---- مجلة علوم الرافدين، المجلد 19، العدد 2، ص 205 - 220، 2008 ----

تحديد الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} والبوتاسيوم K^{40} في بيئة محافظة نينوى

رشيد محمود يوسف **هناء إحسان حسن** **أحمد خاف حميد**

كلية العلوم *كلية التربية*

قسم الفيزياء *قسم الفيزياء*

جامعة الموصل *جامعة الموصل*

(تاريخ الاستلام 2005/4/7 ، تاريخ القبول 2008/3/10)

الملخص

حددت الخلفية الإشعاعية في بيئة محافظة نينوى من خلال قياس النشاط الإشعاعي لكل من السيزيوم Cs^{137} والبوتاسيوم K^{40} في كل من التربة والنبات والحليب, باستخدام كاشف الجرمانيوم العالي النقاوة حجم بلورته $76\ cm^3$ وقدرته التحليلية 2.2 keV عند الخط الكامي 1332 keV المنبعث من المصدر المشع كوبلت Co^{60}.

شملت القياسات 41 موقعاً موزعاً على محافظة نينوى. وقد تراوحت النتائج للسيزيوم Cs^{137} بين حدود القيم Bq/kg (15.89 – 70.97) في التربة، وكذلك Bq/kg (1.1 – 3.73) في النبات، و Bq/kg (0.63 – 2.1) في الحليب.

أما البوتاسيوم K^{40} فقد تراوحت نتائجه بين Bq/kg (323.86 – 1025.0) في التربة، و Bq/kg (210.51 – 599.134) في النبات، و Bq/kg (200.25 – 480.1) في الحليب.

لدى مقارنة النتائج مع بحوث اجريت في مناطق أخرى من العالم, لوحظ أن القيم التي تم الحصول عليها تتفق مع العديد من الدراسات العالمية وأن وجود بعض الاختلافات قد يعزى إلى جغرافية وجيولوجية تلك المناطق.

Determination of the Specific Activity of Cs^{137} and K^{40} in Environmental Nineveh Governorate

Rasheed M. Yousuf **Hana' I. Hassan** **Ahmad Kh. Emhemed**

Department of Physics
College of Science
Mosul University

Department of Physics
College of Education
Mosul University

ABSTRACT

The background radioactivity of environmental Nineveh governorate was determined by measuring the radioactivity for each one of cesium Cs^{137} and potassium K^{40} in soil, plant and milk using highly parity germanium (HPGe) detector with crystal volume (76 cc) and energy resolution (2.2 keV) at the gamma line (1332 keV) of Co^{60} radioactive calibration source.

The measurements and sampling procedure cover (41) positions from different parts of Nineveh governorate, the results shows that Cs^{137} specific activity range is: (15.89 – 70.97) Bq/kg in soil, (1.1 – 3.73) Bq/kg in plant and (o.63 – 2.1) Bq/kg in milk.

While the K^{40} specific activity range is: (323.86 – 1025.0) Bq/kg in soil, (210.51 – 599.134) Bq/kg in plant and (200.25 – 480.1) Bq/kg in milk.

It is noted that the results in this work shows good agreement with other literatures and the activity levels are within the reasonable values denoted by authorized agency, as well as the fluctuations in results may be due to the geological and geographical differences.

المقدمـة

تكون مصادر الإشعاع في البيئة إمـا طبيعيـة، فتشـمل الأشـعة الكونيـة والنويـدات المتولـدة عن تفاعلها مع بعض مكونات الهواء، والنويدات المشعة ذات المنشأ الأرضي كالبوتاسيوم K^{40}، وسلسـلة اليورانيوم U^{238}، وسلسلة الثور يوم Th^{232}، وسلسلة الأكتينيوم Ac^{235}، أو صناعية وأهمها تلك الناشئة عن دورة الوقود النووي ومخلفات الصناعة النووية أو الاستخدامات السلمية للأشعة النووية فـي المجـالات الطبية والزراعية والصناعية والفلكية، أو عن طريق اختبارات الأسلحة النوويـة فقـد تؤلـف مصـدرا لا يستهان به من مصادر الاشعاع في البيئة (الوندوي، 1999).

كما يتعرض الإنسان، والحيوان، والنبات، للإشعاعات بطريقة مباشرة من خلال عمليـة التعـرض الخارجي للمواد المشعة المترسبة على الأرض، أو نتيجة استنشاق المواد المشعة العالقة في الجو والمنتقلة بوساطة العواصف الترابية إلى مسافات بعيدة واتجاهات مختلفة. أما الطريقة غيـر المباشـرة لاسـتلام الإشعاع فتكون عن طريق الغذاء والماء المحتوي على المواد المشعة، إذ يؤدي تسـاقط بعـض النظـائر المشعة على التربة والنباتات إلى دخولها جسم الإنسان أو الحيوان عن طريق سلسلة الغذاء، كمـا تنتقـل

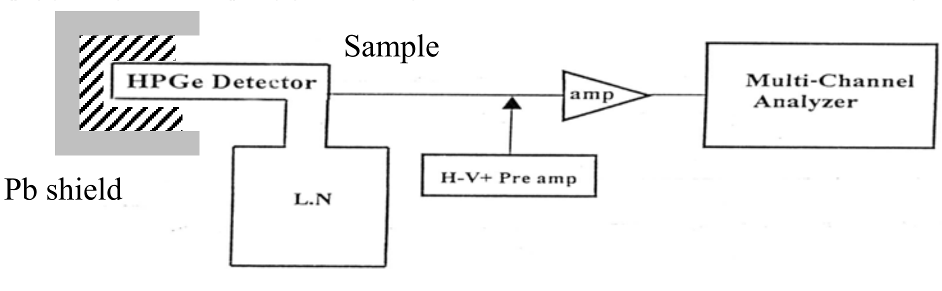
المواد المشعة من التربة إلى أنسجة النبات عن طريق الجذور أو الأمتزاز (Adsorption)عـن طريـق الأوراق من خلال العمليات الأيضية التي تجري في الورقة (الحكيم، 2001).

