------مجلة علوم الرافدين، المجلد 27، العدد 2، ص 135-150، 2018------

معامل انتقال العناصر المشعة ^{226}Ra ، ^{40}K ، ^{232}Th من التربة إلى بعض الخضراوات المحلية في مناطق مختلفة من محافظة نينوى

علي خطاب حسين
قسم الفيزياء/ كلية التربية/ جامعة الموصل
E-mail: ali_khatab59@yahoo.com

(أستلم 2014/1/5 ؛ قُبل 2014/2/ 24)

الملخص

في هذه الدراسة حسبت تراكيز الفعالية للعناصر المشعة الطبيعية ^{40}K و^{226}Ra و^{232}Th ومعاملات انتقالها في ست وثلاثين عينة من التربة والخضراوات في أربع مواقع زراعية هي ربيعة والرشيدية وحمام العليل والسلامية. معدل تراكيز الفعالية للبوتاسيوم ^{40}K والراديوم ^{226}Ra والثوريوم ^{232}Th في التربة كانت 624.66±75.4 Bq/kg، 20.64±3.63 Bq/kg، 6.73±1.84 Bq/kg على التوالي في المواقع الأربع. وان معدل قيم تراكيز الفعالية في الخضروات الجافة كانت 14.07±36.3 Bq/kg و 9±1.63 Bq/kg و 1.68±0.92 Bq/kg وفي الخضروات الرطبة كانت 31.2±7.9 Bq/kg و 0.74±0.23 Bq/kg و 0.175±0.07 Bq/kg على التوالي. معدل معاملات الانتقال للبوتاسيوم ^{40}K والراديوم ^{226}Ra والثوريوم ^{232}Th من التربة الى الخضروات الجافة كانت 0.507±0.04، 0.386±0.06، 0.216±0.03 في حين كان معدل قيم معاملات الانتقال إلى الخضروات الرطبة هو0.05±0.014، 0.037±0.013، 0.022±0.007 على التوالي في المواقع الأربع أيضا. أما معدل الجرعة الممتصة (Dγ) ومجموع الجرعة السنوية (H) فكانتا 0.04±0.0037 μGy/h و70.93μSv/y على التوالي.

الكلمات الدالة: تركيز العناصر المشعة الطبيعية، معامل الانتقال، الخضروات، مؤشر الخطر الإشعاعي، الجرعة السنوية.

Transfer Factor of Radioactive Elements ^{226}Ra، ^{40}K and ^{232}Th from Soil to some Local Vegetables at Different Regions in Nineveh Governorate

Ali K. Hussein
Department of Physics/ College of Education/ University of Mosul

ABSTRACT

In this study the activity concentrations of natural radioactive elements ^{226}Ra، ^{40}K، ^{232}Th and their transfer factor for 36 samples of soil and vegetables in four agriculture locations (Rabea، Al-Rashedia، Hamam Al-Aleel and Al-Salamia) were calculated. The average activity concentrations of ^{40}K، ^{226}Ra، ^{232}Th in soil were found to be 624.66±75.4، 20.64±3.63 and 6.73±1.84 Bq/kg respectively in the four locations. Their values in dry vegetables were found to be 314.07±36.3، 7.9±1.63 and 1.68±0.92 Bq/kg and in fresh vegetables were found to be 31.2±7.9، 0.74±0.23 and 0.175±0.07 Bq/kg respectively. The average transfer factors of ^{40}K، ^{226}Ra، ^{232}Th from soil to dry vegetables were found to be 0.507±0.04، 0.386±0.06 and 0.216±0.03 while their values to fresh vegetables were found to be 0.05±0.014، 0.037±0.013 and 0.022±0.007 respectively in the four locations also. The average values of absorbed dose and the total annual dose were found to be 0.04±0.0037 µGy/h، 70.93 µSv/y respectively.

Keywords: Concentrations of natural radioactive elements, Transfer factor, Vegetables, Radiation hazard index, Annual dose.

المقدمة

تتعرض حياة الكائنات الحية وخاصة الإنسان إلى مخاطر جراء وجود نشاط إشعاعي في البيئة التي يعيش فيها فوق الحد المسموح به عالميا، أي وجود تراكيز عالية للعناصر المشعة والذي يدعى بالتلوث الإشعاعي. وللتلوث الإشعاعي مصادر طبيعية مثل الأشعة الكونية وأشعة جاما المنبعثة من القشرة الأرضية وأخرى صناعية مثل الأشعة السينية والأشعة المتولدة نتيجة التفاعلات النووية والأشعة الناتجة من استخدام النظائر المشعة في المجالات الطبية والصناعية والزراعية وغيرها (الصبحة، 2001؛ علي وآخرون، 2013). المواد الغذائية بصورة عامة ومنها الخضراوات قد تحتوي على مواد مشعة طبيعية او صناعية تساهم في الجرعة الداخلة للفرد، وقد تبين بان (1/8) الجرعة السنوية التي يتعرض لها تأتي عن طريق تناول الغذاء (UNSCEAR , 2000). يظهر النشاط الإشعاعي البيئي بشكل رئيسي من نويدات البوتاسيوم المشع ^{40}K وبعض النويدات المشعة الناتجة من سلسلة ^{238}U و ^{232}Th ووليداتهما والتي تعد المساهم الرئيسي في الجرعة الإشعاعية الداخلية (Abdulaziz Alharbi and El-Taherm, 2013). يختلف تناول المواد الغذائية من قبل الأفراد اختلافا كبيرا وذلك حسب الموقع الجغرافي وتوفر الغذاء والتحضيرات الزراعية المسبقة للحقل وأخيرا العادات الغذائية للناس (Tomoko *et al.*, 2009). إن مستوى التلوث الناتج من النشاط الإشعاعي الطبيعي في بيئتنا أصبح تحت المراقبة المستمرة بسبب اهتمام الرأي العام بمخاطر الإشعاع على صحة الإنسان والكائنات الأخرى (Saeed *et al* ., 2012). يطلق على عملية انتقال النويدات المشعة من التربة الى النبات مصطلح يسمى عامل الانتقال (Transfer Factor , TF)، والذي يعرف بأنه النسبة بين تركيز النويدة المشعة في النبات (رطب او جاف) إلى تركيز النويدة في التربة الجافة (Abu-Khadra *et al.*, 2008). يتفاوت عامل الانتقال من موقع إلى آخر حسب فصل السنة والفترة الزمنية بعد التلوث إضافة إلى نوع النويدة المشعة ونوع الغلة ونوع التربة وتركيز العناصر المستقرة الموجودة فيها (Martinez-Aguirre and Perianez, 1998). لقد أجريت دراسات عديدة لتحديد مستويات تراكيز بعض النويدات المشعة في بعض المواد الغذائية والخضراوات وبعض النباتات البرية (James *et al.*, 2011; Shanthi *et al.*, 2009; Saleh *et al.*, 2007). يعد عامل الانتقال من المؤشرات على السلامة البيئية من الإشعاعات النووية، وعلى قدرة النبات على امتصاص النويدات المشعة من التربة، فالنباتات التي لها معاملات انتقال عالية يستفاد منها في إزالة التلوث من التربة اما النباتات التي لها معاملات انتقال منخفضة جدا فيمكن زراعتها في الأراضي الملوثة، وبالتالي الاستفادة من تلك الأراضي (Shyamal *et al.*, 2013)، وبالنظر لهذه الأهمية فقد أجريت العديد من البحوث والدراسات لحساب معامل الانتقال لبعض النويدات المشعة من قبل باحثين عديدين في مناطق عديدة في العالم (Tome *et al.*,2003; Bunzl and Trautmannsheimer, 1999; guirre *et al.*, 1997; Al-Masri *et al.*, 2008; Blanco *et al.*, 2006). تهدف الدراسة الحالية الى حساب معامل انتقال بعض العناصر المشعة ذات العمر النصفي الطويل من التربة الى بعض الخضراوات المحلية التي تستهلك بصورة كبيرة من قبل الفرد العراقي بعد حساب

تراكيزها في عينات التربة والخضراوات. كما تهدف الدراسة إلى حساب الجرعة الممتصة والجرعة السنوية والخطـورة الداخليـة والخارجية التي يتعرض لها الفرد وأخيرا حساب مكافئ الراديوم.

