

Institut Biologii UMCS
Zakład Biologii Komórki
Instytut Nauk o Ziemi UMCS
Zakład Gleboznawstwa

Michał GÓRSKI, Stanisław UZIĄK

¹³⁷Cez w wybranych roślinach i glebach Tatrzańskiego Parku Narodowego

¹³⁷Caesium in the Selected Plants and Soils of the Tatra Mountains National Park

WSTĘP

¹³⁷Cez wraz ze strontem⁹⁰ jest, jak wiadomo, głównym składnikiem opadu stratosferycznego jeszcze przez kilka lat po wybuchu jądrowym. Największe nasilenie opadów radioaktywnych w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych (1956–1964) wykazała półkula północna ze względu na dużą liczbę przeprowadzonych prób nuklearnych (23). Zdarzające się awarie elektrowni jądrowych powodowały również skażenie środowiska przyrodniczego. Szczególnie groźna była w skutkach katastrofa w Czarnobylu wiosną 1986 r.

¹³⁷Cez jest groźny dla organizmów żywych (21). Jego radiotoksyczność spowodowana jest kumulowaniem się w glebach i organizmach, długim okresem połowicznego rozpadu, a także wysoką energią promieniowania β i γ . ¹³⁷Cez, podobnie jak stront⁹⁰, dostaje się na powierzchnię gleby z opadami atmosferycznymi. Gromadzi się głównie w wierzchniej warstwie gleby (do kilku centymetrów), zwłaszcza bogatej w substancję organiczną i praktycznie nie ulega przemieszczaniu w głąb (5, 8, 9, 18–20).

Głównym źródłem skażenia roślin cezem jest gleba. Jego przyswajalność przez rośliny zależy od właściwości gleby (odczynu, zawartości koloidów i substancji organicznej), ale może też wynikać z cech gatunkowych roślin (4, 6, 22). Różne części wegetacyjne tych samych roślin wykazują różną zawartość cezu; najwięcej jest go zwykle w częściach podziemnych. Dużo pobierają cezu warzywa, mniej rośliny motylkowe, a jeszcze mniej trawy i zboża. Warto podkreślić, że rośliny niższe (plechowe i zarodnikowe) wykazują większą zdolność akumulacji cezu niż rośliny naczyniowe (13).

MATERIAŁY I METODYKA

Materiały do badań zebrano w r. 1979 oraz w latach 1985–1988 z terenu Tatr i pasma Gubałówki. Próbkę roślinną pobierano z dziurawca (*Hypericum*), wierzbownicy (*Epilobium*), kosodrzewiny (*Pinus mugo* subsp. *mugo*), mchu (rodzaju *Politrichum*) oraz porostów (*Cladonia digitata*, *C. squamosa*, *Hypogymnia physodes*).

Próbki glebowe pobierano z wierzchniej warstwy gleby (0–5 cm) oraz z poszczególnych poziomów genetycznych 14 profili glebowych. Pobierane były one na różnych wysokościach (od ok. 900 do 2200 m n.p.m.), na kulminacjach, w płaskich położeniach, w terenowych obniżeniach, na stokach o różnej ekspozycji (N, NW, NE; S, SW, SE; W; E), w miejscach o różnej roślinności (jak: las, łąka lub polana śródleśna, kosodrzewina, hała), zwykle w miesiącach letnich (lipiec, sierpień). Próbkę roślin, a także gleb były często pobierane z tych samych miejsc w różnych latach.

Próbki glebowe pochodzą z gleb wytworzonych z różnych skał i o różnym stopniu rozwoju. Wynika to z faktu ogromnego zróżnicowania pokrywy glebowej Tatrzańskiego Parku Narodowego (1, 10). Tak więc reprezentują one gleby inicjalne i rankery, gleby brunatne wylugowane i kwaśne, gleby bielcowe, glejowe, torfiasto-bielcowe i torfiasto-glejowe, rędziny inicjalne, brunatne i z butwiną oraz murszowo-próchniczne. Ich skałami macierzystymi są najczęściej granity, często zmetamorfizowane, wapienie oraz skały typu fliszowego — piaskowce i łupki. Gleby są średniej miąższości lub płytkie, niekiedy bardzo płytkie, zwykle o składzie granulometrycznym gliniastym i z dużą ilością szkieletu.

Miejsca pobrania próbek roślinnych i glebowych ilustruje ryc. 1.

Aktywność ^{137}Ceu (w Bq/g) oznaczano w pobranych próbkach gleb i roślin po ich wysuszeniu i rozdrobieniu. Pomiar wykonywano na 2 g materiału przy użyciu sondy scyntylicyjnej SSU-70 z węgłowym kryształem NaJ (TI). Zliczanie prowadzono stosując spektrometr jednokanałowy na bazie standardu 70. Aktywność próbki określano na podstawie liczby zliczeń w kanale odpowiadającym pikowi ^{137}Ceu . Wyniki oznaczeń zestawiono w tab. 1–6.

