

HỆ SỐ VẬN CHUYỂN ĐẤT – THỰC VẬT CỦA CÁC ĐỒNG VỊ PHÓNG XẠ TẠI ĐỒNG NAI

SOIL-TO-PLANT TRANSFER FACTOR OF RADIOISOTOPES IN DONG NAI

Nguyễn Thị Thanh Nga*, Lê Như Siêu, Trương Ý

Viện Nghiên cứu Hạt nhân, Việt Nam¹

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: thanhngadhsply@gmail.com

(Nhận bài / Received: 23/7/2023; Sửa bài / Revised: 12/9/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 13/9/2023)

Tóm tắt - Việc cần thiết đánh giá tác động môi trường con người là xây dựng được cơ sở dữ liệu phóng xạ hiện có trong các loại mẫu lương thực thực phẩm. Hơn nữa, sự hấp thụ các hạt nhân phóng xạ từ đất vào cây trồng được đặc trưng bằng hệ số vận chuyển đất – thực vật (TF). Do vậy, việc tính toán hệ số này rất quan trọng và hữu ích. Tham số này không những cần thiết cho các mô hình vận chuyển trong môi trường mà còn có ích trong dự đoán nồng độ nhân phóng xạ trong cây trồng để ước lượng liều xâm nhập vào con người. Trong bài báo này, nhóm tác giả tổng hợp và trình bày về nồng độ hạt nhân phóng xạ và hệ số vận chuyển đất – thực vật của mẫu đã được thu góp tại Đồng Nai. Các kết quả thu được cho thấy: Hoạt độ các đồng vị phóng xạ trong lương thực thực phẩm thấp hơn các kết quả nghiên cứu khác trong nước và giá trị khuyến cáo; ^{40}K và ^{226}Ra là các đồng vị chính được chuyển vào lương thực thực phẩm và thực vật.

Từ khóa - Hệ số vận chuyển; lương thực thực phẩm; đồng vị phóng xạ

1. Mở đầu

Các nhân phóng xạ tự nhiên tồn tại trong mọi môi trường của con người; đất, nước, không khí, thức ăn và thậm chí cả cơ thể của chúng ta đều chứa chất phóng xạ. Các nhân phóng xạ nguyên thủy ^{238}U và ^{232}Th tồn tại trong đất với hàm lượng khác nhau. Điều này có thể được quy cho bản chất của đá mẹ trong quá trình hình thành đất. Nghiên cứu sự vận chuyển các nhân phóng xạ tự nhiên, như ^{238}U , ^{232}Th cùng với các sản phẩm con cháu của chúng và ^{40}K trong sinh quyển là rất quan trọng bởi vì sự hiện diện phổ biến của chúng, sự bền vững trong môi trường và là tác nhân chính gây ra liều bức xạ trong [1]. Đất - thực vật được công nhận là một trong những con đường chính để chuyển các nhân phóng xạ vào con người [2]. Việc vận chuyển uranium và thorium cùng với các chất dinh dưỡng thông qua việc hấp thụ khoáng chất và tích lũy trong các phần khác nhau trên cây trồng.

Nguồn phóng xạ tự nhiên có tỷ trọng đóng góp lớn nhất vào tổng liều bức xạ mà con người và quần thể sinh vật nhận được, thông qua 02 cách là chiếu xạ ngoài và chiếu xạ trong. Bên cạnh đó, giá trị trung bình hoạt độ phóng xạ trong thực phẩm thay đổi từ vài chục Becquerel (Bq) đến vài trăm Bq trên mỗi kg thực phẩm. Do đó, tính toán hậu quả bất lợi về mặt phóng xạ cho cơ thể con người là không thể bỏ qua. Vì vậy, chúng ta cần xác định các nhân phóng xạ xâm nhập vào thực phẩm, ước tính hoạt độ trong đất và hệ số vận chuyển của chúng trong các mẫu thực phẩm khác nhau, từ đó tính toán liều lượng bức xạ mà cơ thể con người nhận [3-5].

Abstract - To acquire the existing radioactivity data in the main kinds of foods and foodstuffs samples is a necessary task for assessing the environmental impact. Moreover, uptake of radionuclides from soil-to-plant is characterized using a transfer factor (TF). For this reason, the calculation of the soil-to-plant transfer factor is very important and useful. The parameter is necessary not only for transport models in the environment but also useful in predicting radionuclides concentrations in the soil crops for estimating human exposure. In this paper, the authors summarized and presented radionuclides concentrations and soil-to-plant transfer factor of samples collected in Dong Nai. The results obtained show that: The radioisotope activity in foodstuffs is lower than the other results in Vietnam and the recommended value; ^{40}K and ^{226}Ra are the major isotopes transferred into foods and plants.