وجد ان البوتاسيومK^{40} الذي يعد من النظائر المشعة الطبيعية، يسهم بالقسم الأكبـر مـن الجرعـة الإشعاعية الداخلية للأشخاص. وعند وقوع تفجير نووي أو حادث نووي تتحرر مصادر مشعة تنتشر في الغلاف الجوي وترسباتها فوق سطح الأرض تدعى بـ "المتساقطات". أهم نواتج الانشطار منهـا نظيـر السترونشيوم Sr^{90}، وعمره النصفي 28.8 سنة، السيزيوم Cs^{137}، وعمره النصفي 30 سنة، إذ أنها تمتلـك أعمارا نصفية طويلة نسبياً وتشابه في تركيبها الكيميائي التركيب الطبيعي للعناصر الأساسية في الجسـم، فالسترونشيوم Sr^{90} يماثل الكالسيوم وهو العنصر الأساس في تركيب العظام، إذ ينتميان إلـى المجموعـة (1) من الجدول الدوري، فيما السيزيوم Cs^{137} يماثل البوتاسيوم واللذان ينتميان إلى المجموعـة (2) مـن الجدول الدوري، إذ يعد البوتاسيوم العنصر الأساس في التركيب الخلوي للخلايا العضلية، وعندها يكـون التلوث أكبر نسبياً (Mollah et al., 1996).

إن العناصر المتشابهة كيميائيا يمكن أن تتنافس مع بعضها عند انتقالها مـن التربـة إلـى النبـات وبالتالي للإنسان.

المواد وطرائق العمل

تتكون منظومة الكشف والقياس, كما في الشكل (1)، من كاشف نووي نوع جرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) حجم بلورته (96) سم^3، وله قابلية فصل طاقي قدرها (2.2keV) عند خط الطاقة (1332 keV) لأشعة كاما الصادرة من المصدر القياسي نظيـر الكوبلـت المشـع (^{60}Co)، ويعمـل بفولتيـة تشـغيل (+3000V) وهو يحتاج إلى تبريد أثناء العمل إلى درجة حرارية واطئة جدا مما يستوجب تبريد بلورتـه جيدا باستخدام النتروجين السائل. تحضر العينات للقياس بكتلة (0.5 kg) توضع في حاوية خاصة تـدعى (Marinelli Baker) وبعدها تثبت حول بلورة الكاشف وتحاط بدرع رصاصي سمكه (10 cm). يتصـل الكاشف مع الأجزاء المتعاقبة وهي المضخم الأبتدائي للإشارة الألكترونية ثـم المضـخم الرئيسـي ثـم الحاسوب الأكتروني الذي يشتمل على محلل متعدد القنوات لتسجيل وتحليل طيف اشعة كاما. وقد تمـت معايرة الكاشف وحساب الكفاءة المطلقة للكاشف حسب الطريقة المذكورة في المصدر(البارودي، 2004).



الشكل 1: مخطط لمنظومة القياس باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة HPGe.

جمع العينات:

بعد اختيار مناطق جمع العينات وتحديد أرقامها ورموزها كما في الجدول (1).

الجدول 1 :يمثل أرقام و رموز المواقع قيد الدراسة في محافظة نينوى.

موقع العينة	رمز العينة	تسلسل	موقع العينة	رمز العينة	تسلسل	موقع العينة	رمز العينة	تسلسل	موقع العينة	رمز العينة	تسلسل
خورسيباد	R31	31.	سد الموصل	R21	21.	السادة	R11	11.	بعويزة	R1	**1.**
بادوش	R32	32.	الرشيدية	R22	22.	الحمدانية	R12	12.	البوسيف	R2	**2.**
شريخان	R33	33.	منشأة جابر	R23	23.	برطلة	R13	13.	عوينات	R3	**3.**
تل كوجك	R34	34.	النوران	R24	24.	سنجار	R14	14.	الزوية	R4	**4.**
الصلاحية	R35	35.	الشلالات	R25	25.	ربيعة	R15	15.	يارمجة	R5	**5.**
جسر مندان	R36	36.	بعشيقة	R26	26.	القوش	R16	16.	النمرود	R6	**6.**
تلعفر	R37	37.	عين سفني	R27	27.	الرمضانية	R17	17.	الشمسيات	R7	**7.**
الكندي	R38	38.	دير متي	R28	28.	حمام العليل	R18	18.	قبر العبد	R8	**8.**
العريج	R39	39.	الشورة	R29	29.	باعذرة	R19	19.	فلفيل	R9	**9.**
السلامية	R41	40.	شيرسكة	R30	30.	البعاج	R20	20	القبة	R10	**10.**
تلكيف	R42	41.									

جمعت العينات حسب توصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA). فقد اخذت مجموعة لا تقل عن عشر عينات من التربة و لمساحة لا تقل عن $10\ m^2$ ولأربعة اركان لكل موقع، وعلى عمق يتراوح بين (0-15)cm، ثم خلطت المجموعة وجففت تماماً تحت أشعة شمس لمدة تصل إلى أربعة أو خمسة أيام، ثم ازيلت الأجسام الغريبة والشوائب، وطحنت بطريقة ميكانيكية ثم نخلت بمنخل قطر فتحاته (2mm).

اخذت عينات النباتات من مواقع عينات التربة نفسها، إذ قطعت النباتات على مستويات قريبة من سطح الأرضي 20mm تقريباً وهو ارتفاع الحشائش المستهلكة عادة من قبل الماشية (مكوار، 2002) وبعد تجفيفها التام، ازيلت الاجسام الغريبة العالقة بها وطحنت ميكانيكياً ونعمت ونخلت. كذلك أخذت عينات الحليب من جميع المناطق التي اخذت منها عينات التربة والنبات.

اجراء القياسات:

توضع كل عينة كتلتها (0.5 kg) في كيس بلاستيكي مع تاشير موقع، ونوع العينة، ثم توضع في وعاء مرنيللي، وهو وعاء من البلاستيك يحتوي على اسطوانه في مركزه توضع على بلـورة الكاشـف فتحيطها العينة مما يتيح كفاءة عالية عند القياس (Eiscmbut, 1977)، ويتم قيـاس النشـاط الإشـعاعي للعينات لمدة (10000 sec) في قياس السيزيوم ولمدة (18000 sec) في قياس البوتاسـيوم، ثـم تحسـب المساحة تحت الذروة في طيف أشعة كاما وبالتالي تحسب الفعالية النوعية بعد طرح الخلفية الإشعاعية.

$$A_s = \frac{N}{I \times \varepsilon \times W} \quad \text{------------------------ (1)}$$

إذ أن :

N = صافي المساحة تحت الذروة الضوئية لطاقة كاما المعتمدة للقياس في الطيف.

