من 13.6- 906.4 بيكرل/كجم بمتوسط 211.6 بيكرل/كجم، وقام الباحثون بحساب مؤشر الراديوم المكافئ وكانت قيمته 82.8 بيكرل/كجم وهو أقل من القيمة الآمنة وقدرها 370 بيكرل/كجم، كما بينت نتائجهم أن معدل الجرعة الممتصة تراوح بين 8.1 إلى 137.5 نانوجراي/ ساعة بمتوسط قدره 37.4 نانوجراي/ ساعة، وهي أقل من المعدل العالمي والذي قيمته 59 نانوجراي/ ساعة، كما بينت نتائجهم أن الجرعة الفعالة السنوية تراوحت بين 0.026- 0.093 ملي سيفرت/ سنة بقيمة متوسطة قدرها 0.05

مللي سيفرت/ سنة والتي مازالت أقل من المعدل العالمي والذي قيمته 0.07 مللي سيفرت/ سنة، بينما كان دليل الخطر الخارجي يتراوح بين 0.05 إلى 0.81 و 83 ومتوسط دليل الخطر الداخلي كان 0.28 وهذه القيم توضح أنه لا يوجد خطر إشعاعي على صحة الإنسان في مناطقهم المدروسة.

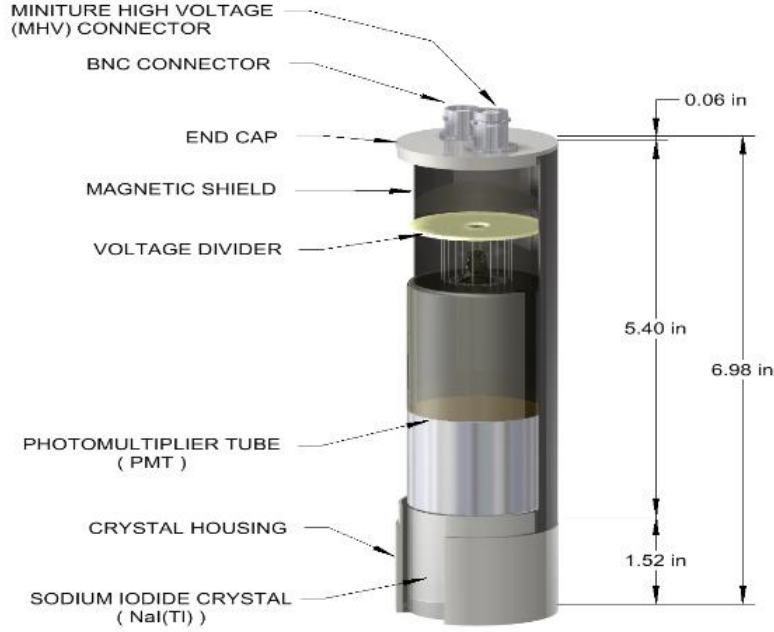
المواد والطرق المستخدمة:

طرق الكشف عن الإشعاعات الطبيعية في التربة

استعرض المجالي (2016) الطرق المختلفة للكشف عن الإشعاعات الطبيعية. ونظرًا لطبيعية الإشعاع غير المرئية كان لابد من إيجاد الطرق والأدوات الملائمة للكشف عن الإشعاع وقياسه، لتوفير المعلومات اللازمة عن ومعرفة مقدار ما قد يحدثه من أثار سلبية على الإنسان والبيئة. وبناء على هذه الأهداف يمكن أن يتم تصنيف أجهزة الكشف والقياس الإشعاعي إلى فئتين رئيسيتين أولهما أجهزة قياس الجرعات الإشعاعية، وما يتعلق بها، والفئة الثانية أجهزة قياس النشاط الإشعاعي الناتج عن المواد المشعة سواء كانت طبيعية أو صناعية. وبنيت الجليحاوي (2012) أن وحدات قياس النشاط الإشعاعي لغرض التقدير الكمي للتأثيرات البيئية للإشعاع المؤين متنوعة الكميات منها النشاط الإشعاعي، والذي هو عدد الانحلال الحاصل في الثانية الواحدة للنويد المشعة ويقاس بالبيكرل، ومنها التعرض، والذي وهو مقدار التآين الحاصل بالهواء بفعل الأشعة السينية أو أشعة جاما ووحدة قياسه هي الرونتجن، والتي تعرف على أنها مقدار الأشعة السينية أو أشعة جاما اللازمة لتوليد وحدة كهروستاتيكية واحدة من الشحنة في واحد سم مكعب من الهواء تحت الظروف القياسية. كما أن من هذه الكميات الجرعة الممتصة، والتي هي مقدار الطاقة التي يتسلمها أي وسط من كل أنواع الأشعة المؤينة وتقاس بوحدة الراد، والذي يعرف بأنه مقياس لمقدار الطاقة الممتصة لأي نوع من أنواع الإشعاعات من قبل وحدة كتلة من مادة معينة، أما بالنظام العالمي فتقاس الجرعة الممتصة بوحدة الجري (Gy). ونجد أن من هذه الكميات الجرعة المكافئة، وهي مقدار التأثير الحيوي للإشعاع، وتساوي حاصل ضرب الجرعة المستلمة بعامل النوعية، ووحدها السيبرت (SV)، أما الجرعة المتجمعة، فهي مجموعة مكافئات الجرع المستلمة من قبل مجموعة من الأفراد ويعبر عنه بوحدة شخص- سيفرت