Key words - Transfer factor; food and foodstuff; radioisotopes

Bên cạnh các hạt nhân phóng xạ tự nhiên, các hạt nhân phóng xạ nhân tạo cũng đã xâm nhập vào môi trường, quan trọng nhất trong số đó là ^{137}Cs ($T_{1/2} \sim 30$ năm), là đồng vị sinh ra chủ yếu từ các vụ thử hạt nhân vào những năm 1960 và tai nạn nhà máy hạt nhân Chernobyl năm 1986 [6]. ^{137}Cs lắng đọng trên các lớp bề mặt của đất và bị rửa trôi, phân bố lại trong hệ sinh thái. ^{137}Cs đóng vai trò quan trọng trong môi trường đất, do nó hấp thụ tốt qua rễ và được thực vật đồng hóa tốt, rồi làm thức ăn cho động vật và con người [7].

Sự hấp thụ nhân phóng xạ của thực vật từ đất đại diện cho một bước quan trọng của việc xâm nhập nhân phóng xạ vào chuỗi thức ăn của con người, hiện tượng này được mô tả bởi hệ số vận chuyển đất – thực vật. Hệ số vận chuyển (TF) là một thông số rất quan trọng và hữu ích cho việc đánh giá phóng xạ, các mô hình vận chuyển hạt nhân phóng xạ trong môi trường cũng như việc đánh giá mức độ hoạt động cụ thể của hạt nhân phóng xạ trong cây nông nghiệp. Hơn nữa, TF là giá trị sử dụng trong nghiên cứu đánh giá tác động của các phóng thích thông lệ hoặc tai nạn hạt nhân phóng xạ vào môi trường đối với các sản phẩm nông nghiệp quan trọng nhất được biết đến [8]. Một số nghiên cứu về chuyển các hạt nhân phóng xạ tự nhiên từ đất sang cây trồng đã được thực hiện ở các vùng khác nhau trên thế giới [8-12]. Tuy nhiên, dường như có ít dữ liệu về việc chuyển các hạt nhân phóng xạ tự nhiên từ đất sang thực vật được thực hiện ở Việt Nam.

Từ các lý do trên, nghiên cứu này sẽ xác định hệ số vận chuyển từ đất vào thực vật tại Đồng Nai.

¹ Dalat Nuclear Research Institute, Vietnam (Nga Thi Thanh Nguyen, Sieu Nhu Le, Y Trung)

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng

Đất thu góp theo nguồn gốc và tính chất như: Đất phèn, phù sa, xám bạc màu, đất đen, đất nâu đỏ [3].

Mẫu đất bề mặt được lấy ở độ sâu 0-5 cm, khối lượng thu góp khoảng 2 – 4 kg/mẫu, đóng gói bằng túi polyethylene 2 lớp, đánh dấu mẫu rồi chuyển về phòng thí nghiệm. Tại phòng thí nghiệm, đất được làm khô trong không khí trong 24-48 giờ và trong lò sấy ở nhiệt độ 110°C trong 10 giờ để đạt được khối lượng không đổi. Sau đó, nghiền nát và đóng vào hộp đo polyetylen hình trụ có đường kính 60 mm và cao 40 mm.

Mẫu thực vật được chọn là lá dương hoặc lá thông, trồng phổ biến trên địa bàn tỉnh. Trọng lượng mẫu cần thu góp khoảng 2 – 4 kg tươi/mẫu.

Mẫu lương thực, thực phẩm (LTTP) được thu góp là các loại lương thực thực phẩm chính, chiếm trọng số lớn trong khẩu phần ăn của cư dân địa phương [13].

Tại phòng thí nghiệm, mẫu được sấy khô ở nhiệt độ 105°C, chuyển mẫu vào lò nung, nâng nhiệt độ 250°C trong 4 giờ và 400°C ít nhất 24 giờ. Sau đó đóng mẫu vào hộp đo polyetylen chuyên dụng.

2.2. Phương pháp

Phương pháp phân tích phóng xạ với hệ phổ kế gamma phòng thấp là phương pháp truyền thống được sử dụng để xác định các đồng vị phóng xạ tự nhiên. Mẫu đất sau xử lý được đo trên hệ phổ kế gamma phòng thấp. Hệ phổ kế dùng detector bán dẫn siêu tinh khiết (GX-3019) có thể tích nhạy cỡ 138 cm³, hiệu suất ghi tương đối 30%, tỉ số *peak/compton* 56, độ phân giải 1,90 keV tại 1332 keV của Co-60.