WYNIKI BADAŃ

Gleby. Większe ilości ^{137}Ceu stwierdzono w glebach w r. 1986 i r. 1988 niż w r. 1979 i r. 1985 (tab. 1). Dane zawarte w dostępnym piśmiennictwie wskazują również na znaczne zróżnicowanie zawartości ^{137}Ceu w glebach (2, 3, 7, 14). Nie zaznaczył się natomiast wpływ wysokości i ekspozycji terenu na zawartość wymienionego radionuklidu, co stwierdzono na przykład w glebach Hawajów (16) czy w odniesieniu do strontu⁹⁰ w glebach Polski (12). Należy podkreślić, że wkrótce po katastrofie w Czarnobylu nastąpił gwałtowny wzrost (ponad 30-krotny) skażenia gleb w niektórych rejonach Polski (15).

Zawartość cezu w poziomie A_1 jest na ogół wyższa w porównaniu z poziomami niższymi (tab. 2). Mimo że cez jest silnie wiązany w warstwie wierzchniej, poziomy B zawierają dość dużo tego radionuklidu. Wskazywać by to mogło na ewentualność jego przemieszczania, tak jak w przypadku Sr-90 w uprawnych glebach lekkich (17). Badane gleby nie są jednak ani glebami lekkimi, ani uprawnymi, w których ma miejsce mechaniczne przemieszczanie w wyniku uprawy. Należy też zwrócić uwagę, że w r. 1986 średnia zawartość ^{137}Cs w poziomie A_1 jest wyższa niż w r. 1985 czy r. 1987.

Tab. 1. Zawartość ¹³⁷Cs w poziomach akumulacyjnych gleb (aktywność w Bq/g)
The content of ¹³⁷Cs in the accumulation horizon of the soils (the activity in Bq/g)

1979		1985		1986		1988	
Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Nr próbki Sample No.	Położenie Location
1	1 P a	23	3 K c	82	2 P a	159	3 P cb
2	2 P a	24	3 N b	89	2 S d	163	2 P a
3	2 E d	34	3 K b	93	2 E c	170	2 Z bd
4	2 S a	48	4 K cb	94	2 E c	171	2 Z bd
5	2 N a	50	4 K c	95	2 E c	174	2 Z bd
6	2 N c	53	1 P a	97	2 E c	177	2 N d
7	2 N c	55	1 P a	99	2 E a	179	2 N da
8	3 K c	56	1 P a	103	3 N c	180	2 N da
9	2 N a	średnio – mean	0.26	116	2 K d	184	2 W a
10	2 N b	(0.22–0.32)		117	3 K c	185	2 P db
12	3 N b			120	2 N d	średnio – mean	0.61
średnio – mean	0.17			średnio – mean	0.42		(0.40–0.87)
	(0.09–0.28)				(0.23–0.78)		

Objasnienia: 1 – wysokość do 1000 m n.p.m., 2 – 1000–1500 m, 3 – 1500–2000 m, 4 – powyżej 2000 m, K – kulminacja, grzbiet, P – teren płaski, Z – zagłębienie, kocioł, N (NW, NE) – ekspozycja północna, S (SW, SE) – ekspozycja południowa, W – wystawa zachodnia, E – wystawa wschodnia, a – las, b – kosodrzewina, c – roślinność halna, d – łąka, pastwisko, polana w lesie (zadarniona).

Explanations: 1 – altitude up to 1000 m a.s.l., 2 – 1000–1500 m, 3 – 1500–2000 m, 4 – above 2000 m, K – culmination, ridge, P – flat area, Z – depression, N (NW, NE) – northern exposure, S (SW, SE) – southern exposure, W – western exposure, E – eastern exposure, a – forest, b – dwarf mountain pine, c – mountain pasture, d – meadow, pasture, a clearing in the forest (sodded).

Tab. 2. Zawartość ^{137}Cs w profilach glebowych (aktywność w Bq/g)
The content of ^{137}Cs in the soil profiles (the activity in Bq/g)