الجزء العملي

تحضير العينات

تم جمع وتحضير 36 عينة من التربة والخضراوات (طماطم، خيار، باذنجان، فلفل أخضر، باميا، كرافس، كراث، بقدونس، سلق) من أربعة مواقع زراعية مهمة تحيط بمدينة الموصل وتزود السكان بالمحاصيل للاستهلاك اليومي. المواقع الأربع هي، الموقع الأول هو منطقة ربيعة الواقعة غرب الموصل وهي منطقة زراعية مهمة، والموقع الثاني هو منطقة الرشيدية وتقع شمال المدينة، والموقع الثالث هو منطقة حمام العليل الواقعة جنوب المدينة، والموقع الرابع هو منطقة السلامية وتقع إلى الجنوب الشرقي لمدينة الموصل. غسلت الخضراوات بصورة جيدة وأزيلت منها الأجزاء التي لا تؤكل ثم وزنت وهي رطبة بعدها قطعت إلى قطع وشرائح رقيقة وعرضت لأشعة الشمس في موسم الصيف لأكثر من عشرة أيام، وبعد التأكد من جفافها تم طحنها بصورة جيدة ثم نخلت للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس. عرض المسحوق مرة أخرى للحرارة لعدة ساعات إلى أن تم الحصول على وزن ثابت للعينة. أما التربة فقد جمعت من عمق (0-20) سنتيمتر، لضمان تغطية الجذر، حيث نظفت من الأدغال وبقايا الجذور والحصى الناعم والأشياء الغريبة الأخرى ثم جففت بصورة جيدة وطحنت ونخلت. عبئت عينات التربة والخضراوات في كؤوس مارنيللي، وهي عبارة عن وعاء اسطواني من البلاستك يحتوي على فجوة في مركزه لوضع بلورة الكاشف فيها بحيث تحيط العينة بالبلورة مما يتيح كفاءة قياس عالية. بعد التعبئة علمت الكؤوس وأغلقت بإحكام لضمان عدم تسرب غاز الرادون، ثم خزنت لمدة أربعة أسابيع، قبل بدء عملية القياس، بغية الوصول الى توازن إشعاعي بين الراديوم ووليداته المشعة.

مطيافية أشعة كاما

استخدمت مطيافية أشعة كاما والتي تتكون من كاشف وميضي NaI(Tl) ذي بلورة إبعادها 2.5 cm×3.8 cm يرتبط بمنظومة حديثة تدعى (SPECTECH UCS-20) والتي بدورها ترتبط بجهاز حاسوب مع برنامج لغرض تشغيلها وتجميع الطيف وتحليل النتائج. ولتهيئة المنظومة لإجراء القياسات الطيفية تم إجراء عملية معايرة للطاقة وذلك باستخدام المصادر المشعة القياسية التالية ^{60}Co, ^{137}Cs, ^{152}Eu. تم حساب كفاءة الكاشف أعلاه للطاقات 1460keV المنبعثة من نظير البوتاسيوم المشع ^{40}K و609keV و1765keV المنبعثة من البزموث ^{214}Bi (إحدى وليدات الراديوم ^{226}Ra) و2615keV المنبعثة من الثاليوم ^{208}Tl (إحدى وليدات سلسلة الثوريوم ^{232}Th) فكانت بحدود 0.0067 و0.0315 و0.0055 و0.0026 على التوالي (الإمام، 2012). بعدها وضعت بلورة الكاشف داخل وعاء مارنيللي الحاوي على العينات ثم أحيطت البلورة والوعاء بحواجز من الرصاص سمكها 5cm لتقليل الخلفية الإشعاعية وتم تجميع طيف ناشعة كاما لمدة 18000 ثانية.

الحسابات

استخدمت المعادلة التالية لحساب تركيز الفعالية (activity concentration) للعناصر المشعة، ^{226}Ra و^{40}K و ^{232}Th (Abu-Khadra and Eissa, 2008):

$$C\left(Bq.kg^{-1}\right)=\frac{N-B}{\varepsilon.I.t.W} \qquad \text{..(1)}$$

حيث N هي مجموع العد الصافي للذروة الضوئية، B الخلفية الاشعاعية تحت للذروة الضوئية، ε كفاءة الكاشف لطاقة الذروة الضوئية، I شدة أشعة كاما (أي عدد الفوتونات المنبعثة لكل 100 انحلال)، t زمن العد بالثانية، W كتلة العينة الجافة بوحدة kg.

لحساب الجرعة الممتصة Dγ(nGy/h) الناتجة عن أشعة كاما على ارتفاع متر واحد فوق سطح الأرض استخدمت الصيغة الآتية (Mahur, *et al.*, 2008. UNSCEAR, 2000):

$$D\gamma\ (\mu Gy.h^{-1}) = (0.462C_{Ra} + 0.604C_{Th} + 0.0417C_K) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث ان C_{Ra} وC_{Th} وC_K تمثل تراكيز فعالية العناصر ^{226}Ra و^{232}Th و^{40}K على التوالي.

إن الخطر الذي يسببه النشاط الاشعاعي الناتج عن العناصر المشعة ^{226}Ra و^{232}Th و^{40}K والذي يدعى بنشاط مكافئ الراديوم (Ra_{eq}) ويمكن حسابه وفق الصيغة الآتية (Mahur *et al.*, 2008. UNSCEAR, 2000):

$$Ra_{eq} = C_{Ra} + 1.43C_{Th} + 0.077C_K \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

أن مؤشر كاما (gamma index, I_γ) الذي يمثل مجموع نسب التراكيز المقاسة للنويدات المشعة الطبيعية في التربة, يعطى بالعلاقة الآتية (Dragovic, *et al.*, 2010):

$$I_\gamma = C_{Ra}/150 + C_{Th}/100 + C_K/1500 \quad \le 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

أما مؤشر الخطر الخارجي (H_{ex}) فيعطى بالعلاقة الآتية (Mahur, *et al.*, 2008. UNSCEAR, 2000):

$$H_{ex} = C_{Ra}/370 + C_{Th}/259 + C_K/4810 \quad \le 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

كما أن مؤشر الخطر الداخلي (H_{in}) والذي يمثل مخاطر التعرض الداخلي للرادون ووليداته يعطى بالعلاقة الآتية (Mahur, *et al.*, 2008. UNSCEAR, 2000):

$$H_{in} = C_{Ra}/185 + C_{Th}/259 + C_K/4810 \quad \le 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

لإيجاد الجرعة السنوية نتيجة تناول المواد الغذائية يجب حساب تركيز النظير المشع في العينة الرطبة وذلك باستخدام المعادلة الآتية:

$$C_f = C_d \times \frac{W_d}{W_f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

إذ إن: C_f و C_d تركيزا النظير المشع في العينة الرطبة والجافة على التوالي بوحدة (Bq/kg).
W_d وW_f كتلة العينة الجافة والرطبة بوحدة kg.