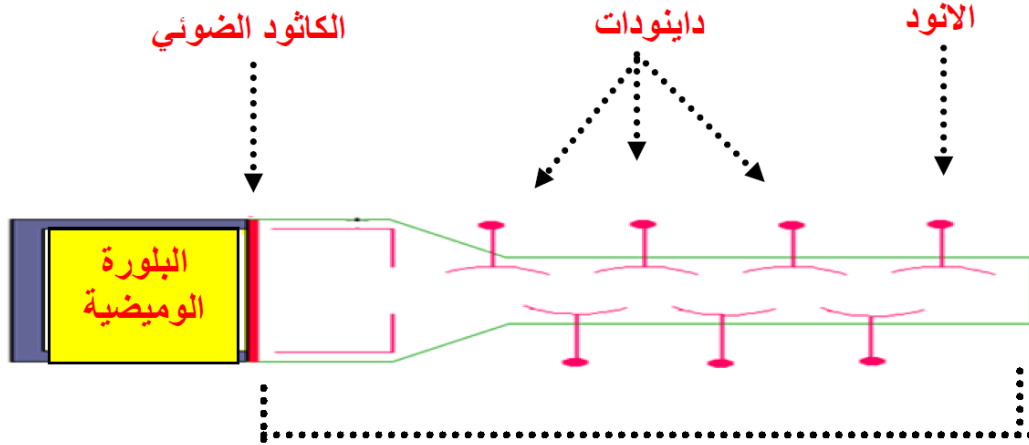
الكواشف الومضية Scintillation Detector

يوضح شكل (1) تركيب الكاشف الومضي، إذ يتكون من بلورة مثبتة على المضاعف الضوئي، وإن فوتونات الأشعة الساقطة على البلورة تقوم بتحرير الكاترونات ثنائية في المادة الومضية، وتقوم هذه الإلكترونات بعملية تأين أو تهبيج ذرات البلورة، وخلال مدة زمنية قصيرة بحدود 10^{-8} ثانية، تعود الذرات المثيجة إلى حالة استقرارها، مع بعث طاقة على شكل ومضات ضوئية. ويتم تغليف البلورة بغلاف عاكس للأشعة الضوئية التي تنطلق من البلورة، فيتقدم الضوء المنتج نحو رقيقة معدنية أسفل البلورة تدعى الكاثود الضوئي، وبذلك أمكن الحصول على نبضة كهربائية ذات حجم مناسب يمكن تضخيمها وإيصالها إلى المنظومة الإلكترونية، لكي تقوم بتحليلها، وإن حجم النبضات التي يعطيها الكاشف الومضي تتناسب مع طاقة الأشعة الساقطة على البلورة، وهذا يجعل الكاشف ذا أهمية في قياس طاقات الأشعة ودراسة التحليل الطيفي لها (Knoll, 2000)، ومن خلال قياس شدة ومقدار هذا الضوء الومض يمكننا معرفة شدة وطاقة الإشعاع.



شكل (1). الكاشف الوميضي.

تمتاز الكواشف الوميضية، ومنها كاشف يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) (شكل 2) بحسب ما ورد في دراسة الجليحاوي (2012) أن كفاءتها عالية في الكشف عن أشعة جاما مقارنة مع الكواشف النووية الأخرى، إلا أن قابليتها على تمييز الطاقات ضعيفة نسبياً، حيث يتكون الكاشف من جزئين رئيسين هما المادة الوميضية التي تتميز بإنتاج الفوتونات (الوميض) عند تعرضها لأشعة جاما، وأنبوب المضاعف الضوئي الذي يواجه البلورة. وعلى الرغم من أن هذه الكواشف تبقى ذات أهمية بالغة في القياسات الإشعاعية بسبب سهولة استخدامها وكلفتها المنخفضة مقارنة بكواشف أشباه الموصلات (محميد وآخرون، 2008).



أنبوب المضاعف الضوئي

شكل (2). تركيب الكاشف الوميضي.

إن أكثر البلورات شيوعاً في الكواشف الوميضية هي بلورة يوديد الصوديوم المعالجة بالثاليوم NaI(Tl) لغايات الكشف عن أشعة جاما (المجالي، 2016)، حيث تعتبر البلورة ذات فعالية عالية في الكشف عن هذه الأشعة ونظراً لطبيعتها وجوب عزل هذه البلورة عن المحيط الخارجي، مما يتطلب وجود غطاء خارجي لعزلها وحمايتها، فإن كفاءتها غير محبذة في الكشف عن الجسيمات المشحونة، وذلك لاحتمالية فقدان جزء كبير من طاقتها في اجتياز هذا

الغطاء، وبالمقابل، فإن كفاءتها عالية جدًا في الكشف عن أشعة جاما، وذلك لسبب مهم وهو العدد الذري الكبير لمركب اليود في البلورة، مما يعزز حصول تفاعل التأثير الكهروضوئي في البلورة، بالرغم بأن بلورات أخرى لها هذه الميزة من ناحية العدد الذري مثل بلورة يوديد السيزيوم وبلورة بازموث غرمانيت، ومن ناحية الاستجابة الفعالة نجد أن بلورة يوديد السيزيوم لها الأفضلية من ناحية غزارة الناتج الضوئي للبلورة وقصر زمن القياس، مما يجعلها ذات أفضلية على مثيلتها.

أنواع البيوت المحمية بالمملكة العربية السعودية

يتكون البيت المحمي الزجاجي من هيكل وغطاء زجاجي، ويصنع الهيكل عادة من أنابيب فولاذية مجلفنة حتى لا يتآكل بتأثير العوامل الخارجية، ويستخدم في تغطية البيوت أنواع من الزجاج الشفاف بسبك 6-8 مم، ويتوقف السمك على مساحة الألواح المستعملة، فيزيد السمك بزيادة المساحة، وتتألف البيوت المحمية الزجاجية من وحدات تغطي ما بين 2500 وخمسة آلاف متر مربع (الزير وآخرون، 1428 هـ). ويعتبر الزجاج من أكثر الأغشية مقاومة للعوامل الجوية، ولكن في كثير من الأحيان، فإن الغبار المتراكم على الزجاج يؤدي إلى تقليل نفاذيته للضوء، كما أن سقوط الثلوج أثناء فصل الشتاء بكميات كثيرة ربما يسبب كسر الزجاج، أما في فصل الصيف، حيث الحرارة العالية، فيقوم البعض من أصحاب البيوت المحمية على استعمال أدوات التظليل أو الرش بمادة الجير. كما يعتبر الليف الزجاجي المدعم بالبلاستيك «فايبر جلاس» البديل الأول للزجاج كغطاء للبيوت المحمية، ويتكون الغطاء من بوليستر مقوى ذي كثافة نوعية قدرها 1.5 وسمك قدره 0.8 مم (الزير وآخرون، 1428 هـ)، كما توجد البيوت المحمية البلاستيكية، حيث يتكون غطاء البيوت المحمية البلاستيكية من مجموعة من المواد، وأهم هذه المواد البولي إيثيلين والبروبيلين، والبيوت المحمية البلاستيكية، قد تكون مكيفة أو غير مكيفة، وتتأثر البيوت البلاستيكية بالرياح وأشعة الشمس، ومن السهولة نقل البيوت البلاستيكية من مكانها لعمل دورة زراعية (الزير وآخرون، 1428 هـ)، ولتجنب تكاليف التعقيم، كما أن الهيكل المستخدم في البيوت البلاستيكية بسيط، ولا يحجب جزءًا كبيرًا من أشعة الشمس، ويتكون الهيكل أساسًا من أقواس نصف دائرية من أنابيب مجلفنة ويزيد قطر الأنابيب المستخدمة بزيادة عرض البيت وارتفاعه، وعلى الرغم من أن الأغشية البلاستيكية رخيصة الثمن وسهلة التركيب، إلا أنه كثيرًا ما يتعرض البلاستيك للتمزق بفعل العواصف الشديدة، وغالبًا ما تتلف أغشية البلاستيك بسرعة أكبر عند أماكن اتصالها بهيكل البيت، بسبب ارتفاع درجة الحرارة عند هذه النقاط، وتتألف البيوت المحمية البلاستيكية غير المكيفة من وحدات في حدود 500 متر مربع.

