---مجلة علوم الرافدين, المجلد 17, العدد 2, خاص بالفيزياء, ص 1ـ10, 2006 ---

تحديد التلوث الإشعاعي في الأسمدة النباتية باستخدام CR-39

محسن محمد البدراني

قسم الفيزياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2005/6/29 ، تاريخ القبول 2005/10/10)

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة مستوى التلوث الإشعاعي في عينات منتخبة من الأسمدة النباتيـة شـائعة الاستخدام، نظراً لما تسببه هذه الأسمدة من زيادة في مستوى الإشعاع الطبيعي للتربة، ومدى تأثير ذلـك على زيادة مستوى التلوث البيئي بالإشعاع.

تم حساب تراكيز كل من الرادون (Rn-222) واليورانيوم (U-238) لسبعة أنـواع مـن الأسـمدة النباتية المحلية والمستوردة. أجريت الدراسة باستخدام تقنية كاشف الأثر النووي (CR-39) بواسطة أنابيب الاختبار ذات القطر (2.0-2.1 cm)، تمت عملية القشط الكيميائي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH عياريته (6.25N) عند درجة حرارة قشط ($70\ ^{o}C \pm 1^{o}C$) وزمن قشط (4hrs).

تشير النتائج إلى وجود زيادة ملحوظة في تراكيز الرادون واليورانيوم في السماد العراقي بنوعيـه المركب والمركب -27، في حين كانت التراكيز متقاربة في بقية الأنواع، عدا سماد الكبريت حيث كـان تركيز الرادون واليورانيوم فيه منخفضاً.

Determination of Radioactive Contamination of Plant Fertilizers Using CR-39

Mohsin M. Al-Badrani

Department of Physics

College of Science

Mosul University

ABSTRACT

The aim of this research is to study the fertilizers that are widely used due to what they can cause of an increment in natural radioactive level of soil, and due to what will affect the increase in the environmental contamination level with radiation.

The concentrations of (Rn-222) and (U-238) of seven kinds of local and imported fertilizers are calculated.

In the present work an investigation has been performed using nuclear track detectors (CR-39) technique with the use of test tubes (2.0-2.1 cm) in diameter. The chemical etching is utilized by NaOH with normality (6.25 N) at (70 ^{o}C ± 1^{o}C) temperature and (4hrs) etching time.

The obtained results indicate that there is a remarkable increase in Radon and Uranium concentrations especially, the Iraqi fertilizers with both kinds of compound and compound -27, while the concentrations of Radon and Uranium for other types are approximately the same, except that of Sulphar fertilizer which shows a lower concentration.

المقدمة

كما هو معروف جيداً (Adams and Lower, 1964)، أن الإشعاع الطبيعي الأرضي يتكون بشكل رئيسي من النظائر المشعة الناتجة عن اليورانيوم والثوريوم وما ينتج عنهما من وليدات مشعة ضمن سلاسل الانحلال الإشعاعي، هذا بالإضافة إلى بعض النظائر المشعة الأخرى والتي من أهمها (السيزيوم ـ 137) و (البوتاسيوم ـ 40).

مع التزايد المطرد في استخدام النظائر المشعة والأشعة المؤينة في المجالات المختلفة للحياة العصرية، سواء كان ذلك في الأغراض السلمية أو غير السلمية، تتزايد فرص التلوث البيئي بالإشعاع خارجياً وداخلياً، وعليه تتزايد الحاجة إلى معرفة وتقدير العناصر المشعة المتواجدة في البيئة للوقوف على مدى التلوث الذي أصاب هذه البيئة. ومن المعلوم أن التلوث الإشعاعي للبيئة يمكن أن يتم من خلال تلوث العناصر الأساسية المكونة للبيئة من تربة وهواء وماء، وأن تلوث أي من هذه العناصر ينتقل إلى العناصر الأخرى، وقد يجد طريقه إلى النبات والحيوان ومنهما إلى الإنسان عن طريق السلسلة الغذائية.