اما الجرعة الداخلية السنوية (annual internal dose, H) فتحسب من العلاقة (Pulhani, *et al.*, 2005):

$$H(Sv/y)= Cf\ (Bq/kg)\times F\ (kg/y)\times CF\ (Sv/Bq) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

حيث أن Cf(Bq/kg) يمثل تركيز النويدة المشعة في العينات الرطبة (الطازجة)، F(kg/y) هي معدل الاستهلاك السنوي التقريبي للفرد العراقي والموضح في الجدول (4). و C_F(Sv/Bq) تمثل معامل تحويل الجرعة الداخلية للنظير المشع في المادة الغذائية ^{40}K و ^{22}Ra و ^{232}Th وهي 6.2×10^{-9} و2.8×10^{-7} و 2.3×10^{-7} على التوالي Saleh *et al.*, 2007. (UNSCEAR, 2000):

لإيجاد معامل الانتقال (Transfer factor) للنويدات المشعة من التربة إلى النبات (ثمر أو أوراق)، نستخدم المعادلة الآتية: (Dragovic *et al.*, 2010).

$$TF=\frac{\text{Activity of radionuclides in plant } (Bq\ kg^{-1} dry\ (fresh)\ weight)}{\text{Activity of radionuclides in soil } (Bq\ kg^{-1} dry\ weight)} \quad ....(9)$$

النتائج والمنافشة

النشاط الإشعاعي في التربة

يبين الجدول (1) نتائج تراكيز الفعالية للعناصر المشعة الطبيعية وهي البوتاسيوم ^{40}K والراديوم ^{226}Ra والثوريوم ^{232}Th في عينات من التربة الجافة التي تم جمعها من المواقع الأربعة. تتراوح تراكيز الفعالية للبوتاسيوم ^{40}K من 472.66 Bq/kg (تربة-فلفل أخضر) الى 761.44 Bq/kg (تربة-باذنجان) ومن 524.71 Bq/kg (تربة-بقدونس) الى 702.22 Bq/kg (تربة-كرافس) ومن 572.73 Bq/kg (تربة-فلفل أخضر) الى 713.56 Bq/kg (تربة-سلق) ومن 558.34 Bq/kg (تربة-فلفل أخضر) إلى 696.55 Bq/kg (تربة-باذنجان)، وان معدل تراكيز الفعالية لهذا النظير هي 611.31±46.24Bq/kg و 2.13±36.7Bq/kg و 643.62±34.7Bq/kg و 631.60±24.73Bq/kg في المواقع 1 و 2 و 3 و4 على التوالي. وتقع هذه التراكيز ضمن الحدود المسموح بها عالميا من (140-850 Bq/kg) وبقيمة متوسطة مقدارها (400Bq/kg) (UNSCEAR, 2000). وتتراوح تراكيز الفعالية للراديوم ^{226}Ra من 14.652 Bq/kg (تربة-باذنجان) إلى 23.573 Bq/kg (تربة-طماطم) ومن 14.776 Bq/kg (تربة-بقدونس) إلى 23.227 Bq/kg (تربة-سلق) ومن 17.467 Bq/kg (تربة-سلق) إلى 24.786 Bq/kg (تربة-باميا) ومن 17.982 Bq/kg (تربة-باميا) إلى 27.215 Bq/kg (تربة-خيار) في المواقع الأربعة على التوالي. وان معدل تراكيز الفعالية للراديوم ^{226}Ra في الموقع الاربعة هي 19.29±1.61 Bq/kgو 19.58.±1.89 Bq/kg و 21.67±1.65Bq/kg و 22.03±1.7 Bq/kg حيث تقع هذه التراكيز ضمن الحدود الدولية المسموح بها (من 17 Bq/kg إلى 60 Bq/kg وبقيمة متوسطة مقدارها 35Bq/kg) (UNSCEAR, 2000). كما تراوحت تراكيز الفعالية للثوريوم ^{232}Th من 3.521 Bq/kg (تربة-طماطم) الى 9.897 Bq/kg (تربة-باميا) ومن 5.834 Bq/kg (تربة-بقدونس) إلى 9.023 Bq/kg (تربة-سلق) ومن 4.852 Bq/kg (تربة-باميا) إلى 8.262 Bq/kg (تربة-سلق) 4.947 Bq/kg (تربة-فلفل أخضر) إلى 8.527 Bq/kg (تربة-باذنجان) في المواقع الاربعة على التوالي. وان معدل تراكيز الفعالية لهذا النظير في الموقع الأربعة هي 5.79±1.2Bq/kg و7.91±0.7 Bq/kg و 6.41±0.8 Bq/kg و 6.79±0.66 Bq/kg. إن قيم التراكيز هذه اقل من المستويات الدولية المسموح بها عالميا (من 11 Bq/kg الى 64 Bq/kg وبقيمة متوسطة مقدارها 30 Bq/kg) (UNSCEAR, 2000). ان نتائج الدراسة الحالية لمعدل تراكيز النويدات أعلاه أقل من نتائج الباحث (Pulhani, *et al*., 2005) اذ ان معدل نتائجه من 41.7 Bq/kg الى 554 Bq/kg للبوتاسيوم ^{40}K ومن 18.2 Bq/kg الى 51.2 Bq/kg للراديوم ^{226}Ra ومن 18.7 Bq/kg الى 42.2 Bq/kg للثوريوم ^{232}Th. الجدول (2) يمثل مقارنة التراكيز للنويدات المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th في التربة للدراسة الحالية مع أخرى في مناطق مختلفة من العالم (Shyamal *et al*., 2013). حيث يظهر ان معدل تركيز البوتاسيوم أعلى من معدل القيمة العالمية لكن تظل القيمة القصوى له اقل منها في العديد من البلدان، في حين ان معدل تراكيز الفعالية للراديوم والثوريوم اقل من معدل القيمة العالمية. ومن المعروف جيدا أن وجود البوتاسيوم في جميع الكائنات الحية بمستويات مختلفة ناتج عن المستويات المتنوعة لنظير البوتاسيوم المشع ^{40}K في النباتات. ومن نتائج حسابات تراكيز الفعالية أعلاه نلاحظ ان نسبة المساهمة للبوتاسيوم ^{40}K (96%) وهي اعلى بكثير من تلك التي للعنصرين ^{226}Ra (2.89%) , ^{232}Th (1.035%) لأن البوتاسيوم هو العنصر الأكثر وفرة في التربة وبسبب عمليات التسميد بمواد غنية بالفوسفات. ان النشاط الاشعاعي الطبيعي في عينات التربة يتأثر

بقوة بعوامل عدة منها التشكيلات الجيولوجية للتربة وطريقة استخدام التربة والمناخ إضافة إلى عمليات التسميد وأنواع الأسمدة المستخدمة (Saleh *et al*., 2007).

النشاط الإشعاعي في الخضروات الجافة

يبين الجدول (1) نتائج تراكيز الفعالية للعناصر المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th في عينات الخضروات الجافة التي تم جمعها من المواقع الأربعة. لقد وجد أن أعلى تركيز للبوتاسيوم (^{40}K) هو387.987 Bq/kg (كرافس-موقع 2) وان أوطأ تركيز له هو 237.65 Bq/kg (باميا-موقع 3) وبقيمة متوسطة مقدارها 314.07 Bq/kg. كما وجد ان اعلى تركيز للراديوم (^{226}Ra) هو 11.26 Bq/kg (فلفل أخضر-موقع 3) وان أوطأ تركيز له هو 4.795 Bq/kg (طماطم-موقع 4) وبقيمة متوسطة مقدارها 7.9 Bq/kg، إن معدل تراكيز البوتاسيوم والراديوم تتفق مع نتائج الباحث (Karunakara *et al*., 2003) حيث تتراوح نتائجه من (12-797) Bq/kg ومن (Not Detected, ND-13.2) Bq/kg على التوالي. أما أعلى تركيز للثوريوم ^{232}Th فكان 3.865 Bq/kg (باميا-موقع 1) في حين لم يتم العثور على أي تركيز له (ND) في العينات (طماطم-باذنجان-فلفل أخضر) و (بقدونس) و (باذنجان-باميا) و(خيار-فلفل أخضر) في المواقع 1 و2 و3 و4 على التوالي. وان معدل تراكيز الفعالية لهذا النظير فهي 1.68 Bq/kg.