الأجهزة المستخدمة

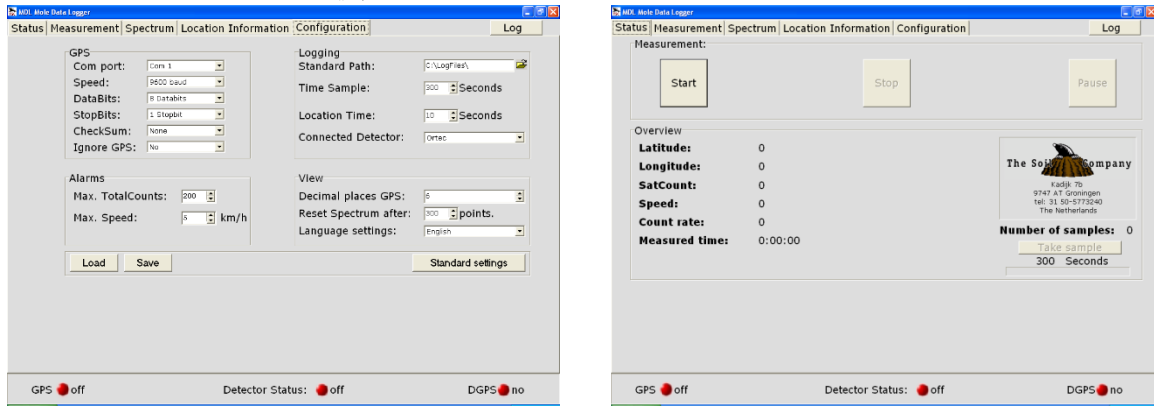
تم استخدام جهاز الكاشف المحمول (شكل 3) The Mole، والذي يعطي قراءات عن تركيز اليورانيم-238 والثوريوم-232 والبوتاسيوم-40 وعنصر السيزيوم-137، وأجريت القياسات الحقلية في منطقة الخرج، الرياض بالمملكة العربية السعودية داخل البيوت المحمية في مزرعة مشاتل نواره، وكانت القياسات على التربة داخل 3 أنواع مختلفة من البيوت المحمية من ناحية الغطاء (بلاستيك وزجاج وألياف زجاجية)، وكانت المزرعات داخل البيوت المحمية ذي الغطاء البلاستيك هي خيار ولفل وبادنجان، أما في البيوت المحمية ذي الغطاء الزجاجي والألياف الزجاجية، فكانت المزرعات هي نباتات زهور وزينة. تم شراء هذا الجهاز من شركة التربة وجامعة جورنجن Groningen، هولندا، حيث وصفته دراسات متعددة (Van Der Klooster et al., 2011; Van Egmond et al., 2010)، ويعتمد في تشغيله على مبدأ الكواشف الوميضية، حيث عملية قياس وكشف الإشعاع باستخدام الكواشف الوميضية من إحدى الطرق المتاحة والفعالة لكشف الإشعاع وعمل المطيافية لطيف واسع من أنواع الإشعاع، وهو

يعمل ككاشف لأشعة جاما باستخدام كاشف بلورة يوديد السيزيوم Cesium Iodide scintillator crystal بحجم 150*70 مم متصلة ب photomultiplier unit، و multichannel analyzer K system with 512 energy bands، between 0.4 and 2.85 MeV، حيث تم وصف ذلك في (Priori et al. (2014)، ونظرًا لطبيعة وجوب عزل هذه البلورة عن المحيط الخارجي، لذا يتطلب وجود غطاء خارجي لعزلها وحمايتها شكل (3).

يقيس جهاز الكاشف المحمول الاشعاعات الطبيعية (يورانيوم- 238 و ثوريوم- 232 وبوتاسيوم- 40 وعنصر السيزيوم- 137)، ويمكن تشغيله بحمله بطرق متعددة، ومبدأ تشغيله يعتمد على أن الإشعاع يسقط على البلورة، والتي هي عبارة عن كاشف وميض، وهي عبارة عن مادة تطلق وميضًا ضوئيًا عند سقوط الإشعاع عليها، ومن خلال قياس شدة ومقدار هذا الضوء الوميضي، يمكن معرفة شدة طاقة الإشعاع. ويتم قراءة البيانات من خلال برنامج حاسوبي (شكل 4)، موجود على الحاسب المحمول ومركب معه وحدة قراءة خط الطول والعرض والارتفاع عن سطح البحر، ويحمل على البرنامج قراءات المعايرة، حيث يتم أخذ القراءات وتحليلها بالبرنامج، ومن ثم استخراج منحنى الطاقة المبين في الشكل (5). ويقوم البرنامج (شكل 4) بعرض المتوسطات وموقع كل نقطة، حيث يتم عمل مسح المسافة من بداية البيت المحمي لنهايتها ويسجل الكاشف حوالي 350 قراءة، ويقرأ قراءة كل 1 ثانية والكاشف محمول باليد (شكل 3)، ويمكن أن يرتفع عن الأرض حتى 1 متر.



شكل (3). جهاز الكاشف المحمول The Mole المستخدم في القياسات.



شكل (4). برنامج أخذ القراءات.



شكل (5). شكل منحني الطاقة بعد أخذ القراءات.

منطقة القياس

تم استخدام الكاشف المحمول في قياس تركيز الإشعاعات الطبيعية في التربة في عدد 5 بيوت محمية (3) غطاء بلاستيك، وواحدة غطاء زجاجي وواحدة ذي غطاء ألياف زجاجية) في مشتل مزرعة نواره، في محافظة الخرج، منطقة الرياض، المملكة العربية السعودية، حيث شكل (6) يوضح طريقة القياس داخل البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك (البيوت البلاستيكية تتشابه في الهيكل وتختلف في نوع الخضروات داخلها)، والخضروات المزروعة هي الفلفل، الخيار والباذنجان. ويوضح شكل (7) القياس في البيت المحمي ذو الغطاء الزجاجي، حيث يتم تمرير الجهاز فوق الأصص. بينما شكل (8)، فيبين القياس في البيت المحمي ذو الغطاء الألياف الزجاجية. وجدول (1) يبين خطوط الطول والعرض والارتفاع في منطقة القياس.



شكل (6). القياس داخل البيوت المحمية ذي الغطاء البلاستيكي.



شكل (7). القياس في البيت المحمي ذو الغطاء الزجاجي، حيث يتم تمرير الجهاز فوق الأصص.



شكل (8). البيت المحمي ذو غطاء الألياف الزجاجية.
جدول (1). خطوط الطول والعرض والارتفاع في منطقة القياس.

نوع البيت المحمي والمحصول	خط العرض	خط الطول	الارتفاع عن سطح البحر
	(درجة شمال)	(درجة شرق)	(متر)
البيت المحمي الزجاجي	24.22	47.29	435.00
البيت المحمي- فايبر جلاس	24.23	47.29	437.86
البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك- المحصول الفلفل	24.23	47.29	435.30
البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك- الخيار	24.22	47.29	438.07
البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك- الباذنجان	24.23	47.29	435.13

مؤشرات التلوث الإشعاعي

تعتبر مؤشرات التلوث الإشعاعي ذات أهمية كبيرة، لأنها غالبًا ما تستخدم لمعرفة مقدار الخطورة الإشعاعية على أفراد منطقة معينة مدروسة، ومدى صلاحية تلك المنطقة للزراعة والسكن. وقد حددت منظمات الحماية الإشعاعية (UNSCEAR,2008) قيم ثابتة لجميع حدود مؤشرات التلوث الإشعاعي، وتختلف من مؤشر لآخر، وإذا تجاوزت تلك القيم في منطقة معينة ذلك الحد، فإن تلك المنطقة تكون من المناطق الخطرة إشعاعياً.