Hệ số vận chuyển đất – thực vật được định nghĩa là tỷ số giữa hoạt độ riêng của một nguyên tố trong thực vật khô và hoạt độ riêng trong đất khô [2, 14]. Tham số này không những cần thiết cho các mô hình vận chuyển trong môi trường mà còn có ích trong dự đoán hàm lượng nhân phóng xạ trong các loại cây trồng để ước tính liều xâm nhập vào con người [8].

TF đất – cây được xác định theo mối quan hệ:

$$TF = \frac{A_{cây}}{A_{đất}}$$

Trong đó:

TF: hệ số vận chuyển;

$A_{cây}$: hoạt độ riêng trong thực vật khô, Bq/kg;

$A_{đất}$: hoạt độ riêng trong đất khô, Bq/kg.

2.3. Công tác QA/QC

Độ đúng và độ chính xác của phép phân tích được thực hiện bằng cách phân tích mẫu IAEA-Soil-6 cho đồng vị ²²⁶Ra, ¹³⁷Cs. Kết quả phân tích các mẫu tham chiếu tương ứng với các giá trị được chứng nhận. Kết quả QC thể hiện trong Bảng 2 cho thấy độ lệch thấp hơn 10%.

Bảng 1. Kết quả đánh giá QA/QC

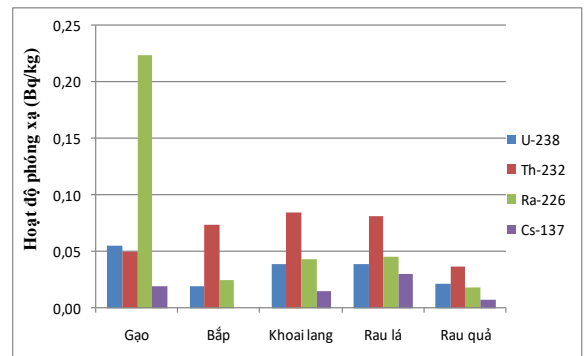
Mẫu	Đồng vị	Kết quả phòng thí nghiệm (Bq/kg)	Giá trị phê chuẩn (Bq/kg)	Độ lệch (%)
IAEA- Soil-6 (Đất)	Ra-226	78,2 ± 9,6	79,92	- 2,15
	Cs-137	51,7 ± 6,1	53,65	-3,63

2.4. Kết quả

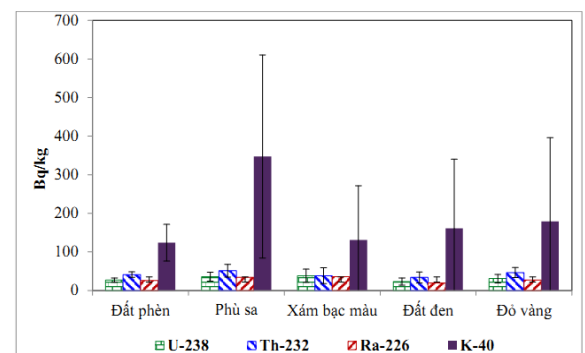
Kết quả dài và giá trị trung bình hoạt độ các đồng vị ⁴⁰K, ²³²Th, ²³⁸U, ²²⁶Ra và ¹³⁷Cs trong đất, so sánh hoạt độ phóng xạ trong LTTP tại Đồng Nai với các nghiên cứu khác và hệ số vận chuyển từ đất đến cây trồng của các đồng vị phóng xạ tại tỉnh Đồng Nai được trình bày tại Bảng 2, 3 và 4.

