

STRONCIJ I KALCIJ U PREHRAMBENIM ARTIKLIMA*

V. POPOVIĆ i RADMILA RADEKA

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

(Primljeno 15. XII 1963)

U referatu je dat općeniti pregled načina kontaminacije biljaka radioaktivnim elementima. Posebna pažnja posvećena je kontaminaciji biljaka radioaktivnim stroncijem. Interpretirani su rezultati analize nekih prehrambenih artikala biljnog porijekla i stočne hrane.

Kontaminacija biljaka radioaktivnim elementima može biti direktna, za vrijeme perioda rasta deponiranjem radionuklida na dijelovima biljke iznad tla, i indirektna, apsorpcijom radionuklida iz tla preko korijena. Relativna proporcija ovih dviju kontaminacija ovisi o karakteristikama tla, radionuklida, biljke i faktora okoline.

Indirektna kontaminacija biljaka, tj. kontaminacija preko korijena, ovisi o više faktora:

1. Od mogućnosti biljke da koristi radionuklide koji su dospjeli u tlo. Ta mogućnost ovisi o načinu fiksiranja radionuklida u materijalu tla i o njihovoj topljivosti pri uvjetima koji vladaju u tlu. Okludirane radionuklide, npr. Y, La, Ce, biljke će manje koristiti zbog njihove čvrste fiksacije u tlu. Sr-90 je međutim samo slabo adsorbiran na humusnom i glincnom materijalu, pa će i biljke imati mnogo veću mogućnost da ga koriste. Osim toga, kiselija tla (s nižim vrijednostima pH) imaju mnogo veću sposobnost otapanja radionuklida od neutralnih i bazičnih, pa je i apsorpcija radionuklida iz kiselijih tala veća.

2. Važan faktor kod indirektna kontaminacije je kapacitet korijena za pojedine elemente. Poznato je da korijen biljke ima veliki kapacitet za kalcij i kalij, a s obzirom na to da je Sr-90 kemijski vrlo sličan kalciju, a Cs-137 kaliju, pretpostavlja se da je i kapacitet korijena za ove radionuklide velik.

3. Sposobnost transporta pojedinih elemenata od korijena do drugih organa biljke također je važan faktor kod indirektna kontaminacije.

* Saopćenje na I. jugoslavenskom simpozijumu o radiološkoj zaštiti, Portorož, 1963.

Ta sposobnost je za stroncij i cezij velika, opet iz razloga što je sposobnost biljke da transportira kalcij i kalij velika.

Karakteristike stroncija i kalcija s obzirom na njihovo ponašanje u tlu, njihovo preuzimanje i transport, tako su slične da se sa sigurnošću može pretpostaviti da neće doći do diskriminacije jednog prema drugome ni u tlu ni u bilo kom dijelu biljke. Prema tome, biljka će uzimati stroncij i kalcij iz tla približno u onom omjeru u kojem se oni nalaze u topljivom, odnosno reaktivnom obliku u tlu. Scott Russel je na osnovu eksperimentalnih podataka dao diskriminacioni faktor za sistem tlo (topljiva faza) – biljka:

$$\text{Diskriminacioni faktor} = \frac{(\text{sadržaj Sr : sadržaj Ca}) \text{ biljka}}{(\text{sadržaj Sr : sadržaj Ca}) \text{ tlo}} - 1$$

Direktna kontaminacija biljaka. Tu se razumijeva kontaminacija biljaka fisionim materijalom koji pada po površini nadzemnih dijelova biljke. Ovaj izvor kontaminacije je mnogo opasniji od kontaminacije preko tla, jer prolaskom fisionih produkata kroz tlo dolazi do njihova razređenja s materijalom tla, zatim do jačeg ili slabijeg fiksiranja u tlu i ispiranja s kišom u dublje slojeve van domene korijenja većine biljaka koje služe za ljudsku i stočnu ishranu. Stepenn direktne kontaminacije ovisit će u prvom redu o količini radioaktivnih padavina u periodu vegetacije, stadija razvitka biljke i morfoloških karakteristika biljke.

Direktna kontaminacija može se svrstati u dvije kategorije:

1. Površinska kontaminacija – to je tip kontaminacije radioaktivnim česticama koje se natalože po površini biljke, i

2. Direktna unutrašnja kontaminacija – uzimanje radionuklida kroz lišće, stabljiku, cvijet i druge nadzemne organe biljke i njihovo dalje gibanje kroz biljku. Direktna unutrašnja kontaminacija ovisi od transportne mogućnosti radionuklida kroz biljku. Poznato je da se kalcij prenosi samo transpiratornim putem i da vrlo sporo putuje u druge dijelove biljke (uglavnom se zadržava u lišću). Na osnovu te činjenice može se zaključiti da će i Sr-90 ići istim putem.

U Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, vršena su određivanja Sr-90 i kalcija u stočnoj hrani i nekim prehrambenim artiklima biljnog porijekla. Iz dobivenih rezultata analiza pokušali smo objasniti efekte nekih naprijed spomenutih faktora koji utječu na kontaminaciju biljaka.

Tablica 1 prikazuje rezultate analiza Sr-90 i kalcija u sijenu i lucerni. Uzorci su uzimani dva puta na godinu: u proljeće (I košnja) i potkraj ljeta (II košnja). Prema rezultatima se vidi da je do veće kontaminacije i lucerne i sijena došlo u periodu proljetne vegetacije. Ova pojava može se pripisati najvećim dijelom visokoj direktnoj kontaminaciji u pro-

ljeće, jer je poznato da najviše radioaktivnih padavina dopiye na zemlju baš u proljeće. Usporedimo li nivo kontaminacije tla (tablica 3) s nivoom kontaminacije sijena i lucerne, možemo vidjeti kakav je odnos direktne i indirektno kontaminacije. Iz tablica 1 i 2 vidi se da pri kontaminaciji trava najveći dio otpada na direktnu površinsku kontaminaciju.