معدل الجرعة الممتصة لأشعة جاما في الهواء (Gamma Absorbed Dose Rate in Air (D))

تبين عملية قياس تركيز الفعالية الإشعاعية للعناصر المشعة الطبيعية في كل عينة من عينات التربة كمية النشاط الإشعاعي الموجود فيها، لكنه لا يعطينا معلومات عن مقدار الخطورة الإشعاعية في تلك المنطقة بصيغة جرعة إشعاعية ممتصة (أي بصيغة طاقة ممتصة من قبل وحدة الكتلة من المادة المعرضة للإشعاع)، لذلك فلا بد لنا من حساب نسبة الجرعة الممتصة في الهواء على بعد متر واحد فوق سطح الأرض الناتجة عن وجود النويدات المشعة الطبيعية مثل ^{226}Ra و ^{40}K و ^{232}Th و ^{238}U في عينات التربة، و معدل الجرعة الممتصة لأشعة جاما في الهواء يمكن حسابه من المعادلة الآتية (Kohshi et al.,2001;Abbady et al., 2005)

$$D(\text{nGy/h})=0.462 A_{\text{Ra}} + 0.604A_{\text{Th}} + 0.0417A_{\text{K}} \dots \dots \dots (1)$$

حيث A_{Ra} و A_{Th} و A_{K} هي تركيز كل من اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم على التوالي، و 0.462 ، 0.604 و 0.0417 تمثل معاملات تحويل من تركيز الفعالية الإشعاعية النوعية إلى جرعة إشعاعية ممتصة بوحدة nGy/h (نانوجراي/ ساعة).

مكافئ الجرعة الفعالة السنوية (AEDE) Annual Effective Dose Equivalent

تم حساب مكافئ الجرعة الفعالة السنوية في الهواء اعتمادًا على الجرعة الممتصة في الهواء بعد تحويلها إلى جرعة مكافئة، وذلك بضربها بمعامل مقداره 0.7، فضلًا عن ذلك، فإن الجرعة المكافئة تضرب أيضًا بمعامل آخر مقداره 0.2 أو 0.8 (وهو نسبة ما يقضيه الإنسان من حياته خارج المنزل أو داخل المنزل على التوالي)، لكي تتحول في النهاية إلى جرعة فعالة سنوية (Ea) بوحدة (μSv/h) كما هو مبين في العلاقة الآتية (UNSCEAR,2000):

$$E_a = (D_i \text{ (nGy/h)} \times 24\text{h/day} \times 365.25 \text{ day/year} \times 0.2 \times 0.7\text{Sv/Gy}) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (2)$$

مكافئ الراديوم (Ra_{eq}) Radium Equivalent

يعرف مكافئ الراديوم على أنه مجموع تركيز النشاط الإشعاعي للعناصر المشعة الثلاثة اليورانيوم 238 و ²³²Th و ⁴⁰K، الذي يستند على فرضية أن 370 Bq/kg من الراديوم ²²⁶Ra و 259Bq/kg من الثوريوم ²³²Th و 4810 Bq/kg من البوتاسيوم ⁴⁰K تنتج نفس معدل الجرعة من أشعة جاما، وأن المواد التي يتجاوز فيها مكافئ الراديوم 370 Bq/kg تعد من المواد الخطرة، ويحسب مكافئ الراديوم من المعادلة الآتية (Saleh et al., 2012):

$$Ra_{eq} = A_u + 1.43A_{Th} + 0.077A_K \dots\dots\dots (3)$$

دليل الخطورة الخارجي (H_{ex}) The External Hazard Index

يستخدم دليل الخطورة الخارجي على نطاق واسع، حيث يعكس التعرض الخارجي للإشعاعات الطبيعية في التربة (Bui et al., 2020)، ولحساب دليل الخطورة الخارجي نستخدم المعادلة التالية (Beretka and Mathew, 1985):

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \dots\dots\dots (4)$$

دليل الخطورة الداخلي (H_{in}) The Internal Hazard Index

بالإضافة إلى مؤشر الخطر الخارجي، يعتبر الرادون أيضًا خطر على الجهاز التنفسي (Bui et al., 2020)، حيث يمكن معرفة التعرض الداخلي للرادون كمياً من خلال حساب دليل مستوى الخطورة الداخلي نستخدم المعادلة التالية (Kavitha et al., 2016):

$$H_{in} = \frac{A_{Ra}}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \dots\dots\dots (5)$$

وقيم دليل الخطورة الداخلي والخارجي إذا كانا أقل من واحد صحيح، فهذا يعتبر أنه لا يوجد خطورة على الإنسان من التعرض للإشعاعات الطبيعية في التربة (Bui et al., 2020).

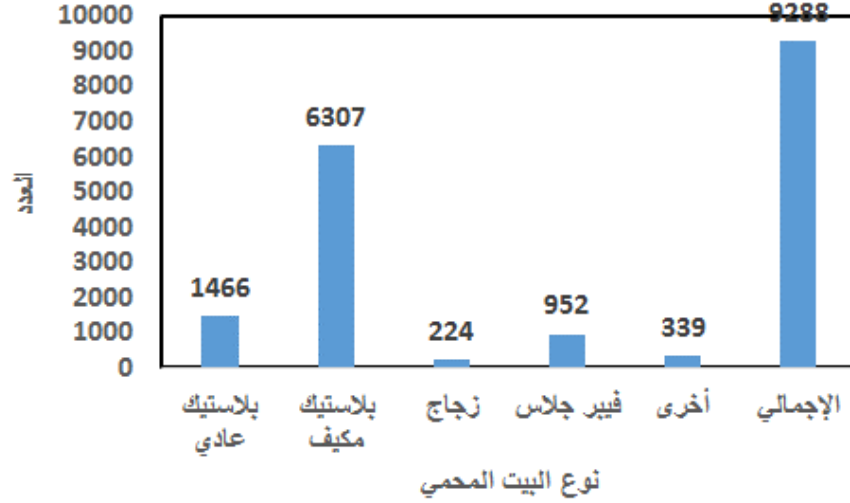
التحليل الإحصائي:

تم استخدام برنامج أكسل لحساب المتوسطات الحسابية ورسم العلاقات البيانية وإجراء الحسابات لمؤشرات التلوث الإشعاعي.