I = شدة اشعة كاما المعنية.

ε = كفاءة الكاشف للقياس عند طاقة اشعة كاما المعنية.

W = كتلة العينة.

t = زمن تجميع الطيف

و الجدول (2) يوضح البيانات عن شدة اشعة كاما (I_γ) والكفاءة المطلقة للكاشف (ε_γ) عنـد كـل طاقة كاما مستخدمة في الحسابات.

الجدول 2: البيانات النووية المستخدمة في الحسابات.

النظير	$T_{1/2}$ (y)	E_γ (keV)	I_γ (%)	ε_γ (%)
^{137}Cs	30	661.6	84.6	0.9
^{40}K	$1.3x\ 10^9$	1460	17.9	0.23

النتائج والمناقشة

الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في (التربة والنبات والحليب):

الفعالية النوعية للسيزيوم في التربة:

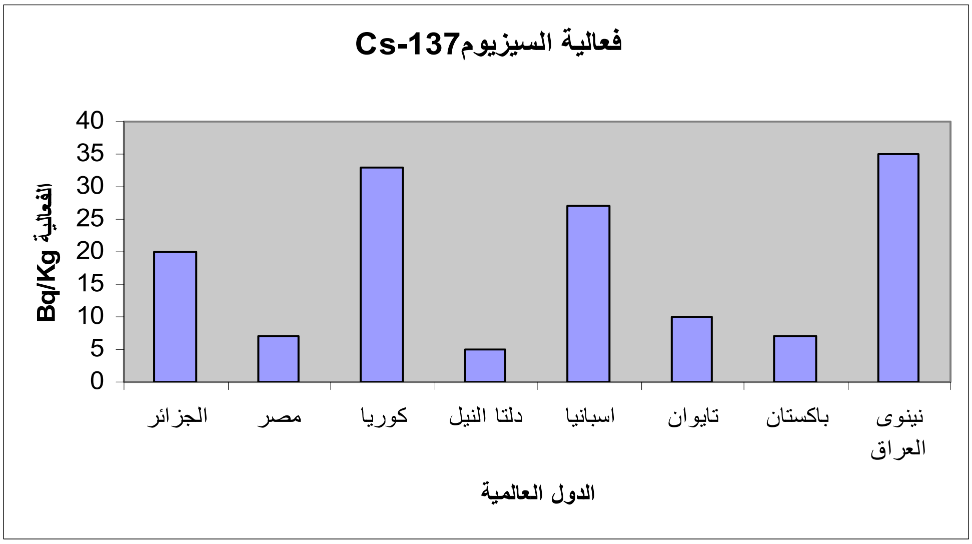
أخذت عينات من التربة من الطبقات السطحية والتي تراوحت (0-15) cm كما أشار له عـدد مـن الباحثين، إذ أن حجز السيزيوم Cs^{137} في الطبقات العليا من التربة هو أعلى في التـرب ذات المحتـوى الطيني العالي(Vanden, 2001 ; La Brceque et al., 2001). والجدول (3) يوضح نتائج الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في التربة.

الجدول 3: الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في التربة لمواقع منتخبة في محافظة نينوى.

ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$	ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$
1.	R1	1580	39.75	41.50	1.04	22.	R22	1215	34.86	31.91	0.91
2.	R2	780	27.93	20.49	0.73	23.	R23	920	30.33	24.17	0.79
3.	R3	1212	34.81	31.84	0.91	24.	R24	1550	39.37	40.71	1.03
4.	R4	1340	36.61	35.19	0.96	25.	R25	1070	32.71	28.11	0.86
5.	R5	1114	33.37	29.26	0.88	26.	R26	1540	39.24	40.45	1.03
6.	R6	995	31.54	26.14	0.83	27.	R27	1920	43.82	50.43	1.15
7.	R7	1105	33.24	29.03	0.87	28.	R28	1800	42.42	47.28	1.11
8.	R8	605	24.59	15.89	0.65	29.	R29	1150	33.91	30.21	0.89
9.	R9	1003	31.67	26.34	0.83	30.	R30	1510	38.86	39.66	1.02
10.	R10	1090	33.01	28.63	0.87	31.	R31	1712	41.38	44.97	1.09
11.	R11	2140	46.29	56.21	1.20	32.	R32	1400	37.42	36.77	0.98
12.	R12	2540	50.39	66.72	1.30	33.	R33	925	30.41	24.29	0.80
13.	R13	2702	51.99	70.97	1.36	34.	R34	1500	38.73	39.40	1.02
14.	R14	1700	41.23	44.65	1.08	35.	R35	665	25.79	17.47	0.68
15.	R15	1550	39.37	40.71	1.03	36.	R36	987	31.42	25.40	0.82
16.	R16	1319	36.32	34.65	0.95	37.	R37	1570	39.62	41.24	1.04
17.	R17	1005	31.7	26.39	0.83	38.	R38	975	31.22	25.61	0.82
18.	R18	780	27.93	20.49	0.73	39.	R39	1350	36.74	35.47	0.96
19.	R19	1300	36.05	34.15	0.94	40.	R40	850	29.15	22.33	0.76
20	R20	1950	44.16	51.22	1.16	41.	R41	2100	45.22	55.16	1.20
21.	R21	680	26.08	17.86	0.68						

توضح قيم الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في التربة ان اعلى قيمة 70.97Bq/kg سجلت في الموقع R13 (برطلة)، واقل قيمة 15.89 Bq/kg في الموقع R8 (قرية قبر العبد). بينما كان معدل القيم لجميع المواقع 35.35 Bq/kg. والتي تعادل 3.5 مرة اكبر من الخلفية الإشعاعية الطبيعية والمقدرة 10 Bq/kg قبل عام 1986 (Al-mozouri, 2000). ان المواقع (R1, R11, R12, R13, R14, R15, R20, R24, R26, R27, R28, R31, R32, R34, R37, R41,) تبدو فيها زيادة ملحوظة للفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137}. ومن الملاحظ ان اكثر هذه المواقع تقع ضمن