U tablici 2 dani su rezultati analiza nekih prehrambenih artikala biljnog porijekla na sadržaj Sr-90. Kod interpretacije ovih rezultata moramo uzeti u obzir i karakteristike same biljke. Za sve ove biljke, osim kupusa, karakteristično je da imaju veoma niski sadržaj kalcija. Kontaminacija izražena po gramu kalcija je niska, a s obzirom na veoma niski sadržaj kalcija u biljci (ispod 1 g kalcija po kg), sadržaj Sr-90 po kg suhe tvari je još niži. Usporede li se ovi rezultati s količinom Sr-90 u tlu, vidi se da je odnos stroncija i kalcija u tlu približno jednak odnosu stroncija i kalcija u ovim prehrambenim artiklima. Znači, do kontaminacije ovih biljaka došlo je, uglavnom, indirektnim putem preko korijenja iz tla. Ovaj način kontaminacije uvjetovan je morfološkim karakteristikama analiziranih artikala. Plodovi kukuruza i graha zaštićeni su prirodnim omotačem od direktne kontaminacije. Gomolji krumpira razvijaju se u zemlji, pa je i tu onemogućena površinska kontaminacija. Kod pšenice se vidi da je kontaminacija zrna veća nego kontaminacija tla, a to pokazuje da je do kontaminacije zrna došlo i direktnim putem, najvjerojatnije u periodu cvata. Nosilac kontaminacije pšenice je uglavnom ljuska pšenice, pa je kontaminacija visoko ekstrahiranog brašna (bijelo – bez posija) neznatna.

Pšenica, kukuruz, krumpir i grah pripadaju među osnovne artikle u ishrani naših ljudi. Kontaminacija tih artikala sa Sr-90 nastaje, uglavnom, preko kontaminiranog tla. U slučaju veće kontaminacije, kod vršenja mjera zaštite od kontaminirane hrane, potrebno je u prvom redu gledati da se smanji kontaminacija tla. Primjenom agrotehničkih mjera kao što su duboko oranje, iscrpljivanje tla pogodnim kulturama, tretiranje tla vapnom (kalcij služi kao razređujući faktor za stroncij) smanjuje se koncentracija Sr-90 u tlu, a ujedno se povisuje i prinos.

Tablica 1
Sr-90 i Ca u stočnoj hrani

Mjesto sakupljanja	S i j e n o						L u c e r n a					
	I košnja			II košnja			I košnja			II košnja		
	gCa/kg	pc/gCa	pc/kg	gCa/kg	pc/gCa	pc/kg	gCa/kg	pc/gCa	pc/kg	gCa/kg	pc/gCa	pc/kg
	1	9	6	2	1	9	6	2	1	9	6	2
Zagreb	7,2	311	2230	9,2	163	1500	15,4	300	4630	18,8	46	863
Osijek	9,6	234	2240	16,2	141	2322	7,6	95	725	14,2	41	584
Zadar	6,5	226	1472	2,8	167	468	—	—	—	—	—	—
Zagreb	8,2	370	3040				18,5	109	2020			
Osijek	6,1	641	3880				23,8	105	2500			
Zadar	3,2	1032	3290				26,3	123	3240			

Tablica 2
Sr-90 i Ca u prehrambenim artiklima

Kultura	Vegetacioni period (dana)	TOPOLOVAC			PITOMAČA			PAPUČA			SINJ		
		gCa/kg	pc/gCa	pc/kg	gCa/kg	pc/gCa	pc/kg	gCa/kg	pc/gCa	pc/kg	gCa/kg	pc/gCa	pc/kg
Kukuruz	110—120	0,04	32,7	1,3	0,06	41,0	2,5	—	—	—	0,05	31,1	1,5
Krumpir	120—130	0,30	35,2	10,5	0,22	91,2	20,2	0,13	128	16,8	—	—	—
Grah	120—130	1,12	11,1	12,5	1,66	32,3	53,2	—	—	—	—	—	—
Kupus	180	6,75	6,3	42,5	4,30	32,4	139,0	2,58	48,3	124,2	—	—	—
Pšenica		0,46	585	266	0,44	731,0	320	—	—	—	0,45	665	299

Tablica 3
Sr-90 u tlu

Mjesto uzimanja uzorka	pc/g Ca
Zagreb	9,5
Osijek	58,0
Zadar	4,2

Summary

STRONTIUM AND CALCIUM IN FOODSTUFFS

In 1962 and 1963 determination of Sr-90 and Ca in some foodstuffs and fodder of vegetable origin was carried out. Analysis of the results obtained has led to the following conclusions:

1. Grass (hay, lucerne) is for the most part contaminated by surface contamination.
2. The degree of surface contamination of hay and lucerne is comparatively higher in spring than in summer vegetation owing to a higher radioactive fallout in spring.
3. The activity of lucerne is somewhat lower than the activity of hay because the roots of lucerne go deeper into the soil and are therefore less exposed to indirect contamination.
4. The plants with a lower Ca content take a proportionately lower content of Sr-90 from the soil. This is extremely important for the articles contaminated through the soil, because the amount of strontium and calcium taken by the plant from the soil is in an approximate relation to the amount of these elements dissolved in the soil.

*The Institute for Medical Research,
incorporating the Institute of Industrial
Hygiene, Zagreb*

*Received for publication
December 15, 1963*