النتائج والمناقشة:

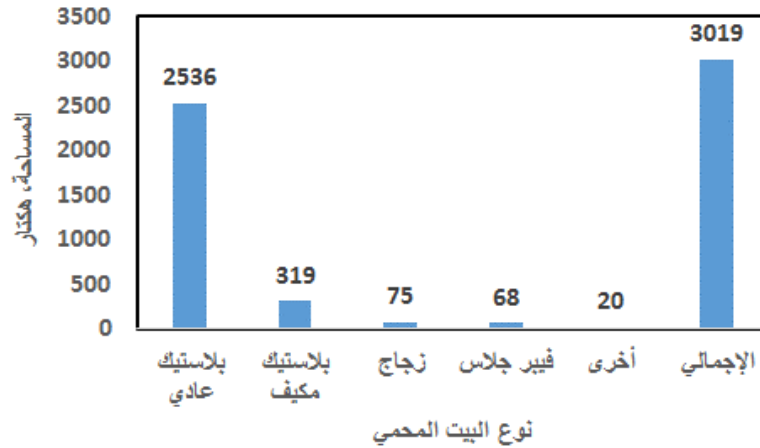
يوضح شكل (9) عدد البيوت المحمية ونوع البيت على مستوى المملكة العربية السعودية، بينما يوضح شكل (10) مقدار المساحة للبيوت المحمية ونوع البيت على مستوى المملكة العربية السعودية، أما شكل (11)، فيوضح

نسبة المساحة المنزرعة على حسب نوع الخضروات من المساحة الكلية للبيوت المحمية على مستوى المملكة العربية السعودية. وهذه النتائج تم أخذها التعداد الزراعي 1436هـ- 2015 بالمملكة العربية السعودية (الهيئة العامة للإحصاء، stats.gov.sa).

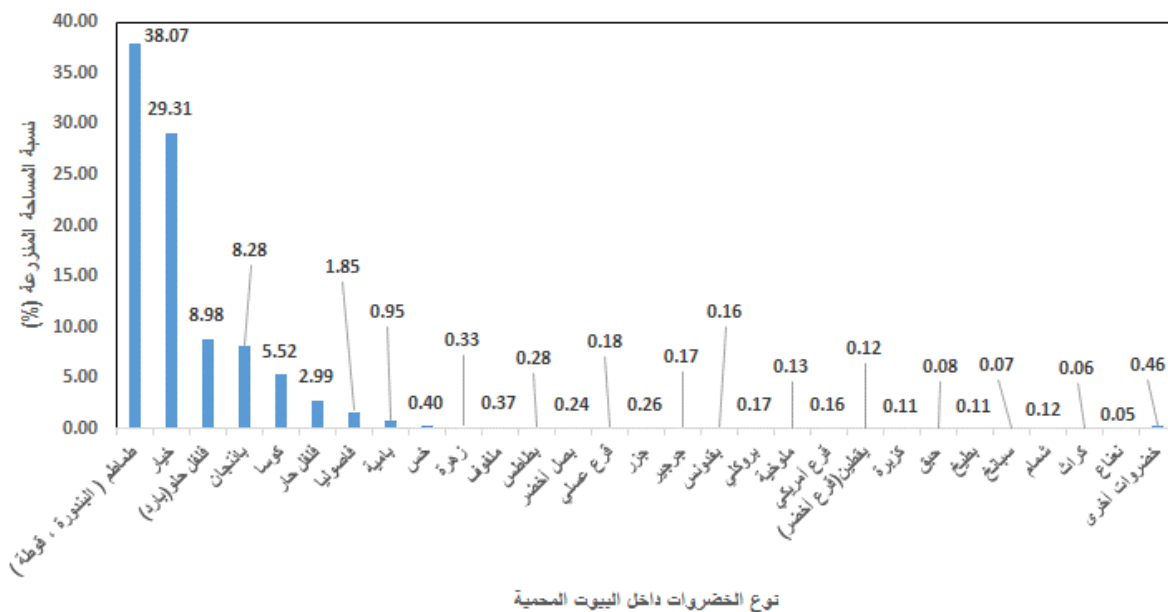


شكل (9). عدد البيوت المحمية ونوع البيت على مستوى المملكة العربية السعودية.

يتبين أن البيوت المحمية المغطاة بلاستيك ومكيفة، هي الأكثر عددًا في المملكة العربية السعودية بعدد حوالي 6307، كما هو موضح في شكل (9). أما البيوت المحمية المغطاة بلاستيك وغير مكيفة هي الأكثر في المساحة حوالي 2536 هكتار على مستوى المملكة العربية السعودية، كما هو موضح في شكل (10)، أما الطماطم فكانت محصول الخضراوات الأكثر زراعة داخل البيوت المحمية في المملكة العربية السعودية بنسبة 38.07% من المساحة الكلية، كما هو موضح في شكل (11).



شكل (9). المساحة للبيوت المحمية ونوع البيت على مستوى المملكة العربية السعودية.



شكل (10). نسبة المساحة المزروعة على حسب نوع الخضروات من المساحة الكلية للبيوت المحمية على مستوى المملكة العربية السعودية.

تم تسجيل عدة قراءات على التربة داخل البيوت المحمية ومن ثم تم حساب المتوسط الحسابي، ويوضح جدول (2) المتوسط الحسابي لتراكيز النويدات في البيوت المحمية الخمسة (الزجاجي، فاير جلاس والبيوت البلاستيكية الثلاثة (فلفل، خيار وبازنجان). ومن هذه القراءات تم حساب معايير التلوث الإشعاعي ومنها معدل الجرعة الممتصة لأشعة جاما في الهواء ومكافئ الجرعة الفعالة السنوية، ومكافئ الراديوم ودليل الخطورة الخارجي ودليل الخطورة الداخلي.

من جدول (2) نجد أن تراكيز اليورانيوم (^{238}U)، 14.45، 18.76، 23.21، 18.76 و 21.47 بيكرل/ كجم على التوالي، ومتوسط التراكيز للثوريوم (^{232}Th)، 17.05، 12.64، 14، 9.11 و 17.69 بيكرل/ كجم وللسيسيزيوم (^{137}Cs) كان التركيز 0.73، 2.07، 1.92، 2.37 و 1.95 بيكرل/ كجم ومتوسط التراكيز 65.93، 93.43، 201.75، 90.3 و 202.96 بيكرل/ كجم للبتواسيوم (^{40}K) على التوالي في التربة داخل البيت المحمي الزجاجي، البيت المحمي- فاير جلاس، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - فلفل، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - خيار والبيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - بازنجان. ومن جدول (2)، كان على التوالي في التربة داخل البيت المحمي الزجاجي، البيت المحمي- فاير جلاس، والبيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - فلفل، والبيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - خيار والبيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - بازنجان. ومن هذه النتائج ومقارنتها بالقيم العالمية، نجد أن التراكيز آمنة، حيث كانت أقل من التراكيز العالمية.

جدول (2). متوسط تراكيز البوتاسيوم (^{40}K) واليورانيوم (^{238}U) والثوريوم (^{232}Th) والسيسيزيوم (^{137}Cs) في البيوت المحمية.