Bảng 2. Dài và giá trị trung bình hoạt độ các đồng vị phóng xạ trong đất

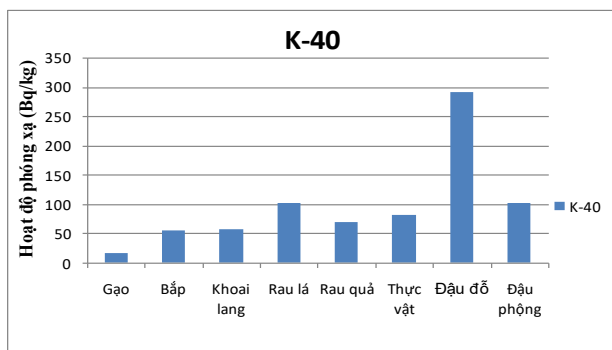
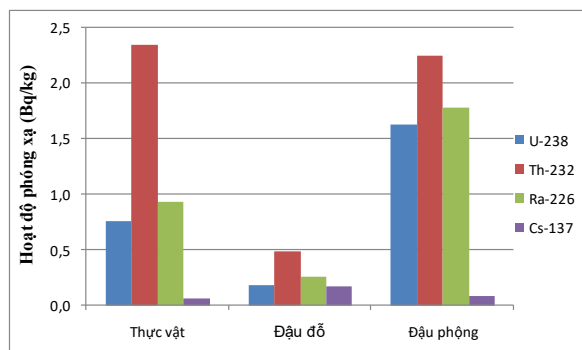
Loại	Hoạt độ phóng xạ (Bq/kg)				
	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	¹³⁷ Cs	
Đồng Nai	31,3 12,1 ÷ 65,6	42,5 16,5 ÷ 76,9	28,5 7,0 ÷ 64,2	184 7,8 ÷ 667	0,57 0,17 ÷ 2,1
Vùng miền Đông Nam Bộ		31 12,0 ÷ 47,2	19,6 5,6 ÷ 30,1	34,6	
Vùng Nam Bộ [15]		50,7 12,0 ÷ 99,0	28,6 5,6 ÷ 54,3	293 5,8 ÷ 756	
TP. Hồ Chí Minh [16]		36,6 14,8 ÷ 59,6	21,1 9,6 ÷ 48,5	279 11 ÷ 637	
Trung Quốc [1]	33 2 ÷ 690	41 1 ÷ 360	32 2 ÷ 440	440 9 ÷ 1800	
Hồng Kông [1]	84 25 ÷ 130	95 16 ÷ 200	59 20 ÷ 110	530 80 ÷ 1100	
Nhật [1]	29 2 ÷ 59	28 2 ÷ 88	33 6 ÷ 98	310 15 ÷ 990	
Ấn Độ [1]	29 7 ÷ 81	64 14 ÷ 160	29 7 ÷ 81	440 38 ÷ 760	
Malaysia [1]	66 49 ÷ 86	82 63 ÷ 110	67 38 ÷ 94	310 170 ÷ 430	
Thái Lan [1]	114 3 ÷ 370	51 7 ÷ 120	48 11 ÷ 78	230 7 ÷ 712	
Trung bình Thế giới [1]		30	35	400	



Hình 1. Hoạt độ đồng vị phóng xạ trong LTTP, thực vật



Hình 2. Hoạt độ đồng vị phóng xạ của 5 loại đất

Hình 3. Hoạt độ đồng vị phóng xạ ⁴⁰K trong LTPP, thực vật

Hình 4. Hoạt độ đồng vị phóng xạ trong LTPP, thực vật

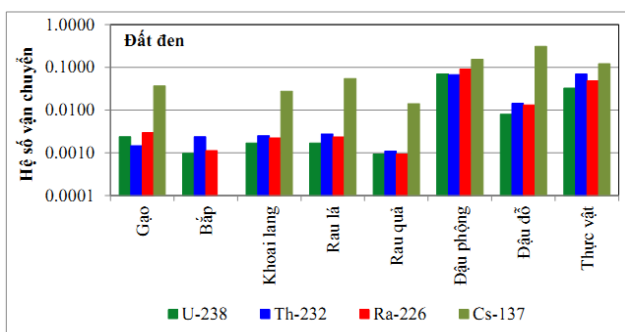
Bảng 3. So sánh hoạt độ phóng xạ trong LTPP tại Đồng Nai với các nghiên cứu khác