الجدول 1: تراكيز الفعالية للعناصر المشعة ^{226}Ra و^{40}K و ^{232}Th في التربة والخضروات (الجافة) ومعامل انتقالها في المواقع الأربعة

رقم العينة	نوع الغذاء	نوع العينة	التركيز (Bq/kg) ^{226}Ra	^{40}K	^{232}Th	معامل الانتقال (TF) ^{226}Ra	^{40}K	^{232}Th
الموقع الأول (ربيعة)								
1	طماطم	تربة	23.573	631.563	3.521			
		ثمر	7.521	298.745	ND	0.319	0.473	ND
2	خيار	تربة	19.739	588.342	4.032			
		ثمر	9.946	323.175	2.116	0.503	0.549	0.525
3	باذنجان	تربة	14.652	761.435	4.277			
		ثمر	4.895	367.743	ND	0.334	0.483	ND
4	فلفل أخضر	تربة	16.738	472.658	7.236			
		ثمر	6.224	254.643	ND	0.372	0.639	ND
5	باميا	تربة	21.763	602.545	9.897			
		ثمر	8.472	344.765	3.723	0.389	0.538	0.376
المعدل ± الخطأ القياسي*		تربة	19.29±3.6	611.3±103.4	5.79±2.7			
		ثمر	7.41±1.95	318.8±43.59	1.16±1.7	0.38±0.07	0.54±0.06	0.18±0.25
الموقع الثاني (الرشيدية)								
رقم العينة	نوع الغذاء	نوع العينة	التركيز (Bq/kg) ^{226}Ra	^{40}K	^{232}Th	معامل الانتقال (TF) ^{226}Ra	^{40}K	^{232}Th
6	كرافس	تربة	21.865	702.223	7.886			
		ثمر	7.666	387.987	3.112	0.396	0.552	0.394
7	كراث	تربة	18.444	596.773	8.884			
		ثمر	9.656	258.628	2.412	0.523	0.433	0.271

رقم العينة	نوع الغذاء	نوع العينة	^{226}Ra	^{40}K	^{232}Th	TF ^{226}Ra	TF ^{40}K	TF ^{232}Th
8	بقدونس	تربة	14.776	524.712	5.834			
		ثمر	5.922	260.542	ND	0.400	0.496	ND
9	سلق	تربة	23.227	624.837	9.023			
		ثمر	7.623	333.946	3.416	0.328	0.535	0.378
المعدل± الخطأ القياسي*		تربة	19.58±3.78	612.13±73.4	7.91±1.5			
		ثمر	7.72±1.53	310.27±62.6	2.23±0.5	0.41±0.08	0.50±0.05	0.26±0.18
الموقع الثالث (حمام العليل)								
رقم العينة	**نوع الغذاء**	**نوع العينة**	**التركيز (Bq/kg)**			**معامل الانتقال (TF)**		
			^{226}Ra	^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{232}Th
10	باذنجان	تربة	21.323	691.628	5.073			
		ثمر	11.225	341.664	ND	0.526	0.494	ND
11	فلفل أخضر	تربة	24.536	572.728	.4377			
		ثمر	11.267	288.628	2.943	0.459	0.503	3950.
12	باميا	تربة	4.7862	596.553	.8524			
		ثمر	.8739	237.657	ND	0.398	0.397	ND
13	سلق	تربة	17.467	713.556	8.262			
		ثمر	6.582	303.667	3.865	0.376	0.425	0.467
المعدل ± الخطأ القياسي*		تربة	22.03±3.4	643.62±69.4	6.41±1.7			
		ثمر	9.74±2.2	292.90±43.1	1.7±2.0	0.44±0.06	0.455±0.05	0.22±0.25
الموقع الرابع (السلامية)								
رقم العينة	**نوع الغذاء**	**نوع العينة**	**التركيز (Bq/kg)**			**معامل الانتقال (TF)**		
			^{226}Ra	**^{40}K**	**^{232}Th**	**^{226}Ra**	**^{40}K**	**^{232}Th**
14	طماطم	تربة	19.532	673.762	7.834			
		ثمر	4.795	348.664	2.872	0.244	0.550	0.366
15	خيار	تربة	27.215	626.833	5.678			
		ثمر	8.759	384.556	N.D.	0.321	0.614	N.D.
16	باذنجان	تربة	23.583	696.548	8.527			
		ثمر	5.827	323.741	3.277	0.247	0.465	0.384
17	فلفل أخضر	تربة	20.033	558.335	4.947			
		ثمر	7.788	269.752	N.D.	0.388	0.482	N.D.
18	باميا	تربة	17.982	602.545	7.006			
		ثمر	6.497	344.765	2.123	0.361	0.572	0.303
المعدل ± الخطأ القياسي*		تربة	21.67±3.7	631.60±55.3	6.79±1.48			
		ثمر	6.73±1.57	334.29±42.2	1.65±1.56	0.31±0.06	0.54±0.026	0.21±0.2

ND: Not detected* **الخطأ القياسي**= $\sigma/\sqrt{N}$, حيث σ الانحراف المعياري و N عدد العينات (Nsiah-Akoto *et al.*, 2011).

الجدول 2: مقارنة التراكيز للنويدات المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th في التربة للدراسة الحالية مع أخرى في مناطق مختلفة من العالم (Shyamal *et al*., 2013).

البلد	^{40}K (Bq/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)	^{232}Th (Bq/kg)
مصر	41.5-418	5.3-66.8	5-37.3
تايوان	195.3-640	44.7-106	12.2-44.2
الصين	9-1800	2-440	1-360
الهند	38-760	7-81	14-160
اليابان	15-990	6-98	2-88
إيران	250-980	8-55	5-42
الأردن	121.8-244.8	16.3-57.3	7.6-16.2
سويسرا	40-1000	10-900	4-70
اسبانيا	25-1650	6-250	2-210
الدراسة الحالية	472 -713	14.6-27.2	4.8-9.8
معدل القيم العالمية	400	35	30