نوع البيت المحمي ونوع الخضار	تراكيز البوتاسيوم (^{40}K) واليورانيوم (^{238}U) والثوريوم (^{232}Th) والسيسيزيوم (^{137}Cs)			
	^{40}K	^{238}U	^{232}Th	^{137}Cs
البيت المحمي الزجاجي	65.39	14.45	17.05	0.73
البيت المحمي- فاير جلاس	93.43	18.76	12.64	2.07

نوع البيت المحمي ونوع الخضار	تراكيز البوتاسيوم (^{40}K) واليورانيوم (^{238}U) والثوريوم (^{232}Th) والسييزيوم (^{137}Cs)			
	^{40}K	^{238}U	^{232}Th	^{137}Cs
	(بيكرل/كجم)			
البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - فلفل	201.75	23.21	14.00	1.92
البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك- خيار	90.30	18.76	9.11	2.37
البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك- باذنجان	202.96	21.47	17.69	1.95
المتوسط الحسابي	130.77	19.33	14.09	1.81

ويوضح جدول (3) بعض مؤشرات التلوث وهي معدل الجرعة الممتصة لأشعة جاما في الهواء، وكانت النتائج في التربة داخل البيت المحمي الزجاجي، البيت المحمي- فايبر جلاس، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - فلفل، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - خيار والبيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - باذنجان، على التوالي هي 19.72، 20.23، 27.66، 17.96 و 29.13 (nGy/h). أما قيم مكافئ الجرعة الفعالة السنوية كانت النتائج في التربة داخل البيت المحمي الزجاجي، البيت المحمي- فايبر جلاس، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - فلفل، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - خيار والبيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - باذنجان، على التوالي هي 0.024، 0.025، 0.034، 0.022 و 0.036 (mSv/year) وهذه القيم أقل من القيم العالمية (0.46 mSv/year) بحسب (Bennett, 1997; UNSCEAR,) 1993.

جدول (3). مؤشرات التلوث الإشعاعي في البيوت المحمية.

نوع البيت المحمي ونوع الخضار	مؤشرات التلوث الإشعاعي				
	مكافئ الراديوم Raeq	مؤشر الخطورة الداخلي	مؤشر الخطورة الخارجي	مكافئ الجرعة الفعالة السنوية	معدل الجرعة المتمتصة لأشعة جاما في الهواء
	(بيكرل/كجم) Bq/ Kg	بدون وحدات		(مللي سيفرت/ عام) mSv/ year	(نانوجراي/ ساعة) nGy/ h
البيت المحمي الزجاجي	43.87	0.16	0.12	0.024	19.72
البيت المحمي- فايبر جلاس	44.04	0.17	0.12	0.025	20.23
البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك- فلفل	58.78	0.22	0.16	0.034	27.66
البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك- خيار	38.74	0.16	0.10	0.022	17.96
البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك- باذنجان	62.39	0.23	0.17	0.036	29.13
المتوسط الحسابي	49.564	0.188	0.134	0.0282	22.94

ومن جدول (3)، نجد أن لدليل الخطورة الخارجي كانت النتائج في التربة داخل البيت المحمي الزجاجي، البيت المحمي- فايبر جلاس، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - فلفل، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - خيار والبيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - باذنجان، على التوالي هي 0.12، 0.12، 0.16، 0.10 و 0.17. ولدليل الخطورة الداخلي كانت النتائج في التربة داخل البيت المحمي الزجاجي، البيت المحمي- فايبر جلاس، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - فلفل، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - خيار والبيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - باذنجان، على التوالي هي 0.16، 0.17، 0.22، 0.16 و 0.23. وكانت النتائج على التوالي 43.87، 44.04، 58.78، 38.74

و62.39 بيكرل/ كجم في التربة داخل البيت المحمي الزجاجي، البيت المحمي- فايبر جلاس، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - فلفل، البيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - خيار والبيت المحمي ذو الغطاء البلاستيك - باذنجان، ومن نتائج الدراسة الحالية ومقارنتها بالقيم القياسية نجد أن التركيز آمن. وكان المتوسط العام لتركيز اليورانيوم-238 هو 19.33 بيكرل/ كجم وللتورיום- 232 هو 14.09 بيكرل/ كجم وللبوتاسيوم- 40 هو 130.77 بيكرل/ كجم ولعنصر السيزيوم- 137 هو 1.81 بيكرل/ كجم في التربة داخل البيوت المحمية تحت الدراسة (جدول 3)، وهذه التراكيز أقل من المعدلات العالمية.

جدول (4) يوضح مقارنة النتائج المتحصل عليها لدراستنا الحالية مع بعض من نتائج دراسات سابقه (ليست داخل البيوت المحمية). ومنه نجد أن معدل تركيز الإشعاعات الطبيعية في الدراسة الحالية داخل البيوت المحمية أقل من المعدلات القياسية، حيث بين حسين (2018) أن الأسباب التي أدت إلى اختلاف التراكيز من بلد إلى آخر ربما تعود إلى ظروف طبيعية، منها اختلاف جغرافية الأرض، وجيولوجيتها من دولة إلى أخرى، وهناك أسباب أخرى غير طبيعية كتعرض بعض المناطق إلى تلوث إشعاعي نتيجة لانفجار قنبلة نووية، أو تسرب حصل في بعض المنشآت النووية، والأحداث التاريخية عديدة في هذا الصدد، أو ربما تكون القياسات قد أجريت على مناطق زراعية قد سممت مسبقاً بأسمدة كيميائية، مما يؤدي إلى زيادة تركيز العناصر المشعة فيها. ويوضح جدول (5) مقارنة بين عدد من مؤشرات التلوث الإشعاعي للتربة في الدراسة الحالية وفي عدد من الدراسات التي تم إجراؤها في بعض البلدان.

جدول (4). مقارنة بين معدل تركيز الفعالية الإشعاعية في التربة في الدراسة الحالية وفي عدد من الدراسات التي تم إجراؤها في بعض البلدان.

البلد	معدل تركيز الفعالية الإشعاعية (بيكرل/ كجم)			المرجع
	²³⁸ U	²³² Th	⁴⁰ K	
تركيا	55.42	22.86	1318	Akozcan et al. (2014)
السعودية	- - -	12.3	535	El -Taher and Al- Zahrani (2014)
نيجيريا	55.3	26.4	505.1	Ademola et al. (2014)
الدراسة الحالية	19.33	14.09	130.77	
المتوسط العالمي	33	45	412	UNSCEAR (2008)

جدول (5). مقارنة بين عدد من مؤشرات التلوث الإشعاعي للتربة في الدراسة الحالية وفي عدد من الدراسات التي تم إجراؤها في بعض البلدان.