Cây trồng	Địa điểm	²³⁸ U (Bq/kg)	²³² Th (Bq/kg)	²²⁶ Ra (Bq/kg)	⁴⁰ K (Bq/kg)	¹³⁷ Cs (Bq/kg)
Gạo	Đồng Nai	0,055 ± 0,041	0,050 ± 0,029	0,224 ± 0,048	16,5 ± 5,3	0,020 ± 0,013
	Vùng phía Nam Việt Nam [13]	0,137 ± 0,027	0,034 ± 0,007	0,036 ± 0,007	21,4 ± 1,1	0,094 ± 0,028
	Quảng Ninh [17]	0,302 ± 0,032	0,056 ± 0,088	0,038 ± 0,007	37,7 ± 13,3	0,099 ± 0,029
	Hải Phòng [17]	0,049 ± 0,006	0,056 ± 0,007	0,032 ± 0,004	44,0 ± 21,2	0,016 ± 0,013
	Thái Bình [17]	0,137 ± 0,084	0,025 ± 0,013	0,018 ± 0,007	30,3 ± 5,1	0,022 ± 0,010
Bắp	Đồng Nai	0,020 ± 0,004	0,074 ± 0,019	0,025 ± 0,008	55,5 ± 15,3	0
	Vùng phía Nam [17]	0,123 ± 0,024	0,027 ± 0,005	0,032 ± 0,006	38,3 ± 1,9	0,240 ± 0,072
	Quảng Ninh [17]	0,463 ± 0,072	0,157 ± 0,073	0,067 ± 0,023	103 ± 17,1	0,095 ± 0,014
	Hải Phòng [17]	0,101 ± 0,010	0,077 ± 0,008	0,020 ± 0,009	105 ± 12,3	0,248 ± 0,144
Khoai lang	Đồng Nai	0,039 ± 0,005	0,085 ± 0,012	0,044 ± 0,004	56,1 ± 1,4	0,015 ± 0,005
	Vùng phía Nam [17]	0,099 ± 0,020	0,038 ± 0,008	0,031 ± 0,006	57,7 ± 2,9	< 0,002
	Quảng Ninh [17]	0,664 ± 0,138	0,093 ± 0,050	0,053 ± 0,038	89,5 ± 30,8	0,045 ± 0,005
Rau lá	Đồng Nai	0,039 ± 0,011	0,081 ± 0,085	0,046 ± 0,014	101 ± 54,6	0,030 ± 0,015
	Vùng phía Nam [17]	0,143 ± 0,029	0,130 ± 0,026	0,085 ± 0,017	76,4 ± 3,8	0,004 ± 0,001
	Quảng Ninh [17]	0,441 ± 0,087	0,324 ± 0,053	0,168 ± 0,021	70,9 ± 29,3	0,034 ± 0,003
	Hải Phòng [17]	0,167 ± 0,119	0,156 ± 0,012	0,098 ± 0,053	68,0 ± 42,1	0,032 ± 0,028
	Thái Bình [17]	0,118 ± 0,023	0,192 ± 0,087	0,093 ± 0,061	93,2 ± 36,0	< 0,009
Rau củ, quả	Đồng Nai	0,022 ± 0,011	0,037 ± 0,018	0,018 ± 0,004	69,1 ± 34,0	0,008 ± 0,002
	Vùng phía Nam [17]	0,099 ± 0,020	0,116 ± 0,023	0,031 ± 0,006	76,0 ± 3,7	0,024 ± 0,007
	Quảng Ninh [17]	0,050 ± 0,005	0,164 ± 0,021	0,070 ± 0,064	77,5 ± 26,5	0,017 ± 0,002
	Hải Phòng [17]	0,167 ± 0,048	0,165 ± 0,020	0,136 ± 0,016	32,3 ± 8,4	0,038 ± 0,004
Thái Bình [17]	0,048 ± 0,033	0,247 ± 0,027	0,052 ± 0,020	80,9 ± 27,4	< 0,005	

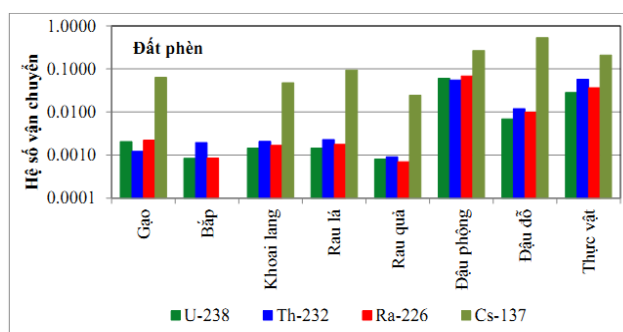
Bảng 4. Hệ số vận chuyển từ đất đến cây trồng của các đồng vị phóng xạ tại tỉnh Đồng Nai