إن الاستخدام الأوسع للأسمدة النباتية وبشكل غير مدروس يؤدي إلى زيادة مستوى الإشعاع الطبيعي للتربة وبالتالي تعرض البيئة للتلوث بالإشعاع. تتكون الأسمدة من مواد تحتوي على النيتروجين، الفسفور والبوتاسيوم (Constantinescu et al., 1996) فالنيتروجين يحتوي على نشاط إشعاعي يمكن إهماله، أما الفسفور فيحتوي على تراكيز جوهرية من اليورانيوم والثوريوم والراديوم ونواتج التحلل لهذه النظائر، بينما يحتوي البوتاسيوم على كميات صغيرة من البوتاسيوم -40 تبعاً لتركيزه العام في الطبيعة.

اهتم الكثير من الباحثين بدراسة النشاط الإشعاعي والتلوث البيئي بالإشعاع، فقد قام (منيب وفراس، 1997 ؛ عامر، 2003)، بالكشف عن اليورانيوم المنضب في مواقع مختلفة من جنوب العراق. بينما قام (سعيد، 1997 ؛ محيميد وسليمان، 2000 ؛ Rasheed et al., 2000 ؛ Al-Kafaji, 2000) بدراسة النشاط الإشعاعي لمواد البناء العراقية.

فيما درس آخرون (Hussain, 1999 ؛ Al-Sabha et al., 2000 ؛ Al-Badrani et al., 2001؛ صباح، 2004 ؛ البارودي، 2004) النشاط الإشعاعي للتربة والأعشاب الطبية والمياه والحليب والنباتـات الحولية.

في بحثنا الحالي قمنا بدراسة التلوث البيئي بالإشعاع عن طريق دراسة النشاط الإشعاعي في نماذج مختلفة من الأسمدة النباتية باستخدام تقنية كواشف الأثر النووي CR-39.

القياسات العملية

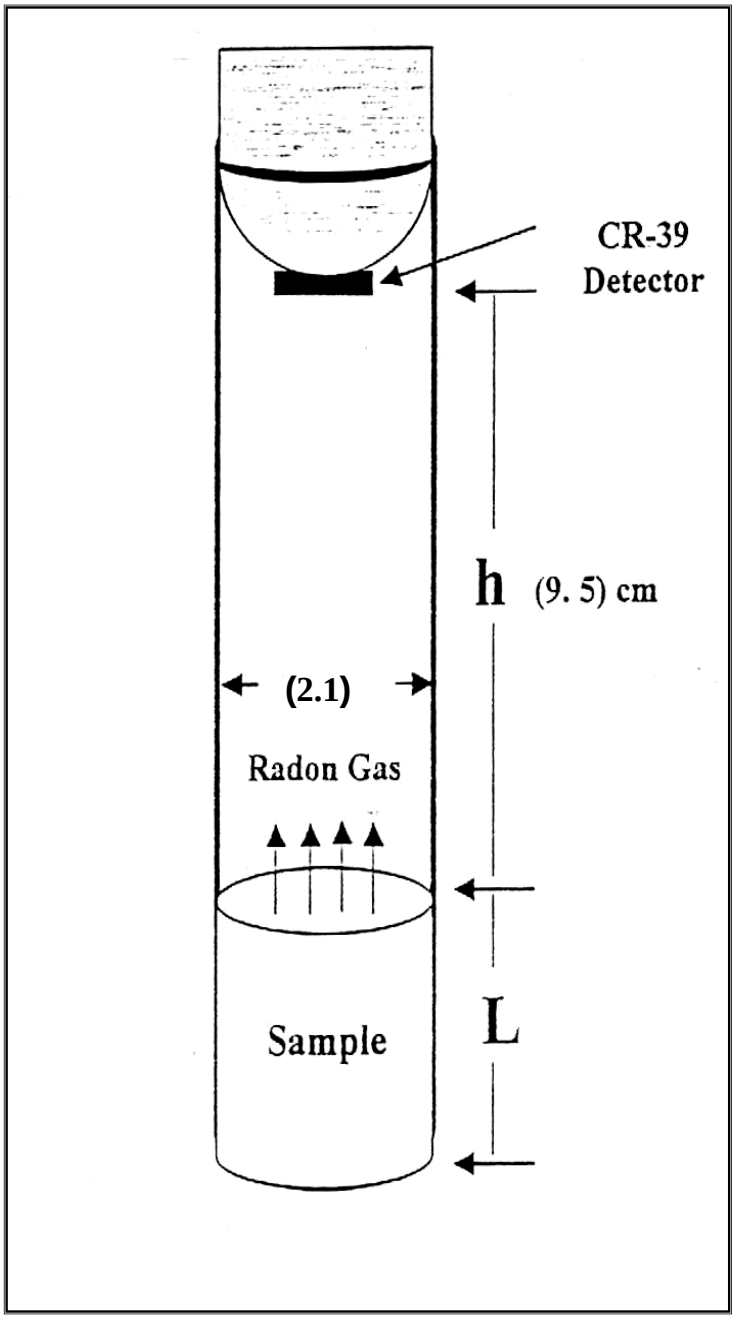
1. العينات:

من أجل دراسة التلوث الإشعاعي في الأسمدة النباتية تم جمع سبعة نماذج مـن الأسـمدة النباتيـة المحلية والمستوردة والمستخدمة بشكل واسع في الأعمال الزراعية للكثير من المحاصيل وقد تمت تهيئـة جميع النماذج بنفس الطريقة تحقيقاً لمبدأ التجانس في توزيع المواد المشعة ومن ثم دقـة قياسـها، حيـث وضعت هذه النماذج في أنابيب اختبار ذات أقطار متساوية (2.1 cm) وكانت المسافة بين الكاشف وسطح العينة تساوي (9.5 cm)، ومن أجل الوصول إلى حالة التوازن في سلسلة انحلال راديوم ـ رادون تركت العينات في أنابيب الاختبار لمدة (22) يوماً قبل وضع الكاشف.

2. التشعيع والقشط الكيميائي:

تمت عملية تشعيع كواشف الأثر باستخدام تقنية أنابيب الاختبار، وباعتماد طريقة القيـاس طويلـة الأمد حيث تعتبر تقنية أنابيب الاختبار (حجرات الانتشار الاسطوانية) من التقنيات المفضلة فـي تحديـد تراكيز الرادون واليورانيوم، إذ أنه يمكن الحصول على أقل لا دقة ناتجة عن ترسب وليـدات الـرادون (Po^{218}, Po^{214}) وذلك من خلال التحكم في اختيار الأبعاد (نصف القطر، الارتفاع) التي تحقق ذلك الهدف (Nikezic, D. et al., 1996). لقد تبين أن أفضل الأبعاد لأنابيب الاختبار عندما يكون نصف القطر اقـل من (1.25 cm) وارتفاعها أكبر من (5 cm).

ثبت الكاشف (CR-39) وبأبعاد ($1\times1\ cm^2$) في وسط السطح السفلي لسداد مطاطي ووضع الـسداد بسرعة بعد رفع السداد السابق والذي لا يحتوي على الكاشف وذلك لتلافي خلل حالة التوازن التـي تـم الوصول إليها، وبعد ذلك تركت المنظومة لمدة (60) يوماً استناداً إلى طريقـة القيـاس طويلـة الأمـد. الشكل (1) يوضح التقنية المستخدمة.



الشكل 1 : يوضح انبوبة الاختبار المستخدمة في الدراسة.

إن التفاصيل الكاملة لعمليات القشط الكيميائي وعمليات الغسل والتجفيف والمشاهدات المجهرية لحساب عدد الآثار المتكونة في المساحة الكلية لكل كاشف ($1\times1\ cm^2$) يمكن الرجوع إليها في الكثير من البحوث ورسائل الماجستير (فراس، 1996 ؛ رنا، 2000 ؛ عامر، 2003).

الحسابات

لغرض قياس تراكيز الرادون واليورانيوم لابد من تحديد ثابت الانتشار K للمنظومة المستخدمة. إذ أن ثابت الانتشار يختلف من منظومة لأخرى معتمداً على الأبعاد الهندسية لحجرة الانتشار (التشعيع). لقد تم تحديد ثابت الانتشار K للحجرة المستخدمة في هذه الدراسة (Azam et al., 1995) وفق العلاقات الآتية:

$$\rho = K.C.T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث أن :

ρ : تمثل كثافة الآثار بوحدة $Tr.\ Cm^{-2}$.