المناطق المرتفعة نسبيا عن مستوى سطح البحر والغنية بتساقط الامطـار وكـذلك الحقـول الزراعيـة، وتقع معظمها في الجـزء الشـمالي الشـرقي مـن المحافظـة، امـا الاجـزاء الوسـطى والجنوبيـة، فان الفعالية فيها تبدو اقل نسبيا، إذ ان هذه المناطق اقل ارتفاعـا ونسـبة تسـاقط المطـر فيهـا اقـل، كمـا فـي المنـاطق (R2, R5, R6, R8, R17, R18, R21, R23, R25, R35, R36, R38, R40)، والشكل (2) يمثل مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع ما جاء بـه البـاحثون ويتضـح ان معـدل الفعاليـة النوعية للدراسة الحالية قريبة من نتائج الدراسات السابقة، (Mollah et al., 1996; Nurul et al., 1990; Rosen, 1991; Hamid et al., 2002; Forsberg et al., 2000; Nasim, 2003).



الشكل 2: مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة للفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137}.

الفعالية النوعية للسيزيوم في النبات:

اخذت النباتات من مواقع التربة نفسها، وبعد جمعها وتهيئتها للقياس ، تم دراسة الطيف وتعيـين موقع ذروة السيزيوم Cs^{137}، وحساب المساحة تحت الذروة لحساب الفعالية النوعيـة للسـيزيوم Cs^{137}. الجدول (4) يوضح النتائج التي سجلت لقيم الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في النبات.

توضح قيم الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في النبات ان قيم الفعالية تراوحت بين اعلى قيمة فـي الموقع R40 (السلامية) 3.73Bq/kg واقل قيمة 1.1Bq/kg في الموقع R8 (قرية قبر العبد)، وان معدل القيم لجميع العينات $Bq.kg^{-1}$ 2.16. ونلاحظ من خلال هذه النتائج أن الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في النبات هي اقل من فعاليته في التربة بنسبة 16 مرة تقريباً.

الجدول 4: الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في النبات لمواقع منتخبة في محافظة نينوى.

ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A$	ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$
1.	R1	96	9.79	2.52	0.26	22.	R22	68	8.24	1.79	0.21
2.	R2	57	7.55	1.49	0.19	23.	R23	45	6.70	1.18	0.17
3.	R3	86	9.27	2.26	0.24	24.	R24	88	9.38	2.31	0.25
4.	R4	76	8.72	1.99	0.22	25.	R25	79	8.89	2.07	0.23
5.	R5	59	7.68	1.55	0.20	26.	R26	112	11.2	2.94	0.27
6.	R6	81	9.00	2.13	0.24	27.	R27	125	10.6	3.28	0.29
7.	R7	72	8.48	1.89	0.22	28.	R28	75	8.66	1.97	0.22
8.	R8	42	6.48	1.10	0.17	29.	R29	66	8.12	1.73	0.21
9.	R9	69	8.30	1.80	0.21	30.	R30	78	8.83	2.05	0.23
10.	R10	80	8.94	2.10	0.23	31.	R31	87	9.33	2.28	0.24
11.	R11	99	9.95	2.60	0.26	32.	R32	64	8.00	1.68	0.20
12.	R12	109	10.4	2.86	0.27	33.	R33	81	9.00	2.12	0.23
13.	R13	106	10.3	2.78	0.26	34.	R34	42	6.48	1.10	0.17
14.	R14	110	10.5	2.89	0.27	35.	R35	88	9.38	2.31	0.24
15.	R15	130	11.4	3.41	0.29	36.	R36	117	10.8	3.07	0.28
16.	R16	60	7.74	1.58	0.20	37.	R37	105	10.3	2.75	0.26
17.	R17	80	8.94	2.10	0.23	38.	R38	52	7.21	1.36	0.18
18.	R18	78	8.83	2.05	0.23	39.	R39	47	6.85	1.23	0.18
19.	R19	58	7.61	1.52	0.19	40.	R40	142	11.9	3.73	0.30
20	R20	84	9.16	2.21	0.24	41.	R41	135	11.6	3.55	0.31
21.	R21	77	8.77	2.02	0.23						

الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في الحليب:

إن انتقال العناصر المشعة إلى منتجات الألبان يعتمد على التلوث السطحي للنباتات والمسطحات المائية ومعدل التركيز في النباتات والحشائش التي يتغذى عليها الحيوان، وقد يكون تلوث الألبان في بعض الحالات النادرة التي يثبت مرجعها للتلوث الخارجي في عملية حلب الحيوان، أو عمليات نقل الحليب (عبد الرسول، 1994). الجدول (5) يوضح نتائج الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في الحليب.

توضح قيم الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في الحليب انه اقل من نسبته في التربـة أو النبـات إذ تراوحت قيمته بين اعلى قيمة في الموقع R12 (الحمدانية) وكذلك في الموقع R40 (السـلامية) إذ بلغـت 2.1 Bq/kg واقل قيمه في الموقع R2 (البوسـيف) 0.63 Bq/kg، وان معـدل القـيم لجميـع العينـات 1.22 Bq/kg، ونلاحظ من خلال هذه النتائج ان فعالية السيزيوم Cs^{137} في الحليب هي اقـل منهـا فـي النبات بنسبة 2 تقريبا، ومن الملاحظ ان قيم الفعالية النوعية قليلة ومتقاربة لجميع العينات وكذلك مقاربـة للقيم المقاسة من قبل كل من الباحثين: (عبـد الرسـول، 1994) 0.49 Bq/kg فـي مصـر، وكـذلك (شنبر، 1999) في ليبيا 0.14 Bq/kg .