Cây trồng	Loại đất	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
Gạo	Đất phèn	0,0020	0,0012	0,0022	0,1329	0,0634
	Phù sa	0,0016	0,0010	0,0017	0,0473	0,0289
	Xám bạc màu	0,0014	0,0013	0,0016	0,1255	0,0488
	Đất đen	0,0024	0,0015	0,0030	0,1020	0,0367
	Đỏ vàng	0,0018	0,0011	0,0021	0,0918	0,0306
Bắp	Đất phèn	0,0008	0,0019	0,0008	0,4489	
	Phù sa	0,0006	0,0016	0,0006	0,1599	
	Xám bạc màu	0,0006	0,0021	0,0006	0,4240	
	Đất đen	0,0010	0,0024	0,0011	0,3445	
	Đỏ vàng	0,0007	0,0017	0,0008	0,3100	
Khoai lang	Đất phèn	0,0015	0,0021	0,0017	0,4534	0,0479
	Phù sa	0,0011	0,0017	0,0013	0,1615	0,0219

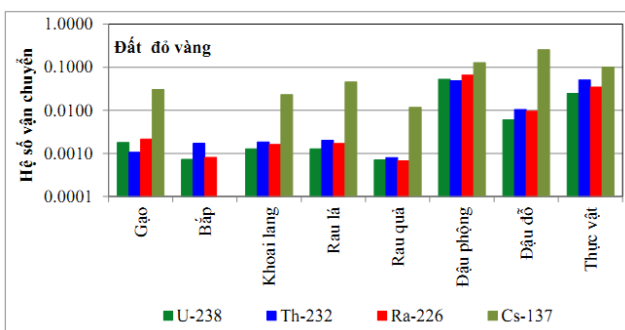
Cây trồng	Loại đất	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{137}Cs
	Xám bạc màu	0,0010	0,0022	0,0012	0,4282	0,0368
	Đất đen	0,0017	0,0025	0,0022	0,3480	0,0277
	Đỏ vàng	0,0013	0,0018	0,0016	0,3131	0,0231
	Đất phèn	0,0015	0,0023	0,0018	0,8149	0,0942
	Phù sa	0,0011	0,0018	0,0013	0,2903	0,0430
Rau lá	Xám bạc màu	0,0010	0,0024	0,0013	0,7697	0,0724
	Đất đen	0,0017	0,0028	0,0024	0,6255	0,0545
	Đỏ vàng	0,0013	0,0020	0,0017	0,5628	0,0454
	Đất phèn	0,0008	0,0009	0,0007	0,5589	0,0244
	Phù sa	0,0006	0,0007	0,0005	0,1991	0,0111
Rau quả	Xám bạc màu	0,0006	0,0010	0,0005	0,5279	0,0188
	Đất đen	0,0009	0,0011	0,0009	0,4290	0,0141
	Đỏ vàng	0,0007	0,0008	0,0007	0,3860	0,0118
	Đất phèn	0,0606	0,0550	0,0686	0,8191	0,2666
	Phù sa	0,0460	0,0440	0,0520	0,2918	0,1216
Đậu phộng	Xám bạc màu	0,0426	0,0591	0,0496	0,7737	0,2051
	Đất đen	0,0704	0,0668	0,0915	0,6286	0,1543
	Đỏ vàng	0,0531	0,0486	0,0660	0,5657	0,1286
	Đất phèn	0,0069	0,0119	0,0099	2,3480	0,5320
	Phù sa	0,0052	0,0095	0,0075	0,8364	0,2427
Đậu đỗ	Xám bạc màu	0,0048	0,0127	0,0071	2,2178	0,4092
	Đất đen	0,0080	0,0144	0,0131	1,8021	0,3080
	Đỏ vàng	0,0060	0,0105	0,0095	1,6217	0,2566
	Đất phèn	0,0282	0,0575	0,0361	0,6498	0,2095
	Phù sa	0,0214	0,0459	0,0274	0,2314	0,0956
Thực vật	Xám bạc màu	0,0198	0,0617	0,0261	0,6137	0,1612
	Đất đen	0,0327	0,0698	0,0482	0,4987	0,1213
	Đỏ vàng	0,0247	0,0508	0,0348	0,4488	0,1011



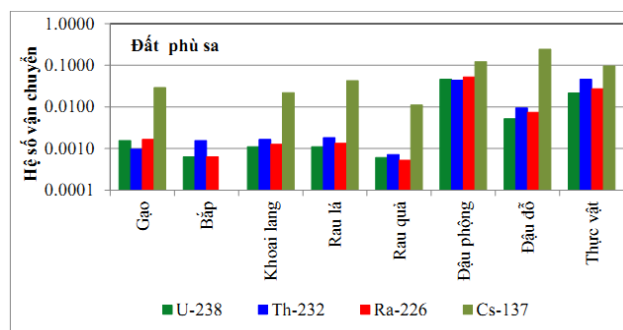
Hình 5. Hệ số vận chuyển từ đất đen sang LTP, thực vật