K : ثابت الانتشار $Tr.\ Cm^{-2}\ h^{-1}/Bq.m^{-3}$.

C : تركيز الرادون في الحيز الهوائي بوحدة $Bq.m^{-3}$.

T : زمن التشعيع بالأيام.

إن معدل كثافة الآثار بوحدات $(Track.cm^{-2}.hr^{-1})$ يساوي:

$$D = \frac{\rho}{T} = K.C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

لقد تم حساب ثابت الانتشار K لحجرة الانتشار من العلاقة الآتية (Barillon et al, 1993).

$$K = \frac{1}{4} r\left(2\cos\theta_C - r/R_\alpha\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث أن :

r : نصف قطر الأنبوبة المستخدمة كحجرة انتشار ويساوي (1.05 cm).

R_α : مدى جسيمات ألفا في الهواء الناتجة عن (Rn-222) والذي يساوي (4.15 cm) (Flesicher R. L. et al., 1978).

θ_C : الزاوية الحرجة للكاشف CR-39 والتي تساوي (35^o).

وعند التعويض عن هذه القيم في المعادلة (3) نجد أن قيمة ثابت الانتشار بوحدات الطول يساوي (K = 0.363 cm) أو $(K = 1.309\times10^{-3}\ Tr.cm^{-2}.hr^{-1}/(Bq.m^{-3})$.

ومن أجل تحديد التلوث الإشعاعي باستخدام منظومة كشف اسطوانية (أنابيب اختبار) فإنه من الممكن إيجاد فاعلية (تركيز الرادون) ووليداته Po^{218} ، Po^{214} في الحيز الهوائي المحصور بين سطح العينة وسطح الكاشف بوحدات $(Bq.m^{-3})$ باستخدام العلاقات النظرية المشتقة من قبل Barillon (Barillon et al, 1993). وفي هذه الحالة لا حاجة لإدخال عامل النفونية P في الحسابات وحسب هذه العلاقات فان معدل كثافة الآثار D_{Rn} يعطى بالعلاقة التالية (Barillon, et al, 1993).

$$D_{Rn} = \frac{C}{4} r\left(2\cos\theta_C - r/R_\alpha\right) \quad \text{..... (4)}$$

وبدلالة K يمكن كتابة المعادلة (4) بالشكل الأتي :

$$D_{Rn} = \left(1.309\times10^{-3}\ C\right) \quad \text{..... (5)}$$

تم إيجاد تركيز الرادون في العينات باستخدام العلاقة الآتية (Al-Bataina et al., 1997):

$$C_S = \lambda_{Rn}\ C_a\ ht/L \quad \text{..... (6)}$$

حيث أن :

C_S : تمثل تركيز الرادون داخل العينات بوحدة $Bq.m^{-3}$.

C_a : تمثل تركيز الرادون في الحيز الهوائي بوحدة $Bq.m^{-3}$.

λ_{Rn} : ثابت انحلال الرادون ويساوي $0.1814\ day^{-1}$.

h : ارتفاع الحيز الهوائي ويساوي 9.5 cm.

L : سمك العينة بوحدة cm.

t : زمن التشعيع بالأيام ويساوي (60) يوماً.

وقد استخدمت المعادلة (6) في المواد الصلبة من قبل Somogyi (Somogyi et al., 1986) كما استخدمت فيما بعد في حساب تركيز الرادون داخل عينات من التربة (عامر ، 2003).

كما يمكن إيجاد الفاعلية الإشعاعية A_{Rn} للرادون الناتج من العينات بوحدات Bq وذلك باستخدام العلاقات الآتية:

$$A_{Rn} = C_S\ V \quad \text{..... (7)}$$

$$V = \pi\ r^2\ h \quad \text{..... (8)}$$

حيث أن :

V : حجم العينة بوحدة m^3.

r : نصف قطر حجرة التشعيع (1.05 cm).

h : ارتفاع الحيز الهوائي (9.5 cm).