من الجدير بالملاحظة ان المواقع ذات الفعاليـة العاليـة للسـيزيوم Cs^{137} تكـون فـي التربـة، وهنالـك فعاليـة مرتفعـة نسـبيا فـي النبـات والحليـب، كمـا فـي المواقـع (R1, R11, R12, R13, R14, R15, R20, R27, R41)، وبالمقابل فان الفعالية النوعية المنخفضة تكون فـي مواقـع أخـرى مـن التربـة يقابلهـا فعاليـة منخفضـة فـي النبـات، كمـا فـي المواقـع (R1, R2, R7, R9, R23, R28, R38) ولوحظ ان هناك مواقع ذات فعالية منخفضة نسبيا من التربة كما في المواقع (R16, R18, R21, R35, R36, R40)، بينما لوحظ وجود ارتفاع نسبي في قيم الفعالية فـي النبات، وقد يعزى ذلك إلى التلوث المباشر للنبات إذ تعمل بعض أجزاء النبات على شكل مصيدة للـدقائق الساقطة عليها، مثل سنابل الحنطة والشعير، مما يزيد التلوث الحاصل فضلا عن الامتصاص الجـذري، وقد تدخل العناصر المشعة إلى أنسجة أوراق النباتات بعد اصطدامها بها مع قطرات المطر المتساقط على الورقة وان امتصاص هذه المواد يعتمد على استمرارية دخول الماء من سطح الورق إلـى بروتـوبلازم النبتة، كما يعتمد على مساحة الأوراق وعمرها ونوعها (شرباش وعثمان، 1996).

الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في (التربة والنبات والحليب):

يعد البوتاسيوم من أهـم العناصـر المعدنيـة الأساسـية فـي القشـرة الأرضـية، وللبوتاسـيوم الطبيعـي نظـائر ثـلاث (K^{39}, K^{40}, K^{41})، والبوتاسـيوم K^{40} ذو العمـر المنصـف (1.3×10^{9} y) يبعث أشـعة كامـا وجسـيمات بيتـا، ووفرتـه فـي الطبيعـة مـن البوتاسـيوم الكلـي 0.01178% (Rosen, 1991; Hamad, 1999; Phil Ruther ford, 2002). وبما ان البوتاسيوم K^{40} الأكثر فعالية في القشرة الأرضية ولا ينتمي للسلسلتين الاشعاعيتين U^{238} وTh^{232}، فان دراسته تعد من أساسيات الخلفيـة الإشعاعية الطبيعية، فضلا عن كونه عنصر أساس في دراستنا الحالية لتشابهه كيميائيا بعنصر السـيزيوم Cs^{137} ولتنافسه معه في الانتقال ضمن الدورة الإحيائية وصولا إلى الإنسان.

الجدول 5: الفعالية النوعية للسيزيوم Cs^{137} في الحليب لمواقع منتخبة في محافظة نينوى.

ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$	ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$
1.	R1	30	5.48	0.79	0.14	22.	R22	35	5.92	0.92	0.16
2.	R2	24	4.89	0.63	0.13	23.	R23	29	5.38	0.76	0.14
3.	R3	45	6.71	1.18	0.17	24.	R24	54	7.35	1.42	0.19
4.	R4	39	6.24	1.02	0.16	25.	R25	39	6.24	1.02	0.16
5.	R5	33	5.74	0.87	0.15	26.	R26	73	8.54	1.92	0.22
6.	R6	52	7.21	1.36	0.19	27.	R27	65	8.06	1.71	0.21
7.	R7	42	6.48	1.10	0.17	28.	R28	42	6.48	1.10	0.17
8.	R8	35	5.92	0.92	0.15	29.	R29	28	5.29	0.73	0.13
9.	R9	38	6.16	1.00	0.16	30.	R30	32	5.66	0.84	0.14
10.	R10	44	6.63	1.15	0.17	31.	R31	45	6.71	1.18	0.17
11.	R11	65	8.06	1.71	0.21	32.	R32	39	6.24	1.02	0.16
12.	R12	80	8.94	2.10	0.23	33.	R33	40	6.32	1.05	0.16
13.	R13	61	7.81	1.59	0.20	34.	R34	29	5.38	0.76	0.14
14.	R14	72	8.48	1.89	0.22	35.	R35	50	7.07	1.31	0.18
15.	R15	69	8.31	1.81	0.21	36.	R36	67	8.18	1.76	0.21
16.	R16	32	5.65	0.84	0.15	37.	R37	62	7.87	1.63	0.20
17.	R17	50	7.07	1.31	0.18	38.	R38	30	5.48	0.79	0.14
18.	R18	42	6.48	1.10	0.17	39.	R39	28	5.29	0.73	0.13
19.	R19	34	5.83	0.89	0.15	40.	R40	80	8.94	2.10	0.23
20	R20	49	7.00	1.29	0.18	41.	R41	79	8.89	2.07	0.23
21.	R21	52	7.21	1.37	0.18						

الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في التربة:

بعد جمع العينات وتهيئتها، تتم دراسة الطيف الكامي للعينات وتحديد موقع الذروة الخاصة بالبوتاسيوم K^{40} من خلال معايرة الطاقة في المحلل متعدد القنوات، إذ تقابل الذروة طاقة مقدارها 1460 keV، ومن الملاحظ أن ذروة البوتاسيوم واضحة جدا وذات تمييز عالي، إذ تم حساب المساحة

تحت الذروة، ثم حساب الفعالية النوعية بعد معرفة الشدة النسبية للبوتاسيوم (I_γ=0.179 %) وكفاءة العداد (ε = 0.23 %)، والجدول (6) يوضح الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في التربة.

الجدول 6: الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في التربة لمواقع منتخبة في محافظة نينوى.

ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$	ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$
1.	R1	2325	48.2	627.5	13.0	22.	R22	2330	48.3	628.8	13.0
2.	R2	2890	53.8	779.9	14.5	23.	R23	1370	37.0	369.7	9.99
3.	R3	2443	49.4	659.3	13.4	24.	R24	2760	52.5	744.8	14.2
4.	R4	2224	47.2	600.2	12.7	25.	R25	1980	44.5	534.3	12.0
5.	R5	2828	53.2	763.2	14.3	26.	R26	2940	54.2	793.4	14.6
6.	R6	1419	37.7	383.0	10.2	27.	R27	3370	58.0	909.5	15.7
7.	R7	2998	54.8	809.1	14.8	28.	R28	3540	59.5	955.3	16.1
8.	R8	2204	46.9	594.8	12.7	29.	R29	1741	41.7	469.8	11.3
9.	R9	2054	45.3	554.3	12.2	30.	R30	2750	52.4	742.1	14.2
10.	R10	1359	36.9	366.7	9.95	31.	R31	3170	56.3	855.5	15.2
11.	R11	3330	57.7	898.7	15.6	32.	R32	1540	39.2	415.6	10.6
12.	R12	3600	60.0	971.5	16.2	33.	R33	2125	46.1	573.5	12.4
13.	R13	2313	48.1	624.2	13.0	34.	R34	3250	57.0	877.1	15.4
14.	R14	3800	61.6	1025.5	16.6	35.	R35	1465	38.3	395.3	10.3
15.	R15	3500	59.2	944.5	16.0	36.	R36	1987	44.6	536.2	12.0
16.	R16	2229	47.2	601.6	12.7	37.	R37	3760	61.3	1014.7	16.5
17.	R17	1880	43.4	507.3	11.7	38.	R38	1750	41.8	472.2	11.3
18.	R18	1440	37.9	388.6	10.2	39.	R39	2556	50.6	689.8	13.6
19.	R19	2800	52.9	755.6	14.3	40.	R40	1405	37.5	379.1	10.2
20	R20	3300	57.4	890.6	15.5	41.	R41	3740	61.2	1009.3	16.5
21.	R21	1200	34.6	323.8	9.35						

توضح الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} وجود مناطق ذات فعالية مرتفعة نسبيا كما في المواقع (R2, R5, R7, R11, R12, R14, R15, R19, R20, R24, R26, R27, R28, R31, R34, R37, R41).

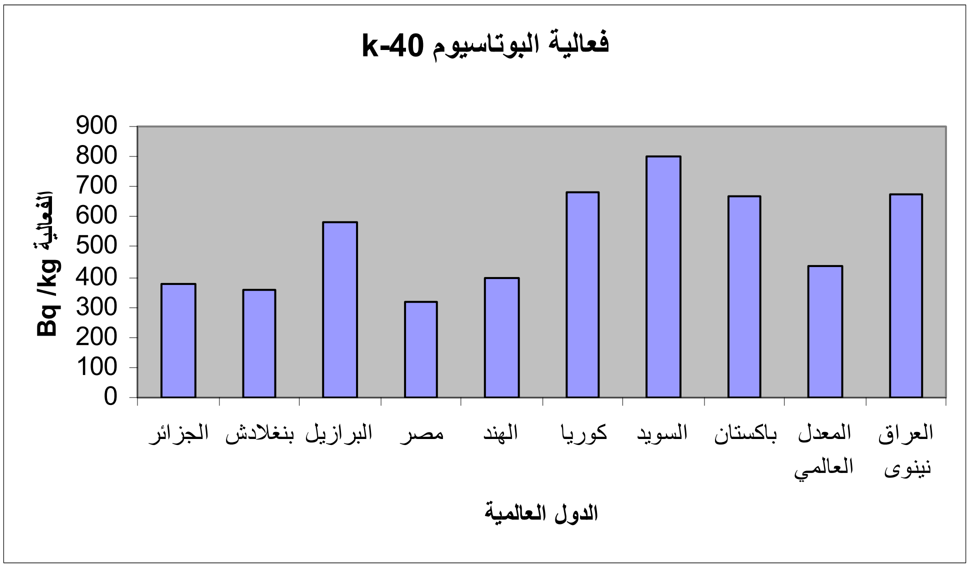
وسجلت أعلى قيمة 1025Bq/kg في الموقع R14 (قضاء سنجار) وتعتبر من المناطق الطينيـة والغنيـة بعنصر البوتاسيوم (Aljubouri and Aldabbagh, 1980).

أما المواقع (R6, R18, R21, R23, R29, R35, R40) فقد سجلت قيم اقل نسبيا من الأولى واقـل قيمة 323.86 Bq/kg في الموقع R21 (سد الموصل)، وتعد من المناطق الصالحة لزراعـة المحاصـيل الحقلية، ويعزى هذا الاختلاف إلى جيولوجية وجغرافية المنطقة.

وان معدل القيم لجميع المواقع هو 672.5 Bq/kg وبالإمكان اعتمادها كخلفية إشـعاعية طبيعيـة بمحافظة نينوى. من الجدير بالذكر ان الخلفية الإشعاعية الطبيعية للبوتاسيوم K^{40} سجلت فـي محافظـة البصرة 475 Bq/kg (حبوبي، 1986).

وهناك العديد من الدراسات العالمية عن الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} واعتمادها كخلفية إشعاعية طبيعية لتلك الدول، والشكل (3) يمثل مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها في الدراسة الحالية مع القـيم المنشورة للدراسات العالمية ومن الواضح ان اختلاف مستويات الخلفيـة الإشـعاعية يعـزى لجغرافيـة وجيولوجية تلك المناطق.

(Michel et al., 1981; Mollah et al., 1996; Nurul et al., 1990; Rosen, 1991; Forsberg, 2000; Hamid et al., 2002; Nasim, 2003)



الشكل 3: مقارنة الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة للفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} .

إن الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في التربة، تتراوح بين (20%-60%) من الفعالية النوعية الكليـة في التربة وقد تختلف باختلاف نوع التربة ومنشـأ الصـخور المتكونـة فيهـا، وقـد أشـار الباحـث (Phil Rutherford, 2002) إلى ان تركيز البوتاسيوم K^{40} يتـراوح فـي التربـة بـين ppm (0.3-4)، (عبد الفتاح، 1994).

الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في النبات:

كما ذكرنا سابقا أن النباتات التي أخذت من المواقع نفسها المأخوذة منها التربة، تم دراسة طيفها الكامي بنفس الطريقة لدراسة السيزيوم Cs^{137}، و تحديد الذروة الخاصة بالبوتاسيوم K^{40}، والجدول (7) يوضح الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في النبات.

الجدول 7: الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في النبات لمواقع منتخبة في محافظة نينوى.

ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$	ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$
1.	R1	1141	33.8	307.9	9.12	22.	R22	1250	35.4	337.3	9.54
2.	R2	1945	44.1	524.9	11.9	23.	R23	875	29.6	236.1	7.98
3.	R3	1587	39.8	428.3	10.7	24.	R24	1760	41.9	474.9	11.3
4.	R4	2098	45.8	566.2	12.4	25.	R25	1112	33.3	300.1	8.99
5.	R5	1765	42.0	476.3	11.3	26.	R26	1776	42.2	479.3	11.4
6.	R6	1046	32.3	282.2	8.7	27.	R27	1950	44.2	526.2	11.9
7.	R7	1444	38.0	389.7	10.3	28.	R28	2116	46.0	571.0	12.4
8.	R8	1246	35.3	336.2	9.53	29.	R29	1260	35.5	340.0	9.58
9.	R9	1501	38.7	405.1	10.5	30.	R30	1550	39.4	418.3	10.6
10.	R10	945	30.7	255.1	8.29	31.	R31	1625	40.3	438.5	10.9
11.	R11	1777	42.2	479.5	11.4	32.	R32	1012	31.8	273.1	8.58
12.	R12	2011	44.8	542.7	12.1	33.	R33	1040	37.3	280.6	8.70
13.	R13	1212	34.8	327.0	9.39	34.	R34	1780	42.2	480.3	11.4
14.	R14	2220	47.1	599.1	12.7	35.	R35	1026	32.0	276.9	8.64
15.	R15	1900	43.6	512.7	11.8	36.	R36	1022	31.9	275.8	8.63
16.	R16	1300	36.1	350.8	9.73	37.	R37	1992	44.6	537.6	12.0
17.	R17	1390	37.3	375.1	10.1	38.	R38	978	31.3	263.9	8.44
18.	R18	850	29.2	229.3	7.87	39.	R39	1556	39.5	419.9	10.6
19.	R19	1232	35.1	332.4	9.47	40.	R40	975	31.2	263.1	8.43
20	R20	1540	39.2	415.6	10.6	41.	R41	2212	47.0	596.9	12.7
21.	R21	780	27.9	210.5	7.54						

يلاحظ من النتائج أن الفعالية النوعية تراوحت بين أعلى قيمة 599.134 Bq/kg في الموقع R14 (قضاء سنجار)، واقل قيمة 210.51Bq/kg في الموقع (R21) (سد الموصل) وان متوسط القيم لجميع العينات 400.3 Bq/kg.

بعد اخذ عينات الحليب من المواقع نفسها المأخوذ منها نماذج التربة والنبات، تم فحصـها وتثبيـت فعالية البوتاسيوم K^{40} فيها بالطريقة نفسها لكل من التربة والنبات. والجدول رقـم (8) يوضـح فعاليـة البوتاسيوم K^{40} في الحليب.

الجدول 8: الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في الحليب لمواقع منتخبة في محافظة نينوى.

ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$	ت	رمز العينة	N	$\pm\sqrt{N}$	A_s (Bq/kg)	$\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right)A_s$
1.	R1	921	30.3	248.5	8.19	22.	R22	1131	33.6	305.2	9.08
2.	R2	1528	39.1	412.3	10.5	23.	R23	797	28.2	215.0	7.62
3.	R3	1303	36.1	351.6	9.74	24.	R24	1483	38.5	400.2	10.4
4.	R4	1488	38.6	401.5	10.4	25.	R25	927	30.4	250.1	8.22
5.	R5	1724	41.5	465.2	11.2	26.	R26	1527	39.1	412.1	10.5
6.	R6	926	30.4	249.9	8.21	27.	R27	1668	40.8	450.1	11.1
7.	R7	1313	36.2	354.3	9.78	28.	R28	1761	41.9	475.2	11.3
8.	R8	1141	33.8	307.9	9.12	29.	R29	1134	33.7	306.0	9.09
9.	R9	1128	33.6	304.4	9.06	30.	R30	1412	37.6	381.0	10.1
10.	R10	1480	38.5	399.4	10.4	31.	R31	1389	37.3	374.8	10.1
11.	R11	1622	40.3	437.7	10.9	32.	R32	755	27.5	203.7	7.42
12.	R12	1747	41.8	471.4	11.3	33.	R33	788	28.1	212.6	7.58
13.	R13	1128	33.6	304.4	9.06	34.	R34	1510	38.9	407.5	10.5
14.	R14	1556	39.4	419.9	10.6	35.	R35	1157	34.0	312.2	9.18
15.	R15	1157	34.0	312.2	9.18	36.	R36	775	27.8	209.1	7.51
16.	R16	1038	32.2	280.1	8.69	37.	R37	1779	42.2	480.1	11.4
17.	R17	964	31.0	260.1	8.38	38.	R38	1333	36.5	359.7	9.86
18.	R18	749	27.4	202.1	7.39	39.	R39	1483	38.5	400.2	10.4
19.	R19	1019	31.9	275.0	8.61	40.	R40	1038	32.2	280.1	8.69
20	R20	1410	37.6	380.5	10.1	41.	R41	1668	40.8	450.1	11.0
21.	R21	742	27.2	200.2	7.35						

توضح فعالية البوتاسيوم K^{40} في الحليب انها تراوحت بين اعلى قيمة 480.1 Bq/kg فـي الموقـع R37 (قضاء تلعفر)، وأقل قيمة 200.25 Bq/kg في الموقع R21 (سد الموصل)، وان متوسط القيم لجميع

العينات 337.25 Bq/kg. ومن الواضح ان الانتقال مـن النبـات إلـى الحليـب يبـدو واضـحا جـدا، إذ يمثـل عنصـر البوتاسـيوم K احـد العناصـر المعدنيـة الأساسـية فـي تركيـب الحليـب (الزهيري، 1994؛ شرباش وعثمان، 1996).