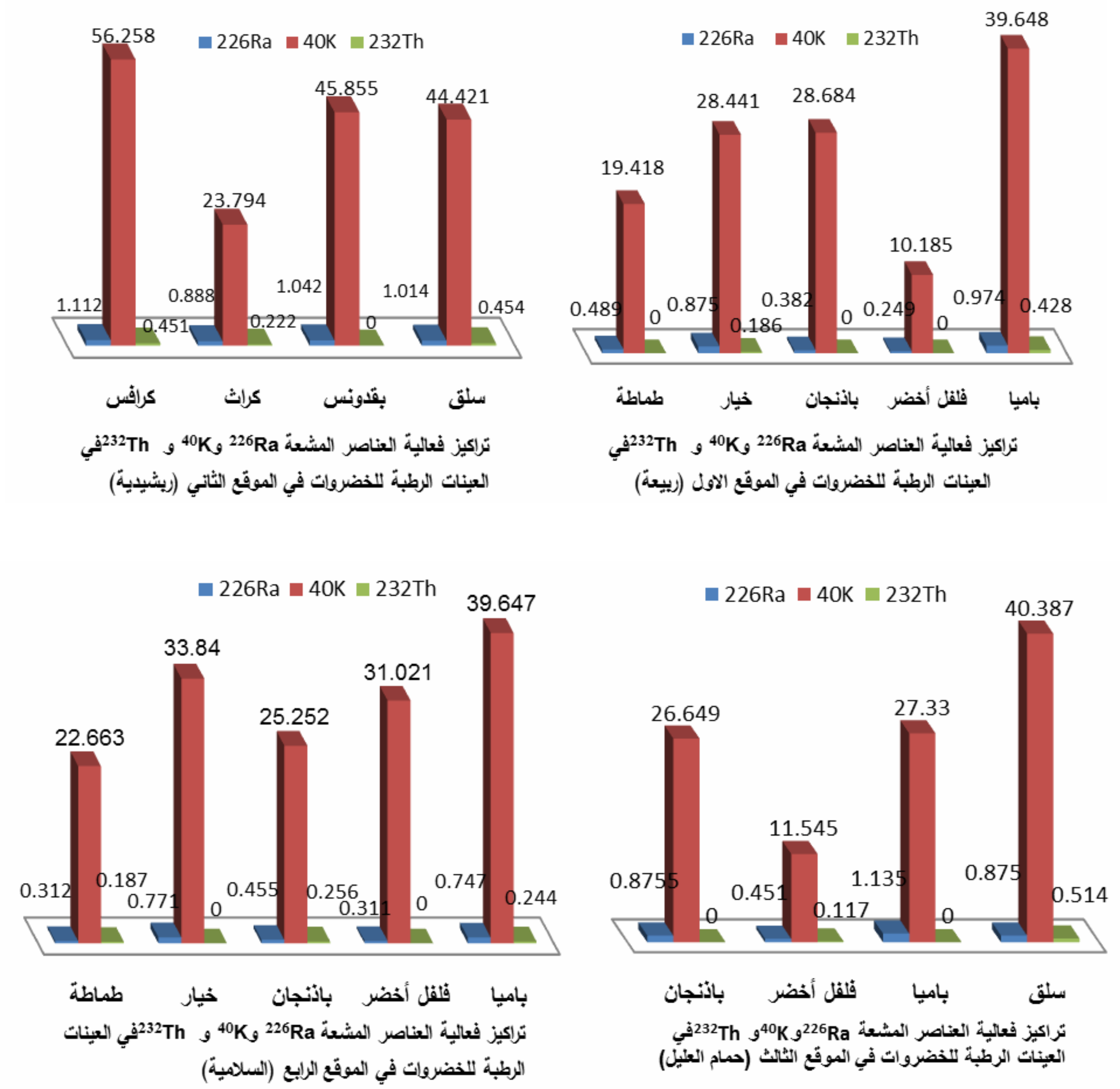
النشاط الإشعاعي في الخضروات الرطبة

يمثل الشكل رقم (1) تراكيز الفعالية للنويدات المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th في عينات الخضروات الرطبة. أعلى مستوى لتركيز البوتاسيوم ^{40}K كان 56.25 Bq/kg (كرافس-موقع 2) في حين وجد أن أوطأ تركيز له هو 10.19 Bq/kg (فلفل أخضر-موقع1) وبمعدل مقداره 3.53 Bq/kg±31.2. ان تركيز البوتاسيوم ^{40}K في الخيار وفي الطماطم في الدراسة الحالية أـقل من النتائج التي حصل عليها الباحث (Ibrahim, 2007) وهي ضمن الحدود العالمية (40-240 Bq/kg) (Maul and O'Hara, 1989). أما أعلى تركيز للراديوم ^{226}Ra فكان 1.14 Bq/kg (باميا-موقع3) وأوطأ تركيز كان 0.249 Bq/kg (فلفل أخضر-موقع 1) وبقيمة متوسطة مقدارها 0.74±0.102 Bq/kg وتتوافق هذه القيمة مع القيمة التي حصل عليها الباحث (Shanthi *et al*., 2009)، وهي أعلى من الحدود العالمية المعتمدة للخضروات (0.03 Bq/kg)(UNSCEAR, 2000). أما تركيز الثوريوم ^{232}Th فتراوح من عدم العثور على اي تركيز له (ND) في العينات (طماطم-باذنجان-فلفل أخضر\ موقع1) و (بقدونس\ موقع 2) و (باذنجان-باميا\ موقع3) و(خيار-فلفل أخضر\ موقع4) الى 0.514 Bq/kg (ساق-موقع 3)، وبقيمة متوسطة مقدارها 0.175±0.031 Bq/kg، وهذه القيمة تتفق مع نتائج الباحث (Shanthi *et al*., 2009)، وهي أيضا أعلى من الحدود العالمية (0.015Bq/kg).

معامل الانتقال (TF)

نتائج معامل انتقال العناصر المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th من التربة الى الخضروات الجافة مدرجة في الجدول(1). تتراوح قيم معامل الانتقال للبوتاسيوم ^{40}K من 0.397 Bq/kg (باميا-موقع 3) إلى 0.639 Bq/kg (فلفل أخضر-موقع 1) وبمعدل مقداره 0.507. أعلى قيمة لمعامل انتقال الراديوم ^{226}Ra هي 0.526 (باذنجان-موقع 3) في حين ان أوطأ قيمة له هي 0.244 (طماطم-موقع 4) وبمعدل مقداره 0.386، وهذه القيم متوافقة مع القيم التي حصل عليها (James *et al*., 2011) حيث تتراوح نتائجه من(0.47-0.03). أما قيم معامل انتقال الثوريوم ^{232}Th فتتراوح بين(ND) في العينات (طماطم-باذنجان-فلفل أخضر) و (بقدونس) و (باذنجان-باميا) و(خيار-فلفل أخضر) في المواقع 1و 2 و 3 و4 على التوالي الى 0.525 (خيار-موقع 1)،

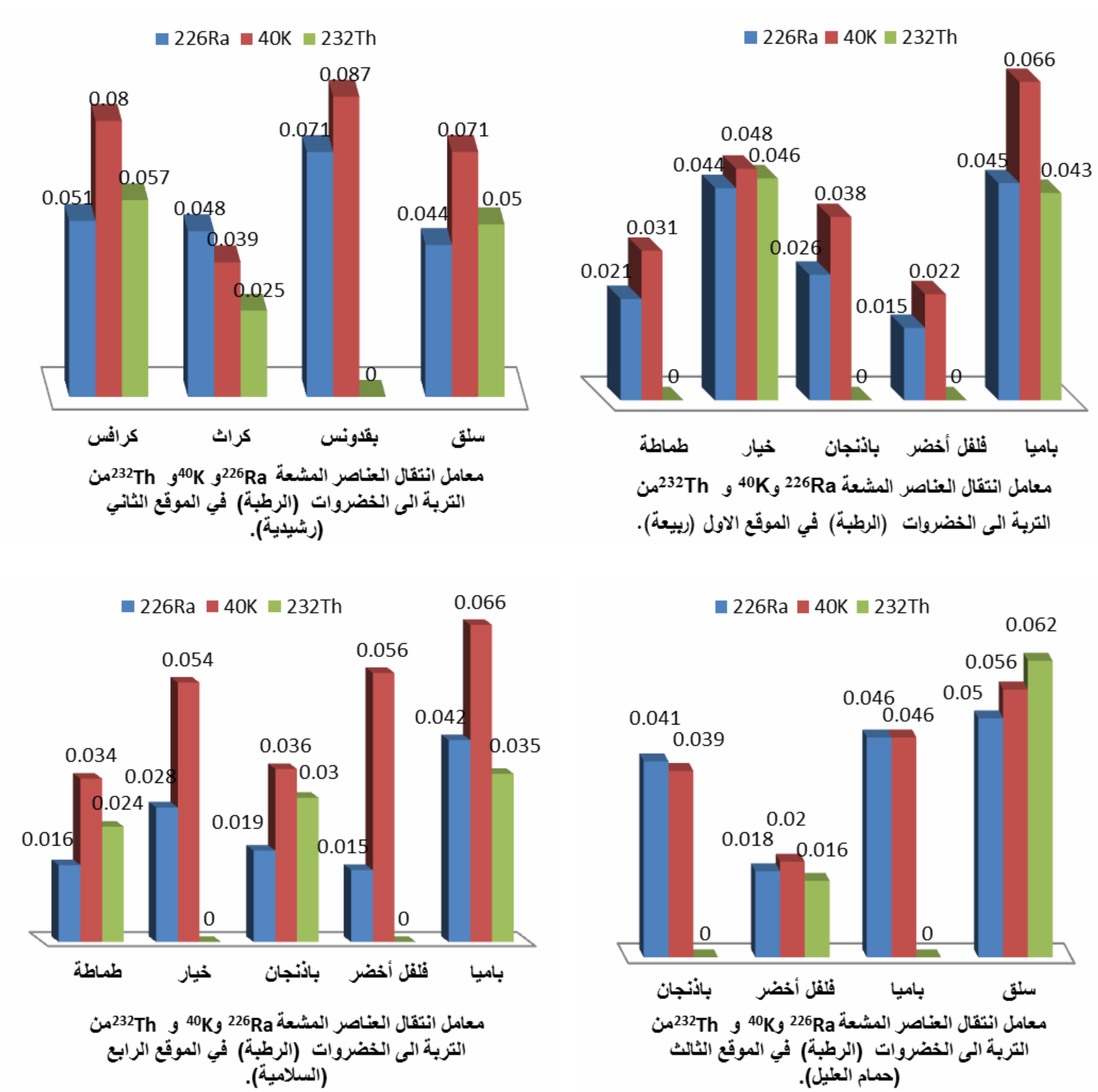
بمعدل مقداره 0.216. الشكل (2) يمثل نتائج حسابات معامل الانتقال للعناصر المشعة الطبيعية ^{40}K و^{226}Ra و^{232}Th في العينات الرطبة التي تم جمعها من المواقع الأربعة. أعلى قيمة لمعامل انتقال البوتاسيوم ^{40}K هي 0.087 (بقدونس-موقع 2) وأوطأ قيمة له هي 0.02 (فلفل أخضر-موقع3) بمعدل مقداره 0.05±0.014. وتتراوح قيم معامل الانتقال للراديوم ^{226}Ra بين 0.071 (بقدونس-موقع 2) و0.015 (فلفل أخضر-موقع 1) وبمعدل مقداره 0.037±0.013. أما معامل انتقال الثوريوم ^{232}Th فيتراوح بين (ND) في العينات (طماطم-باذنجان-فلفل أخضر) و (بقدونس) و (باذنجان-باميا) و(خيار-فلفل أخضر) في المواقع 1 و 2 و3 و4 على التوالي و 0.062 (سلق-موقع 3) وبمعدل مقداره 0.022±0.007.