البلد	مؤشرات التلوث الإشعاعي			المرجع
	معدل الجرعة الممتصة لأشعة جاما في الهواء (nGy/h)	مكافئ الراديوم (Bq/kg)	دليل الخطورة الخارجي بدون وحدات	
بغداد- العراق	43.43	90.36	0.244	Saleh et al. (2014)
عمان	19.27	40.84	0.11	Saleh (2012)
قطر	34.6	76.9	0.210	Nasir et al. (2012)
إيران	69.1	143.6	0.39	Asgharizadeh et al. (2013)
الهند	66.89	144.84	0.39	Dhawal et al. (2013)

البلد	مؤشرات التلوث الإشعاعي			المرجع
	معدل الجرعة الممتصة لأشعة جاما في الهواء (nGy/h)	مكافئ الراديوم (Bq/kg)	دليل الخطورة الخارجي بدون وحدات	
نيجيريا	133	257	---	Ajayi and Ibikunle (2013)
تركيا	66.77	129.8	0.37	Aközcan (2014)
الدراسة الحالية	22.94	49.564	0.134	
المتوسط العالمي	59	370	1	Ramli et al. (2009)

الاستنتاجات والتوصيات:

تبين من النتائج المتحصل عليها خلال الدراسة الحالية، والتي تم فيها تم تقييم مخاطر الإشعاعات الطبيعية وعنصر السيزيوم-137 في التربة داخل البيوت المحمية في منطقة الخرج، الرياض، المملكة العربية السعودية. حيث تم استخدام جهاز الكاشف المحمول The Mole والذي يعطي قراءات عن تركيز اليورانسيوم-238 والثوريوم-232 والبولتاسيوم-40 وعنصر السيزيوم-137، وأجريت القياسات الحقلية في منطقة الخرج، بالمملكة العربية السعودية داخل البيوت المحمية في مزرعة نواره، وكانت القياسات على التربة داخل 5 أنواع مختلفة من البيوت المحمية من ناحية الغطاء (بلاستيك وزجاج وألياف زجاجية)، وكانت المزرعات داخل البيوت المحمية ذي الغطاء البلاستيك هي خيار وفضل وباذنجان، أما في البيوت المحمية ذي الغطاء الزجاجي والألياف الزجاجية، فكانت المزرعات هي نباتات زهور وزينة. وكان المتوسط العام لتراكيز اليورانسيوم-238 هو 19.33 بيكرل/كجم ولثوريوم-232 هو 14.09 بيكرل/كجم وللبولتاسيوم-40 هو 130.77 بيكرل/كجم، وعنصر السيزيوم-137 هو 1.81 بيكرل/كجم في التربة داخل البيوت المحمية تحت الدراسة، وهذه التراكيز أقل من المعدلات العالمية، وكان متوسط دليل الخطورة الخارجي والداخلي أقل من واحد، وأن هذه القيم هي أقل من الحدود المسموحة عالمياً. وتوصى الدراسة أن تكون هناك دراسة مستقبلية للبيوت المحمية في جميع مناطق المملكة العربية السعودية، ليتمكن الباحثون بعد ذلك من تحديد الخلفية الإشعاعية بشكل أدق وأوسع، ومعرفة الاضرار المترتبة نتيجة لهذه الإشعاعات.

شكر وتقدير:

يتقدم الباحثون بالشكر والتقدير للقائمين بالعمل في مزرعة نواره في منطقة الخرج، بالمملكة العربية السعودية، لما قدموه من تسهيلات لإجراء القياسات الحقلية داخل البيوت المحمية.

قائمة المراجع

أولاً- المراجع بالعربية:

- الأسدي، كامل مهدي (2013). الزراعة المحمية في الأراضي الصحراوية، ط1، مديرية زراعة كربلاء، العراق، ص: 138-26.
- برياز، ضرغام سلمان (2012). تقييم كفاءة أداء مشاريع البيوت البلاستيكية في محافظة كربلاء، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

- الجليحاي، كوثر حسن عبيس (2012). قياس ودراسة النشاط الإشعاعي الطبيعي لنماذج من التربة للدوائر الرسمية في محافظة القادسية. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة الكوفة كلية التربية للبنات- قسم الفيزياء، العراق.
- جمعة، محمد أحمد محمود وصالح الدين مصطفى كمال (1989). الإشعاع الذري دليل طرق الوقاية. دار الراتب الجامعية للنشر.
- حسين وفرحان (2011). تقدير مستوى الاشعاعات خلال التربة والسماذ العضوي، في دولة العراق. مجلة كلية التربية، العدد 6، الصفحات 521-509.
- حسين، رعد عبيد (2014). قياس النشاط الإشعاعي الطبيعي في بعض مناطق مدينة الكوفة، العراق. مجلة الكوفة للفيزياء، المجلد 6، العدد 2، الصفحات 57-45.
- حسين، علي خطاب (2018). معامل انتفال العناصر المشعة $^{232}\text{Th}, ^{40}\text{K}, ^{226}\text{Ra}$ من التربة إلى بعض الخضراوات المحلية في مناطق مختلفة من محافظة نينوى. مجلة علوم الرافدين، المجلد 27، العدد 2، الصفحات 150-135.
- حمادي، رعد عبيد (2013). تقييم التلوث الإشعاعي النووي في التربة المتأثرة بتعدين اليورانيوم، العراق. المجلة العراقية للفيزياء، العدد 22، الصفحات 50-40.
- خليل، منيب عادل (1994). الفيزياء النووية. دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، العراق.
- الزير، خالد، عدنان الفارس وفهد المحميد (1428 هـ). دليل البيوت المحمية الزراعية بالمملكة العربية السعودية. إدارة العلاقات العامة والإعلام الزراعي، وزارة البيئة والمياه والزراعة، المملكة العربية السعودية، 72 صفحة.
- شمشك، أميد (1986). الانفجار الكبير، مولد الكون (Big Bang)، ترجمة أورخان محمد علي، مطبعة الشعب، بغداد، ص 97.
- علي، عامر حسن، محميد، احمد خلف وحسن، هناء احسان (2014). تحديد مستوى الخلفية الإشعاعية في حرم جامعة الموصل باستخدام تقانات متعددة. مجلة علوم الرافدين، (3)25، 100-86.
- كاظم، ندى فرحان ورضى على عبدا لوهاب وحسن حسن علي وعماد هدى (2016). حساب الفعالية النوعية ومعاملات الخطورة الإشعاعية للنويدات المشعة الطبيعية في تربة الجامعة المستنصرية باستخدام كاشف ايوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم، العراق. المجلة العراقية للفيزياء، المجلد، العدد، الصفحات 179-172.
- الكرخي، نسرین هادي رشيد (2013). التوزيع المكاني للتلوث الإشعاعي في العراق. مجلة ديالي، 75، 35 صفحة.
- المجالي، مصطفى محمد عبد المهدي (2016). الوقاية الإشعاعية المبادئ والتطبيقات. <http://irsra.gov.iq/wp-content/uploads/2016/05/RadiationProtectionBook.pdf>، 385 صفحة.
- محمد، أحمد شوقي وعبد الحميد، نادية وناصر، حسين محمد ومحمد، حسن حوشي وعبود، منذر (2013). تقييم النشاط الإشعاعي للعواصف الترابية، العراق. مجلة كلية مدينة العلم الجامعة، المجلد 5، العدد 2، الصفحات 40-32.
- محميد، أحمد خلف وحسين، علي خطاب ومحمد، وليث رابع (2008). إيجاد علاقة تجريبية شاملة بين كفاءة الكاشف الوميضي NaI(Tl) وكل من طاقة أشعة كاما والمسافة باستخدام منظومة (UCS- 20). مجلة التربية والعلم، (3)21، الصفحات 138-152.
- الهداينة، رابعة (2011). البيوت المحمية. زراعة دائمة ومردود اقتصادي مجد، صحيفة الشيبية، ع (5638)، مسقط، سلطنة عمان، ص:1.