ولأجل حساب تركيز اليورانيوم في العينات المدروسة فإنه يمكن تحديد عدد ذرات اليورانيوم (N_u) وبالتالي تركيز اليورانيوم في هذه العينات من خلال تحديد عدد ذرات غاز الرادون N_{Rn} استناداً إلى علاقة التوازن الإشعاعي (منيب وفراس، 1997).

$$\lambda_{Rn}\ N_{Rn} = \lambda_u\ N_u \quad \text{..... (9)}$$

حيث أن :

λ_{Rn} : ثابت انحلال الرادون ويساوي $2.1\times10^{-6}\ S^{-1}$.

λ_u : ثابت انحلال اليورانيوم ويساوي $4.9\times10^{-18}\ S^{-1}$.

أما وزن اليورانيوم في العينات $W_u(gm)$ فيمكن إيجاده من المعادلة:

$$W_u = \frac{N_u A_u}{N_{av}} \quad \text{..} \quad (10)$$

حيث أن :

A_u : العدد الكتلي لليورانيوم U^{238}.

N_{av} : عدد أفوكادرو ويساوي $6.02\times10^{23}\ mol^{-1}$.

ولإيجاد تركيز اليورانيوم في العينات بوحدة (ppm) نستخدم العلاقة الآتية:

$$C_u\ (ppm) = \frac{W_u}{W_S} \quad \text{..} \quad (11)$$

حيث أن :

W_S : وزن العينة (gm).

النتائج والمناقشة

لغرض تحديد مستوى التلوث الإشعاعي في العينات المدروسة من الأسمدة النباتية، اعتمد تركيز الرادون في الحيز الهوائي وتركيزه داخل العينات بوحدة (Bq/m^3) وكذلك تركيز الرادون (الفاعلية النوعية) للعينات بوحدة (Bq/ kg)، وبالتالي تركيز اليورانيوم في هذه العينات بوحدة (ppm) كمقياس لهذا التلوث.

الجدول (1)، يبين العينات المستخدمة في الدراسة وأوزانها وسمك كل عينة، وكثافة الآثار ρ ($Track\ .Cm^{-2}$) بعد طرح الخلفية الإشعاعية والتي كانت بالمعدل تساوي ($210\ Tr.\ Cm^{-2}$). فيما يبين الجدول (2)، تراكيز الرادون للعينات في الحيز الهوائي وتركيزه داخل العينات. ومن الملاحظ أن للرادون تراكيز عالية لكل من السماد المركب العراقي، والمركب العراقي-27. بينما كان تركيز الرادون لسماد الكبريت منخفضاً نسبياً. إن سبب تباين تركيز الرادون في الأسمدة النباتية يعود إلى أن الأسمدة الفوسفاتية تحتوي على تراكيز عالية من اليورانيوم (حيث يوجد اليورانيوم بشكل مصاحب للفوسفات) أكبر مما هو عليه في الأسمدة غير الفوسفاتية، كما أن الأسمدة الفوسفاتية (مركب عراقي، مركب عراقي - 27، مركب أردني) تحتوي على نسب متفاوتة من مركبات الفوسفات (20-48%) ولذلك فهي تتفاوت في تراكيز اليورانيوم والرادون.

من خلال مقارنة النتائج مع الحدود المسموح للتعرض لغاز الرادون المنشورة من قبل المنظمة الدولية للحماية من الإشعاع (ICRP) والبالغة $Bq.m^{-3}$ (200-800) (عامر، 2003)، نجد أن تركيز الرادون قد ارتفع من (6-20) مرة في الأسمدة الفوسفاتية والسماد اللبناني الورقي ولذلك فالتعامل مع هذه

الأنواع من الأسمدة تكون له مخاطر كبيرة، بينما كان تركيز الرادون لبقية الأنواع من الأسمدة ضمن الحدود المسموح بها تقريباً.

أما الجدول (3)، فيبين الفاعلية الإشعاعية للرادون (Bq) وعدد ذرات اليورانيوم ووزنه وتركيزه في العينات (ppm)، ومن الجدير بالملاحظة أن تركيز اليورانيوم قد تراوح بين أقل قيمة (0.691 ppm) لسماد الكبريت وأعلى قيمة (6.861 ppm) للمركب العراقي، بينما كان تركيز اليورانيوم للسماد المركب العراقي 27 يساوي (5.73 ppm). أما في بقية الأنواع من الأسمدة فكانت تراكيز اليورانيوم متقاربة.