الشكل 1: تراكيز فعالية العناصر المشعة ^{226}Ra و^{40}K و ^{232}Th في العينات الرطبة للخضروات في المواقع الأربعة.

مؤشرات الخطر الإشعاعي

من اجل تقييم مخاطر الإشعاع الناتجة من التربة، تم حساب كميات خمسة هي: معدل الجرعة الممتصة ($D\gamma$), نشاط مكافئ الراديوم (Ra_{eq})، ومؤشر جاما ($I\gamma$)، ومؤشر خطر الإشعاع الخارجي (H_{ex})، ومؤشر خطر الإشعاع الداخلي (H_{in}) باستخدام المعادلات من (2-6) وقد تم إدراج النتائج في الجدول (3). إن معدل الجرعة الممتصة نتيجة لإشعاعات جاما في الهواء وعلى ارتفاع 1 متر فوق سطح الأرض تراوحت بين0.031 µGy/h (تربة فلفل أخضر-موقع1) إلى 0.0451 µGy/h (تربة باذنجان-موقع 4). كان معدل قيم $D\gamma$ هو 0.039±0.0018 µGy/h, 0.04±0.0022 µGy/h ، 0.041±0.0009 µGy/h و0.042±0.0018 µGy/h في المواقع 1 و 2 و 3 و4 على التوالي، وهذه القيم متقاربة مع بعضها بشكل كبير وتقع ضمن القيم العالمية (UNSCEAR, 2000) والتي تتراوح (من 0.018 µGy/h الى 0.093 µGy/h). إن قيم مكافئ الراديوم تتراوح من 63.48 Bq/kg (تربة فلفل أخضر-موقع1) الى 89.41 Bq/kg (تربة باذنجان-موقع4). ان معدل قيم مكافئ الراديوم في المواقع الأربعة هو 77.73±2.72 Bq/kg، وان هذه القيمة أقل من القيمة المعتمدة دوليا (Mahur *et al*., 2008. UNSCEAR, 2000) (370 Bq/kg). أما مؤشر كاما فتتراوح قيمه بين أوطأ قيمة 0.499 (تربة فلفل أخضر-موقع1) وأعلى قيمة 0.7069 (تربة فلفل أخضر-موقع 4) وان معدل القيم المحسوبة له في المواقع الأربعة هي 0.622±0.027. إن معدل قيم مؤشر خطر الإشعاع الخارجي (H_{ex}) و مؤشر خطر الإشعاع الداخلي (H_{in}) في المواقع الأربعة كانت 0.2115±0.036 و0.2677±0.0105 على التوالي. ومن (الجدول 4) نلاحظ أن معدل القيم المحسوبة لمؤشر كاما ومؤشري خطر الإشعاع الخارجي والداخلي هي أقل من الواحد وهو الحد الأعلى المسموح به عالميا (Agbalagba *et al*., 2012). ومن خلال الرسوم البيانية بين (I_γ, D_γ)، (I_γ, H_{ex})، (I_γ, Ra_{eq})، (Ra_{eq}, H_{ex}) نلاحظ ان هناك علاقات خطية مهمة تم الحصول عليها وبمعاملات توافق خطية (R^2) قوية (الشكل 3).

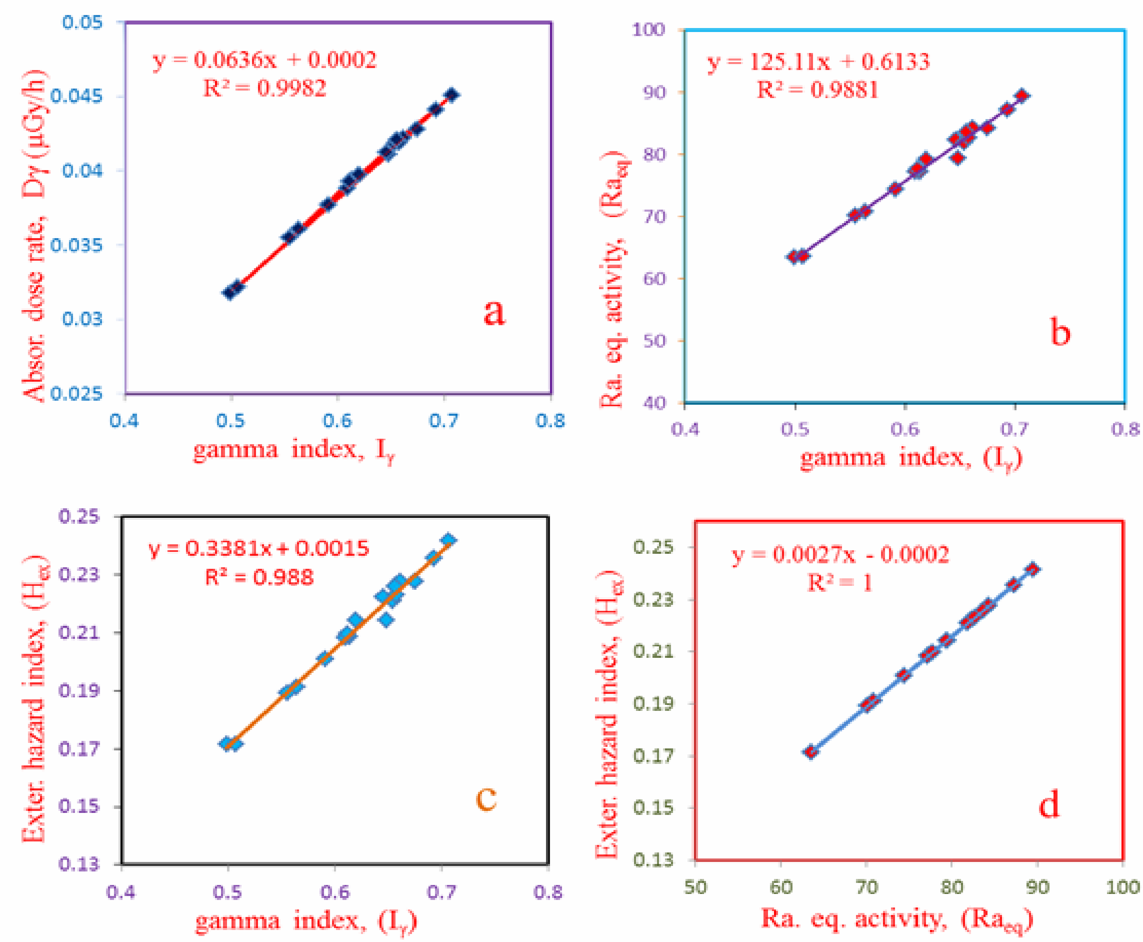


الشكل 2: معامل انتقال العناصر المشعة ^{226}Ra و ^{40}K و ^{232}Th من التربة الخضروات (الرطبة) في المواقع الأربعة