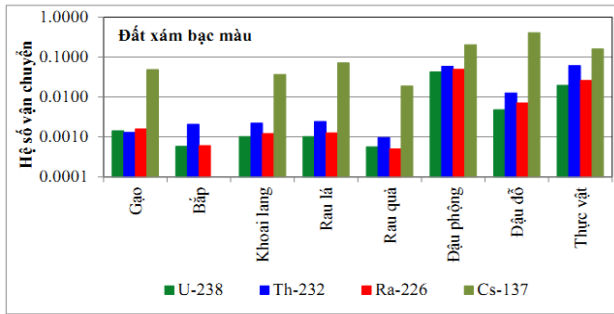
Hình 7. Hệ số vận chuyển từ đất phèn sang LTP, thực vật



Hình 6. Hệ số vận chuyển từ đất đỏ vàng sang LTP, thực vật



Hình 8. Hệ số vận chuyển từ đất phù sa sang LTP, thực vật



Hình 9. Hệ số vận chuyển từ đất xám bạc màu sang LTPP

2.5. Thảo luận

Từ Bảng 2, ta thấy giá trị hoạt độ trung bình các đồng vị phóng xạ trong đất tại Đồng Nai có giá trị nhỏ hoặc bằng so với các vùng khác tại Việt Nam và các quốc gia trên thế giới. Hơn nữa, các giá trị này nhỏ hơn giới hạn an toàn do tổ chức OECD (Organisation for European Economic Cooperation and Development) đưa ra là 370 Bq/kg đối với đồng vị ^{226}Ra .

Nhìn chung, từ Bảng 3 mức hàm lượng các đồng vị phóng xạ trong LTPP ở Đồng Nai thấp hơn nhiều lần so với mức cho phép theo quy định của Cơ quan Nông lương thế giới cũng như Ủy ban an toàn phóng xạ Quốc tế (1000 Bq/kg đối với ^{137}Cs). Các kết quả này cũng được so sánh với các tác giả trong nước và thế giới [13,17,18].

Từ các kết quả ở Bảng 4, các giá trị tính toán của hệ số vận chuyển đất – thực vật chỉ ra rằng ^{40}K và ^{226}Ra là các hạt nhân phóng xạ chính được chuyển vào LTPP và thực vật. TF cho ^{40}K ($0,0473 \div 2,348$) cao hơn TF cho ^{226}Ra ($0,0005 \div 0,0915$), ^{232}Th ($0,0007 \div 0,0698$) và ^{238}U ($0,0006 \div 0,0704$). Sự hấp thụ cao hơn ở ^{40}K là do đặc tính dinh dưỡng thiết yếu của kali đối với cây trồng để duy trì trạng thái cân bằng. Các giá trị này thấp hơn một số kết quả nghiên cứu trên thế giới [19, 20]. Đối với đồng vị phóng xạ nhân tạo ^{137}Cs , TF có dải $0,0111 \div 0,532$, tuy nhiên ^{137}Cs được phát hiện chỉ có dạng vết nên sẽ không có nguy cơ tích tụ trong thực vật và chế độ ăn uống của con người. Đánh giá này có ý nghĩa quan trọng đối với việc sản xuất LTPP có hàm lượng hạt nhân phóng xạ thấp [21].