الجدول 1 : يوضح أسماء العينات ووزنها وسمكها وكثافة الآثار.

ت	اسم العينة	وزن العينة $kg\times10^{-3}$	سمك العينة L/Cm	كثافة الآثار $Tr.\ Cm^{-2}$
1	سماد مركب فوسفاتي عراقي -27	19.13	4.0	7156
2	سماد مركب فوسفاتي عراقي	17.39	3.5	7790
3	سماد مركب فوسفاتي أردني	15.52	3.8	2865
4	سماد هولندي ورقي	11.51	3.3	1657
5	سماد لبناني ورقي	12.68	3.2	2415
6	سماد يوري شكري	9.26	3.0	1555
7	سماد كبريت	19.68	4.0	890

الجدول 2 : يوضح كثافة الآثار وكثافة فعالية الرادون في الحيز الهوائي وداخل العينات.

ت	اسم العينة	كثافة الآثار ρ $(Tr.Cm^{-2})$	كثافة فعالية الرادون في الحيز الهوائي $C_a\ (Bq.m^{-3})\times10^3$	كثافة فعالية الرادون داخل العينات $C_s\ (Bq.m^{-3})\times10^5$	كثافة فعالية الرادون $C_s\ (Bq.kg^{-1})$
1	مركب فوسفاتي عراقي-27	7156	3.796±0.04	0.981±0.011	71.046
2	مركب فوسفاتي عراقي	7790	4.133±0.05	1.22±0.013	85.046
3	مركب فوسفاتي أردني	2865	1.520±0.03	0.413±0.008	35.024
4	هولندي ورقي	1.657	0.879±0.02	0.275±0.007	27.308
5	لبناني ورقي	2415	1.281±0.03	0.413±0.008	36.100
6	يوريا شكري	1555	0.825±0.02	0.284±0.007	31.868
7	كبريت	890	0.472±0.01	0.122±0.004	8.588

الجدول 3 : يوضح الفاعلية الإشعاعية للرادون وعدد ذرات اليورانيوم ووزنه وتركيزه في العينات.

ت	اسم العينة	الفاعلية الإشعاعية للرادون A_{Rn} (Bq)	عدد ذرات اليورانيوم في العينات $N_u \times 10^{17}$	وزن اليورانيوم في العينات $W_u(gm) \times 10^{-6}$	تركيز اليورانيوم في العينات $C_u(ppm)$
1	مركب فوسفاتي عراقي-27	1.359	2.773	109.630	5.730±0.07
2	مركب فوسفاتي عراقي	1.478	3.018	119.316	6.861±0.08
3	مركب فوسفاتي أردني	0.543	1.110	43.883	2.827±0.05
4	هولندي ورقي	0.314	0.640	25.302	2.198±0.05
5	لبناني ورقي	0.458	0.936	37.004	2.918±0.06
6	يوريا شكري	0.295	0.602	23.899	2.570±0.06
7	كبريت	0.169	0.344	13.599	0.691±0.02

الاستنتاج

من خلال ملاحظة النتائج يمكن أن نستنتج ما يلي :

1. إن الأسمدة النباتية تساهم في زيادة التلوث الإشعاعي للبيئة من خلال زيادة النشاط الإشعاعي للتربة.
2. إن الأسمدة النباتية تحتوي على تراكيز متباينة من المواد المشعة، وأن هذه التراكيز تعتمد على المواد الداخلة في تركيب هذه الأسمدة.
3. إن الأسمدة الفوسفاتية تحتوي على تراكيز عالية من اليورانيوم مقارنة مع الأنواع الأخرى من الأسمدة، وذلك لأن اليورانيوم يوجد بشكل مصاحب للفوسفات.

المصادر العربية

محيميد، أحمد خاف، سليمان، وفاء علي، 2000. تحديد تراكيز الرادون واليورانيوم في بعض مواد البناء العراقية، مجلة التربية والعلم، العدد (43).

العبايجي، رنا هشام، 2000. تحديد تراكيز الراديوم Ra^{226} في الأسنان اللبنية والدائمية باستخدام كاشف CR-39، رسالة ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الموصل.