الجدول 3: معدل الجرعة الممتصة (Dγ) ومكافئ الراديوم (Ra_{eq}) ومؤشر جاما (Iγ) ومؤشر خطر الإشعاع الخارجي (H_{ex}) ومؤشر خطر الإشعاع الداخلي (H_{in}) في المواقع الاربعة

الموقع الاول (ربيعة)						
رقم العينة	نوع التربة	معدل الجرعة الممتصة Dγ (µGv/h)	مكافئ الراديوم Ra_{eq}(Bq/kg)	I_γ	H_{ex}	H_{in}
1	طماطم	0.0394	77.2384	0.6134	0.2086	0.2723
2	خيار	0.0361	70.8071	0.5641	0.1912	0.2446
3	باذنجان	0.0411	79.3986	0.6481	0.2144	0.254
4	فلفل أخضر	0.0318	63.4801	0.4991	0.1714	0.2167
5	باميا	0.0412	82.3117	0.6458	0.2223	0.2811
المعدل ± الخطأ القياسي		0.039±0.0018	74.647±3.37	0.594±0.028	0.202±0.009	0.254±0.009
الموقع الثاني (الرشيدية)						
رقم العينة	نوع التربة	معدل الجرعة الممتصة Dγ (µGv/h)	مكافئ الراديوم Ra_{eq}(Bq/kg)	I_γ	H_{ex}	H_{in}
6	كرافس	0.0441	87.2132	0.6928	0.2355	0.2946
7	كراث	0.0388	77.0996	0.6096	0.2082	0.2581
8	بقدونس	0.0322	63.5214	0.5067	0.1715	0.2115
9	سلق	0.0422	84.2423	0.6616	0.2275	0.2903
المعدل ± الخطأ القياسي		0.04±0.0025	78.02±2.63	0.62±0.04	0.21±0.014	0.264±0.019
الموقع الثالث (حمام العليل)						
رقم العينة	نوع التربة	معدل الجرعة الممتصة Dγ (µGv/h)	مكافئ الراديوم Ra_{eq}(Bq/kg)	I_γ	H_{ex}	H_{in}
10	باذنجان	0.0418	81.8327	0.654	0.221	0.2786
11	فلفل أخضر	0.0397	79.271	0.6198	0.2141	0.2804
12	باميا	0.0393	77.6589	0.6115	0.2097	0.2767
13	سلق	0.0428	84.2255	0.6748	0.2275	0.2747
المعدل± الخطأ القياسي		0.041±0.001	80.75±1.44	0.64±0.015	0.218±0.004	0.278±0.0012
الموقع الرابع (السلامية)						
رقم العينة	نوع التربة	معدل الجرعة الممتصة Dγ (µGv/h)	مكافئ الراديوم Ra_{eq}(Bq/kg)	I_γ	H_{ex}	H_{in}
14	طماطم	0.0419	82.6143	0.6577	0.2231	0.2759
15	خيار	0.0421	83.6007	0.6561	0.2258	0.2993
16	باذنجان	0.0451	89.4108	0.7069	0.2415	0.3052
17	فلفل أخضر	0.0355	70.099	0.5552	0.1893	0.2435
18	باميا	0.0377	74.3965	0.5916	0.2009	0.2495
المعدل ± الخطأ القياسي		0.041±0.0018	80.24±3.45	0.634±0.026	0.216±0.0089	0.275±0.013
معدل القيم العالمية**		0.059	370 ≥	1≥	1≥	1≥

** Agbalagba *et al.*, 2012.



الشكل 3: العلاقة بين مؤشر جاما وكل من (a) معدل الجرعة الممتصة, (b) مكافئ الراديوم، (c) مؤشر خطر الإشعاع الخارجي. و(d) العلاقة بين مؤشر خطر الإشعاع الخارجي ومكافئ الراديوم في المواقع الأربعة

الجرعة الداخلية الناتجة عن تناول الخضروات

الجدول (4) يمثل نتائج حسابات الجرع السنوية الناتجة عن تناول بعض الأنواع من الخضروات المحتوية على النظائر المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th. تتراوح قيم الجرع السنوية من 2.12 µSv/y (فلفل أخضر) إلى 12.99 µSv/y (خيار). مجموع الجرع السنوية الناتجة عن تناول الخضروات قيد الدراسة هو 70.93 µSv/y بمعدل مقداره 1.36±7.88، وهذه القيمة أعلى من القيمة التي حصل عليها الباحث (Ibrahim, 2007) لمادتي الطماطم والخيار وهي أقل من معدل الجرعة السنوية المسموحة عالميا (290 µSv/y) (UNSCEAR, 2000).

الجدول 4: معدل الجرعة السنوية الناجمة عن تناول المواد الغذائية الحاوية على المواد المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th للمواقع الأربعة

نوع الغذاء	معدل الاستهلاك السنوي(kg/y)	معدل تركيز العناصر المشعة في المواقع الاربع (Bq/kg)			معدل الجرعة السنوية H(µSv/y)
		^{226}Ra	^{40}K	^{232}Th	
طماطم	50	0.4	21.04	0.09	13.2
خيار	28	0.82	31.14	0.09	4412.
باذنجان	20	0.57	26.86	0.09	6.91
فلفل أخضر	10	0.34	17.57	0.04	2.12
باميا	15	0.95	34.47	0.22	7.98
كرافس	17	1.11	56.26	0.45	12.99
كراث	10	0.89	23.79	0.22	4.47
بقدونس	10	1.04	45.85	0	5.76
سلق	8	0.94	42.4	0.45	5.06
المجموع	168	7.06	299.38	1.65	70.93
المعدل ± الخطأ القياسي		0.78±0.0576	33.26±4.25	0.18±0.059	7.88±1.36
المدى		0.34-01.11	17.57-56.26	0-0.45	2.12-12.99
الجرعة السنوية المسموحة عالميا(***)					290

*** (UNSCEAR, 2000)

الاستنتاجات

تراوحت تراكيز الفعالية للبوتاسيوم ^{40}K و الراديوم ^{226}Ra والثوريوم ^{232}Th في التربة بين 624.66±37.7 Bq/kg، 20.64±1.68 Bq/kg، 6.73±0.92 Bq/kg وفي الخضروات الجافة بين 314.07±12.07Bq/kg، 7.9±0.81 Bq/kg، 1.68±0.46 Bq/kg وفي الخضروات الرطبة بين 31.2±3.9 Bq/kg، 0.175±0.035 Bq/kg، 0.74±0.11 Bq/kg على التوالي وللمواقع الأربعة. نلاحظ أن معدل تراكيز الفعالية للبوتاسيوم ^{40}K أعلى بكثير من تلك التي للراديوم وللثوريوم في جميع العينات من تربة وخضروات، وان النشاط الاشعاعي الطبيعي في عينات التربة يختلف من موقع إلى آخر حسب التشكيلات الجيولوجية للتربة والمناخ إضافة إلى عمليات التسميد وأنواع الأسمدة المستخدمة، ومع ذلك فأنها تبقى ضمن الحدود الدولية المسموحة. إن معدلات قيم معامل الانتقال للعناصر ^{40}K و ^{226}Ra و^{232}Th في العينات الجافة هي اقل من الواحد. ومن الشكل (2) نلاحظ أن أعلى قيمة لمعامل انتقال الثوريوم في عينة السلق (موقع 3) اعلى من معامل انتقال البوتاسيوم والراديوم. ان النتائج الحالية لتركيز النشاط الاشعاعي للعناصر المشعة ومعدل الجرعة السنوية ومكافئ الراديوم ومؤشر كاما ومؤشر الخطورة الخارجي والداخلي اقل من الحدود المسموح بها عالميا. مجموع الجرع السنوية الناتجة عن تناول الخضروات قيد الدراسة هو 70.93 µSv/y وهي اقل من الحدود المسموحة عالميا (290 µSv/y).