من الملاحظ ان فعالية البوتاسيوم K^{40} في الحليب تبدو مقاربة للقيمة المحسوبة من قبـل البـاحثين (شنبر، 1999) في ليبيا 320 Bq.kg-1 و (القاضي، 1994) 260 Bq.kg-1، ومن الجدير بالملاحظة ان المواقع الغنية بالبوتاسيوم K^{40} في التربة يقابلها على الاغلب نباتات غنية أيضا بالبوتاسيوم K^{40} كما فـي المواقع (R2, R5, R12, R14, R15, R27, R28, R37, R41) ويعتمد انتقال البوتاسيوم K^{40} من التربـة إلى النبات على عوامل كثيرة خاصة بطبيعة النبات وبحالة الإنبات والظروف المناخية مـن كميـة ميـاه وحرارة ورياح، والأهم هو محتوى التربة من العناصر المعدنية الأساسية ومقدار ما يحتاجه النبات منها. ومن الملاحظ أن الفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40} في النبات هي اقل منها في التربة بنسبة 40% تقريبا، اما في الحليب فهي أقل بنسبة 50% مما في التربة.

المصادر العربية

البارودي، هناء إحسان حسن، 2004. تحديد الخلفية الإشعاعية فـي بيئـة محافظـة نينـوى باسـتخدام تقنيتي HPGe و CR-39. أطروحة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الحكيم، مؤيد محمد رشدي، 2001. انتقال النويدات المشعة من التربة إلى النبات. نشرة الذرة والتنميـة، مجلد 12، عدد 1.

الزهيـري، عبـد ا محمـد ذنـون، 1994. تغذيـة إنسـان. دار الحكمـة للطباعـة والنشر، قسم الصناعات الغذائية، جامعة الموصل.

القاضي، احمد احمد، 1994. مراقبة وقياس العناصر المشعة في التربة. برامج الرقابة البيئية، مصر.

القاضي، احمد احمد، 1994. قياس ومراقبة العناصر المشعة في الماء و الهواء، المركز القومي للامـان النووي و الرقابة الإشعاعية. هيئة الطاقة الذرية، مصر.

الونداوي، حسين، 1999. العوامل المؤثرة على التلوث الاشعاعي للاغذية والماء. نشرة الذرة والتنميـة، مجلد 13، عدد1.

حبوبي، نادر فاضل، 1986. التقنيين الاشعاعي البيئي باستخدام طريقة التالق الحراري. رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة البصرة.

خضر، سالم احمد، 2003. العناصر المعدنية المتحررة من الترب باستخدام حامض الاوكسـاليك. مجلـة علوم الرافدين، مقبول للنشر.

شرباش، محمود توفيق وابراهيم عثمان، 1996. تكنولوجيا الاشعاع في الاغذيـة الزراعيـة. المنظمـة العربية للتنمية الزراعية والهيئة العربية للطاقة الذرية، مصر.

شنبر، محمد احمد، 1999. تركيز نظير البوتاسيوم –40 في حليب الابقار في شمال غرب ليبيا. مجلـة مقالات بيئية، العدد التاسع.

عبد الرسول احمد، 1994. سبل تسرب المواد المشعة للانسان والبيئة المحيطة. مركز المعامل الحارة – هيئة الطاق الذرية – مصر.

عبد الفتاح، احمد طاهر، 1994. الاشعاع الطبيعي وتأثيره على البيئة. اعداد برامج الرقابة البيئية، الهيئة العربية للطاقة الذرية التونسية بالاشتراك مع هيئة الطاقة الذرية المصرية.

مكوار، احمد جدعان، مقدام محمد صالح، 2002. تأثير استخدام الاسلحة الإشعاعية على الانسان وبيئتة الحية في مناطق منتخبة في جنوب العراق. المؤتمر العلمي عـن اسـتخدام اسـلحة اليورانيـوم المنضب على الانسان والبيئة في العراق.

المصادر الاجنبية

Aljubori Zeki, A., and Aldabbagh Salim, M., 1980. Sinjarite, a new mineral form Iraq, Mineralogical magazine, V(43) pp.643-645.

AL-Mozouri, N.S., 2000. Enviromental Radiological Pollution and its Sources in Ninevah Governorate. Thesis, College of Engineering, University of Baghdad.

Eiscmbud, M., 1977. Environmental Radioactivity, 3rd ed. Academic Press Inc, New York .

Forsberg, S., 2000. Behavior of Cs^{137} and Sr^{90} in agricultural soils, Ph.D. Thesis, Swedish University of Agriculture Sciences Algeria, pp. 212-233.

Hamid, B.N., Chowdhry, I., Islam, M.N., 2000. Study of the nature radionuclides concentration in area of elevated radiation protection and dosimetry, (2), pp. 227-230.

La Brecque, J., Rosales, PA. and Cordoves, PR., 2001. Anomalously high values of Cs-137 in soil on the peninsula de paraguana, (Venezuela) J. Radioanal. nucl. chem. Vol. 247, No. 3, pp. 563-566.

Michel, JM., Moore, WS. and King, PT., 1981. Gamma-ray sectroscopy for the determination of radium-228 and radium-226 in natural waters, Analytical chemistry, 53, 1985, 198p.

Mollah, A.S., Husain, S.R. and Rahman, M., 1996. Environmental gamma radiation from deposited fallout, Indian Journal of pure and applied physics Vol. 24, No. 4, pp. 211-212.

Nasim, A.O., 2003. Radiometric and chemical analysis of saline soil samples of Pacca Anna, Faisalabad, Pakistan, J. of research science, Vol. 14, pp 49-59.

Nurul Alam, M., Chowdhry, M.I., Kamal, M., Rab Molla, M.A. and Mannana, M.A., 1990. Radioactivity monitoring of food and environment, Radioactivity Testing Laboratory Chattagong Bangladesh, Atomic Energy Commission RTL 1, Oct. 1987-Dec 1990.

Phil Rutherford, 2002. Potassium–40 and salt substitute facts and figures, www.philrutherford.com.

Rosen, K., 1991. Effects of potassium fertilization on Cs-137 transfer to grass, barley and vegetables after Chernobyl, In L. Moperg (Ed). The Chernobyl fallout in Sweden, Swedish radiation protection institute, Stockholm, pp. 305-322.

Vanden Bygaart, A.J. and Prortz, R., 2001. Bomb fallout Cs-137 as a marker of geomorphic stability in dune sands and soil, Earth surf. process. Landf. Vol. 26, No. 6, pp.689-700.