سعيد، سعيد حسن، 1996. الكشف عن الأشعة النووية الضعيفة في بعض مواد البناء، مجلة التربية والعلم، العدد (27).

عكلة، صباح يوسف حسن، 2004. تحديد تراكيز الرادون واليورانيوم ونظائر مشعة أخرى في أنواع مختلفة من المياه الطبيعية في محافظة نينوى، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، كلية التربية.

الجبوري، عامر حسن، 2003. تحديد تراكيز اليورانيوم المنضب في بقايا معدات عسكرية في مواقع معينة من جنوب العراق باستخدام كاشفي CR-39 و HPGe، رسالة ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الجميلي، فراس محمد علي، 1996. الكشف عن اليورانيوم المنضب في أتربة من مواقـع عمليـات أم المعارك باستخدام كاشف CR-39، أطروحة ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الموصل.

منيب عادل وفراس محمد، 1997. الكشف عن اليورانيوم المنضب في أتربة مـن مواقـع عمليـات أم المعارك باستخدام CR-39، مجلة علوم الرافدين، المجلد 8، العدد (2).

البارودي، هناء إحسان حسن عبد، 2004. تحديد الخلفية الإشعاعية في بيئة محافظة نينـوى باسـتخدام تقنيتي CR-39, HPGe، أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل، كلية العلوم.

المصادر الأجنبية

Adams, J. and Lower, W., Editors, 1964. The Natural Radiation Environment, published for William Marsh Rice University of Chicago Press.

Al-Badrani, M.M., Rasheed, M.Y. and Al-Sabha, L.A., 2001. Determination of Some Radioactive Elements in Some Popular Prescription, Raf. Jour. Sci., Vol. 12, No. 1, pp.100-103.

Al-Bataina, B.A., Ismail, A.M., Kullab, M.K., Abumurad, K.M. and Mustafa H., 1997. Radon Measurements in Different Types of Natural Waters in Jordan. Radiation Measurement Vol. 28, No. 1-6, pp.591-594.

Al-Khafaji, K.SH.J., 2000. A Study of Natural Radioactivity Contamination of Building Materials in the Middle Euphrates Region, M. Sc., Thesis, Coll. of Science, University of Baghdad.

Al-Sabha, L.A., Rasheed, M.Y., and Al-Badrani, M.M., 2000. A Study of Radioactive and Toxic Contamination in Soil from Mosul Site, Rafidain Jour. Sci., Vol. 11, No. 4, pp.136-140.

Azam, A., Naqri, A.H. and Srivastava, D.S., 1995. Radium Concentration and Radon Exhalation Measurements Using LR-115 Type II Plastic Track Detectors. Nucl. Geophysics. Vol. 9, No. 6, pp.653-657.

Barillon, R., Klein, D., Chambaudet, A. and Devillarade, C., 1993. Comparison of Effectiveness of Three Radon detectors Placed in Cylindrical Device Theory and Experimental techniques. Nucl. Track Radiation Measurements 22, 1-4,pp.281-282.

Constantinescu, B.F. and Dusoiu, Pascovici, G., 1996. Determination of Radioactivity Levels in Phosphate Containing Fitilizers, Copper and Gold Ores by Direct Gamma-Ray spectroscopy, Romanian Reports in Physics, Vol. 48, No. 1-2, pp.31-38.

Hussain, R.O., 1999. Investigation of Radioactive Contamination in Soil. Jour. of Babylon University, Vol. 4, No. 3, pp.84-88.

Nikezic, D., Bomxeras, C. and Kostic, D., 1996. Sensitivity Determination and Optimization of Cylindrical Diffusion Chamber for Radon Measurements with a CR-39 Detector. Nucl. Inst. And methods in Phys. Research A 373, pp.290-298.

Rasheed, M.Y., Al-Sabha, L.A., and Al-Badrani, M.M., 2000. Investigation of Radionuclide Contents in Some Building Materials, Raf. Jour. Sci., Vol. 11, No. 3, pp.107-110.

Somogyi, G., Hafez, A., Hunyadi, I. and Toth-Szilagyi, M., 1986. Measurement of Exhalation Diffusion Parameters of Radon in Solids by Plastic Track Detectors. Nucl. Tracks Radiat. Meas. 1-6, pp.701-704.