ثانياً- المراجع بالإنجليزية:

- Abbady, A. G.E., M.A.M. Uosif and A.El- Taher (2005). Natural radioactivity and dose assessment for phosphate rocks from Wadi El- Mashash and El- Mahamid Mines, Egypt. *Journal of Environmental Radioactivity*, 84: 65- 78.
- Ademola, A. K., A. K.Bello, and A. C. Adejumobi (2014). Determination of natural radioactivity and hazard in soil samples in and around gold mining area in Itagunmodi, south- western, Nigeria. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(3): 249- 255.
- Ajayi, O.S. and S.B. Ibikunle (2013). Radioactivity of surface soils from Oyo state, South Western Nigeria. *International Journal of Radiation Research*, 11(4): 271- 278.
- Aközcan, S. (2014). Natural and artificial radioactivity levels and hazards of soils in the Küçük Menderes Basin, Turkey. *Environ. Earth Sci.*, 71: 4611–4614.
- Akozcan, S., M. Yilmaz and F. Kulahci (2014). Dose rates and seasonal variations of ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K and ^{137}Cs radionuclide's in soils along Thrace, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 299(1):95–101.
- Al- Hamed, S.A., M. F. Wahby and A. M. Aboukarima (2017). Evaluation of natural radionuclides, Cesium- 137 and radiological hazard indices in some agricultural soils, Saudi Arabia. *J. Nucl. Tech. Appl. Sci.*, 5(1):27: 42.
- Alvarez, M.C.A and M.T.D. Vivero (1998). Natural radionuclide contents in Spanish coals of different rank. *Fuel*, 77(13):1427–1430.
- Asgharizadeh, F., M.Ghannadi, A.B. Samani, M.Meftahi, M. Shalibayk, S.A. Sahafipour and E.S. Gooya (2013). Natural radioactivity in surface soil samples from dwelling areas in Tehran city, Iran. *Radiation Protection Dosimetry*, 156(3):376- 382.
- Bennett, B.G. (1997). Exposure to natural radiation worldwide. Proceeding of the fourth international Conference on High levels of Natural Radiation: Radiation Doses and Health Effect, 1996, Beijing, China, Elsevier, Tokyo (1997), pp. 15- 23.
- Beretka, J. and P.J. Mathew (1985). Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and byproducts. *Health Phys.*, 48: 87–95.
- Boonsiri, K., D. Suangsang, S. Pirommi, A. Sea- ang, W. Tongying, J. Kontha and A. Weejitjan (2009). Effects of granular organic fertilizers on the growth and yield of pak choi and rice cv. Phitsanulok 60- 2. As. *J. Food Ag- Ind.*, Special Issue, S160- S163.
- Bui, V. L., S. Leuangtakoun, T.H. Bui, T. K. D. Vu, T.N. Le, T. D. Duong, S. Singsoupho and H.- N. Tran (2020). Natural radioactivity and radiological hazards in soil samples in Savannakhet province, Laos. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 323:303–315.
- Dhawal, S.J., G.S. Kulkarni and S.H. Pawar (2013). Terrestrial background radiation studied in south Konkan, Maharashtra, India. *International journal of radiation research*, 11(4):263- 270.

- Diab, H.M., S.A. Nouh, A. Hamdy and S.A. El- Fiki (2008). Evaluation of natural radioactivity in a cultivated area around a fertilizer factory. *Journal of Nuclear and Radiation Physics*, 3(1), 53- 62.
- El-Taher, A. and J. H. Al- Zahrani (2014). Radioactivity measurement and radiation dose assessments in soil of Al- Qassim region, Saudi Arabia. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 52:147- 154.
- Kavitha, E., L.Paramesh and M.S. Chandrashekara (2016). Studies on radioactive elements in soil samples of cauvery river basin, South Interior Karnataka State, India. *J. Nucl. Tech. Appl. Sci.*, 4(2):75- 81.
- Knoll, G. F. (2000). Radiation detection and measurement. John Wiley and Sons, Third Edition, Canada.
- Kohshi, C., I.Takao and S. Hideo (2001). Terrestrial gamma radiation in Koshi prefecture, Japan. *Journal of Health Science*, 47(4): 362- 372.
- Lakehal, Ch., M.Ramdhane and A. Boucenna (2010). Natural radionuclide concentrations in two phosphate ores of east Algeria. *J Environ. Radioact.*, 101(5): 377–379.
- Maher, O. and R.Abu Saleh (2006). Radiation measurements in soil in the middle of Gaza- strip using nuclear track detectors CR- 39. *Journal Al- Aqsa University*, 10:273- 280.
- Majed, A., M. H. Nassir, N. H. Ameenand M. M. Hussien (2019). Assessment of natural radioactivity levels and radiological hazards for Tigris River Basin Nadia. *Journal of Madenat Alelem College*, 11(2):16- 22.
- Nasir, T., H. Al- Sulaiti and P.H. Regan (2012). Assessment of radioactivity in some soil samples of Qatar by Gamma –Ray Spectroscopy and the derived dose rates. *Pak.J. Sci.ind.res. Ser. A.Phys.Sci.* ,55(3):128- 134.
- Ramli, A.T., N.H. Apriantoro and H.Wagiran (2009). Assessment of radiation dose rates in the high terrestrial Gamma radiation area of Selama District, Perak, Malaysia. *Applied Physics Research*,1(1): 45-52.
- Ramola, R.C., M. Yadav and G.S. Gusain (2014). Distribution of natural radionuclide along Main Central Thrust in Garhwal Himalaya. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(4):614- 619.
- Sahu, S .P. (2010). Basic Nuclear Physics. Published by Campus Books International.
- Saleh, A. M., A. H. Al- Mashhadani and M. A. Siyah (2014). Natural radioactivity concentration and estimation of radiation exposure in environmental soil samples from Al- Sader City, Iraq. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(4):2902- 2906.
- Saleh, I. H. (2012). Radioactivity of ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , and ^{137}Cs and assessment of depleted uranium in soil of the Musandam Peninsula, Sultanate of Oman. *Turkish J. Eng. Env. Sci.*, 36:236 – 248.

- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (1993). Source and effect of ionizing radiation. Report to the General Assembly, with Annexes, United Nations, New York.
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (2000). Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly, with Annexes, United Nations, New York.
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (2008). Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly. New York, United Nation.
- Van Der Klooster, E., F.M. Van Egmond and M.P.W. Sonneveld (2011). Mapping soil clay contents in Dutch marine districts using gamma- ray spectrometry. *European Journal of Soil Science*, 62(5):743-753.
- Van Egmond, F.M., E.H. Loonstra and J. Limburg (2010). Gamma ray sensor for topsoil mapping: The Mole. In: Proximal Soil Sensing, *Progress in Soil Science*, 1:323- 332.