3. Kết luận

Hoạt độ đồng vị phóng xạ và hệ số vận chuyển đất – cây trồng được xác định trong một số loại đất và cây trồng tại Đồng Nai. Hoạt độ của ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{137}Cs và ^{40}K trong cây trồng không bị ảnh hưởng nhiều bởi hoạt độ phóng xạ trong đất. Điều này cho thấy, sự chuyển các hạt nhân phóng xạ từ đất sang cây trồng bị ảnh hưởng chủ yếu bởi các đặc tính hóa lý của đất cũng như tính sẵn có của chúng đối với thực vật và đặc tính trao đổi chất của cây trồng khác nhau. Hơn nữa, báo cáo cũng đưa ra các giá trị TF của các nhân phóng xạ rất khác nhau. TF cao hơn khi hoạt độ của đất thấp và giảm khi hoạt độ đất tăng. Các cơ sở dữ liệu thông số vận chuyển đất – thực vật thực hiện trong nghiên cứu này có thể là số liệu ban đầu để tiếp tục thực hiện các nghiên cứu đánh giá tác động môi trường về sau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] UNSCEAR, *Radiation Sources and effects of ionizing radiation. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation to General Assembly*, United Nations, New York, 2000.
- [2] IAEA, *Measurement of radionuclides in Food and the Environment*. Guide Book, Tech. Rep. Series No. 295, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1989.
- [3] IAEA, *Soil sampling for environmental contaminants*. IAEA-TECDOC-1415, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2004.
- [4] AEA, *Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife*. IAEA Technical Report Series No 479, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2014.
- [5] N. T. Binh., et al. *Factors of radionuclide transfer from air, soil and fresh water to the food chain of Man in monsoon tropical condition of Vietnam*, Annex VIII, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1997.
- [6] IAEA, *Present and Future Environmental Impact of the Chernobyl Accident*. IAEA-TECHDOC-1240, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2001.
- [7] P.D. Hien., H.T. Hiep, N.H. Quang, N.Q. Huy, N.T. Binh, P.S. Hai, N.Q. Long, and V.T. Bac, “Derivation of Cs-137 deposition density from measurements of Cs-137 inventories in undisturbed soils”, *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 62, No. 3, pp. 295-303, 2002.
- [8] L. W. Ewers, G. J. Ham, and B. T. Wilkins, *Review of the Transfer of Naturally Occurring Radionuclides to Terrestrial Plants and Domestic Animals*, National Radiological Protection Board, 2003.
- [9] F. V. Tome, M.P. B. Rodríguez, and J.C Lozan, “Soil to plant transfer factors for natural radionuclides and stable elements in a Mediterranean area”, *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 65, No. 2, pp. 161-175, 2003.
- [10] L. H. Staven, K. Rhoads, B. A. Napier, and D. L. Strenge, *A Compendium of Transfer Factors for Agricultural and Animal Products*, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, 2003.
- [11] V.A. Pulhani, S. Dafauti, A.G. Hegde, R.M. Sharma, and U.C. Mishra, “Uptake and distribution of natural radioactivity in wheat plants from soil”, *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol.79, No. 3, pp. 331-346, 2005.
- [12] P. B. Rodríguez, F. V. Tomé, M. P. Fernández, and J. C. Lozano, “Linearity assumption in soil-to-plant transfers of natural uranium and radium in *Helianthus annuus*”, *Science of the Total Environment*, Vol. 361, No. 1-3, pp. 1-7, 2006.
- [13] N. T. Ngo, et al., “The public committed effective dose caused by consumption of foods & foodstuffs in Ninh Thuan”, *Nuclear Science and Technology*, Vol. 4, No. 4, pp. 45-52, 2014.
- [14] JAERI, *Determination of Radionuclides in Food and Environmental Samples*, Japan, 1999.
- [15] N. Q. Huy et al., “Natural radioactivity and external dose assessment of surface soils in Vietnam”, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 151, No. 3, pp. 522-531, 2012.
- [16] T.D. Khoa., T. Y. L.N. Sieu, N. V. Phu, and T. H. Nam, “Environmental radioactivity and associated radiological hazards in surface soils in Ho Chi Minh City, Vietnam”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 326, No. 3, pp. 1773-1783, 2020.
- [17] L. T. Bat, T. T. H. Loan, T. H. N. Thy, H. T. Y. Hong, V. N. Ba, and L. N. Quynh, “Determining ^{238}U radioactivity concentration in food using high-resolution gamma spectrometer”, *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, vol. 6, no. 84, pp. 12-23, 2016.
- [18] MAFF/SEPA, *Radioactivity in food and the environment*, Scottish Environment Protection Agency, 1996 – 1998.
- [19] S. Ibikunle, A. M. Arogunjo, and O. S. Ajayi, “Characterization of radiation dose and soil-to-plant transfer factor of natural radionuclides in some cities from south-western Nigeria and its effect on man”, *Scientific African*, Vol. 3, pp. 52-62, 2019.
- [20] M.S. Al-Masri, B. Al-Akel, A. Nashawani, Y. Amin, K.H. Khalifa, and F. Al-Ain, “Transfer of ^{40}K , ^{238}U , ^{210}Pb , and ^{210}Po from soil to plant in various locations insouth of Syria”, *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 99, No. 2, pp. 322-331, 2008.
- [21] W. Kühn, J. Handl, and P. Schuller, “The influence of soil parameters on ^{137}Cs uptake by plants from long-term fallout on forest clearings and grassland”, *Health Physics*, Vol. 46, No. 5, pp. 1083-1093, 1984.