المصادر العربية

الإمام، عاصمة محمود (2012). قياس تراكيز ^{40}K ^{226}Ra, ^{222}Rn, ^{238}U, ^{210}Po في بعض المواد الغذائية لبعض محافظات العراق. أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل، العراق.

الصبحة، ليث احمد (2001). تطبيق تقنية نووية في دراسة الاسمدة النباتية. مجلة علوم الرافدين **12**(3)،87-92.

علي، عامر حسن؛ محيميد، احمد خاف؛ حسن، هناء إحسان.(2013). تحديد مستوى الخلفية الإشعاعية في حرم جامعة الموصل باستخدام تقانات متعددة. مقبول للنشر في مجلة علوم الرافدين.

المصادر الأجنبية

Abdulaziz Alharbi; El-Taher. A. (2013). A study on transfer factors of radionuclides from soil to plant. *Life Sci. J*., **10**(2), (532-539).

Abu-Khadra, S.A.; Abdel-Sabour, M.F.; Abdel-Fattah, A.T.; Eissa, H.S. (2008). Transfer factor of radioactive cs and sr from egyptian soils to roots and leafs of wheat plant. ***IX** Radiation Physics & Protection Conference*, 15-19 November, Nasr City-Cairo, Egypt.

Abu-Khadra, S.A.; Eissa, H.S. (2008). Natural radionuclides in different plants together with their corresponding Soils in Egypt at Inshas Region and the Area Nearby. ***IX** Radiation physics and protection conference* 15-19 November, Nasr City–Cairo, Egypt.

Agbalagba, E.O.; Avwiri, G.O.; Chad-Umoreh, Y.E. (2012). γ-spectroscopy measurement of natural radioactivity and assessment of radiation hazard indices in soil samples from oil fields environment of Delta State, Nigeria. *J. Environ. Radioactivity*. **109**, 64-70 .

Aguirre A.M.; Orellana, I.G.; Leon M.G. (1997). Transfer of natural non-nuclear industries. *J. Environ. Radioact*. **35** (2), (149-171).

Al-Masri, M.S.; Al-Akel, B.; Nashawani, A.; Amin, Y.; Khalifa, K.H.; Al-Ain, F. (2008). Transfer of ^{40}K, ^{238}U, ^{210}Pb, and ^{210}Po from soil to plant in various locations in south of Syria. *J. Environ. Radioactivity*. **99,** 322-331.

Blanco Rodriguez, P.; Vera Toma, F.; Perez Fernandez, M.; Lozano, J.C. (2006). Linearity assumption in soil-to-plant transfers of natural uranium and radium in Helianthus annuls, *L. Sci. Total Environ*. **361**, 1-7.

Bunzl K.; Trautmannsheimer M. (1999). Transfer of ^{238}U, ^{226}Ra, and ^{210}Po from slag- contaminated soils to vegetables under field conditions. *L. Sci. Total Environ*. **231**, 91-99 .

Dragovic, S.; Mihailovic, N.; Gajic, B. (2010) Quantification of transfer of ^{238}U , ^{226}Ra, ^{232}Th ,^{40}K and ^{137}Cs in mosses of a semi-natural ecosystem. *J. Environ. Radioactivity*. **101**, 159-164 .

Ibrahim, H.S. (2007). Radiological Study on Soils, Foodstuff and Fertilizers in the Alexandria Region, Egypt. *Turkish J. Eng. Env. Sci*., **31**, 9 – 17.

James Joshy, P.; Dileep, B.N.; Ravi, P.M.; Joshi, R.M.; Ajith, T.L.; Hegde, A.G.; Sarkar, P.K. (2011). Soil to leaf transfer factor for the radionuclides ^{226}Ra, ^{40}K, ^{137}Cs and ^{90}Sr at Kaiga region, India. *J. Environ. Radioactivity* **102**, 1070-1077.

Karunakara, N.; Somashekarappa, H.M.; Narayana, Y.; Avadhani, D.N.; Mahesh, H.M.; Siddappa, K. (2003). ^{226}Ra, ^{40}K and ^{7}Be activity concentrations in plants in the environment of Kaiga, India. *J. Environ. Radioactivity*, **65**, (255-266).

Mahur, A. K.; Kumer, R.; Sonkawade, R.G.; Sengupta, D.; Prasad, R. (2008). Measurements of Natural Radioactivity and Radon Exhalation Rate from Rock Samples of Jaduguda Uranium Mines and its Radiological Implications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B.* **266,** 1591-1597.

Martinez-Aguirre, A.; Perianez R.; (1998). Soil to plant transfer of ^{226}Ra in a marsh area: modeling application. *J. Environ. Radioact*. **39** (2), 199- 213..

Maul, P.R.; O'Hara, J.P.; (1989). Background radioactivity in environmental materials. *J. Environ. Radioactivity* **9**, (265-273).

Nsiah-Akoto, I.; Flether, J.J.; Oppon, O.C.; Andam, A.B. (2011). Indoor radon levels and the associated effective dose rate determination at Dome in the greater accra region Ghana. *Research J. Enviro. Earth Sci.*, **3**(2), 124-130.

Pulhani, V.A.; Dafauti, S.; Hegde, A.G.; Sharma, R.M.; Mishra, U.C. (2005). Uptake and distribution of natural radioactivity in wheat plants from soil. *J. Environ. Radioactivity* **79**, 331–346.

Saeed, M.A.; Siti Sarah, Y.; Hossain, I.; Ahmed, R.; Hewa, Y.; Shahid, M.; Ramli A. T. (2012). Soil to Rice Transfer Factor of the Natural Radionuclides in Malaysia. *Rom. J. Phys*., **57**(9–10), 417–1424.

Saleh, I.H.; Hafez, A.F.; Elanany, N.H.; Motaweh, H.A.; Naim, M.A. (2007). Radiological study on Soils, Foodstuff and Fertilizers in the Alexandria Region, Egypt. *Turkish. J. Eng. Env. Sci*., **33,** 9-17.

Shanthi, G.; Maniyan, C.G.; Raj, G.A.G.; Kumaran, J.T.T. (2009). Radioactivity in food crops from high background radiation area in southwest India. *Current Sci.* **97**(9), 1331-1335.

Shyamal, R.Ch. ; Rezaul, A.; Rezaur Rahman, A.K.M.; Rashmi, S. (2013). Radioactivity Concentrations in Soil and Transfer Factors of Radionuclides from Soil to Grass and Plants in the Chittagong City of Bangladesh. *J. Physical Sci*., **24**(1), 95–113.

Tome, F.V.; Blanco, M.P.; Lazano, J.C. (2003). Soil to plant transfer factors for natural radionuclides and stable elements in a Mediterranean area. *J. Environ. Radioact*. **65**, 161-175

Tomoko O.; Tetsuya, S.; Yoko, K.; Takao, M.; Kaneaki, S. (2009). Evaluation for Committed Effective Dose Due to Dietary Foods by the Intake for Japanese Adults. *Japan. J. Health Phys*., **44** (1), 80-88.

UNSCEAR.(2000). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and effects of ionizing radiation, **1**, New York.