Nr profilu Profile No.	Głębokość Depth (cm)	Poziom Horizon	Gleba Soil	Położenie Location	Aktyw- ność Activity
245	1985	A ₁ (B)	brunatna właściwa, gliniasta, z pyłowców brown typical soil, loamy, of sandstone	2 S ab	0.41
	0-10				0.40
246	3-15	A ₁	murszowa halna, gliniasta na wapieniach muck soil of mountain pasture, loamy, on limestone	3 K cb	0.16
247	0-7	A ₀	bielicowa oglejona, gliniasta, ze skał krystalicznych kwaśnych podzolic gleyed soil, loamy, of acid crystalline rocks	2 N a	0.38
	8-15	A ₁			0.30
	15-25	A ₂			0.24
	25-35	B			0.24
248	3-15	A ₁	rędzina brunatna, gliniasta, z wapieni brown rendzina, loamy, of limestone	2 N a	0.37
	20-30	(B)			0.37
249	1986	A ₁ A ₁ /B (B) ₁	brunatna kwaśna, pyłowa, ze skał krystalicznych acid brown soil, silty, of crystalline rocks	2 S a	0.65
	0-3				0.36
	3-6				0.35
250	0-5	A ₁	brunatna kwaśna, gliniasta, z piaskowców acid brown soil, loamy, of sandstone	2 E d	0.36
	5-7	A _{1g}			0.23
251	12-25	(B)	murszowo-próchnicza, halna, na skałach granitowych humic-mucky soil of mountain pasture, on granite rocks	3 N c	0.25
	0-5	A ₁			0.36
252	0-10	A ₁	jak wyżej as above	3 P c	0.33
253	0-8	A ₁	brunatna właściwa, pyłowa, na wapieniach brown typical soil, silty, on limestone	2 N a	0.59
	15-25	(B)			0.37
254	1987	A ₁ (B)	brunatna kwaśna, gliniasta, z łupków acid brown soil, loamy, of schists	2 K d	0.49
	2-10				0.43
255	2-10	A ₁	brunatna kwaśna, gliniasta, z granitów acid brown soil, loamy, of granite	2 S d	0.33
	15-25	(B)			0.30
256	2-8	A ₁	rędzina brunatna z wapieni brown rendzina of limestone	1 E a	0.34
	8-15	(B)/C			0.32
257	5-10	A ₁	bielicowa gliniasta z granitów podzolic soil, loamy, of granite	2 P a	0.33
	10-15	A ₂			0.32
	15-20	B			0.28
	30-40	B/C			0.7
258	3-10	A ₁	brunatna kwaśna, gliniasta, z granitów acid brown soil, loamy, of granite	1 P d	0.25
	10-20	A ₁ /B			0.27
	25-35	(B)			0.23

Objaśnienia: 1 – wysokość do 1000 m n.p.m., 2 – 1000–1500 m, 3 – 1500–2000 m, K – kulminacja, grzbiet, P – teren płaski, N (NW, NE) – ekspozycja północna, S (SW, SE) – ekspozycja południowa, E – wystawa wschodnia, a – las, b – kosodrzewina, c – roślinność halna, d – łąka, pastwisko, polana w lesie (zadarniona).

Explanations: 1 – altitude up to 1000 m a.s.l., 2 – 1000–1500 m, 3 – 1500–2000 m, K – culmination, ridge, P – flat area, N (NW, NE) – northern exposure, S (SW, SE) – southern exposure, E – eastern exposure, a – forest, b – dwarf mountain pine, c – mountain pasture, d – meadow, pasture, a clearing in the forest (sodded).

Tab. 3. Zawartość ¹³⁷Cs w kosodrzewinie (aktywność w Bq/g)
The content of ¹³⁷Cs in dwarf mountain pine (the activity in Bq/g)

1979			1985			1986			1987			1988		
Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity
6	2 N c	0.34	19	3 K b	0.10	62	2 N b	1.09	125	3 P cb	0.60	158	3 P bc	0.24
11	3 K c	0.04	20	3 N cb	0.24	63	2 N ab	0.20	126	3 E b	0.75	159	3 P cb	0.47
12	3 N b	0.08	21	2 N bc	0.18	64	3 N b	1.83	127	3 P bc	0.42	160	3 P b	0.55
13	2 N b	0.25	22	3 N b	0.11	65	3 N b	1.00	132	2 K ab	0.44	161	3 P b	0.50
14	2 S b	0.03	24	3 N b	0.09	66	2 N b	0.84	133	2 K b	0.44	169	2 Z bd	1.03
15	2 K a	0.16	29	2 N b	0.15	67	3 N b	0.80	145	3 K cb	0.60	172	2 Z bd	0.70
16	3 S bc	0.11	32	3 P bc	0.25	68	2 N bc	1.13	148	3 N cb	1.48	173	2 Z bd	0.71
17	2 N b	0.07	33	3 P bc	0.20	76	3 K b	1.25	149	2 N ab	0.55	175	2 Z bd	1.01
18	3 N b	0.11	34	3 K b	0.10	78	3 N b	1.15				186	2 N a	0.17
	średnio – mean	0.13	43	3 N b	0.25	79	3 P cb	1.23				188	2 N b	0.60
	(0.03–0.34)		45	3 K cb	0.26	84	2 Z b	1.44				189	2 N b	0.06
			46	3 K cb	0.34	101	3 S bc	0.83				193	2 K b	0.35
			47	4 K b	0.29	102	3 K b	1.08				195	2 N bc	0.37
			48	4 K cb	0.14	104	3 N b	1.59				średnio – mean		0.52
			52	3 P b	0.21	105	3 N b	0.86				(0.06–1.03)		
			57	3 W b	0.10	106	3 N b	1.17						
			58	3 W b	0.21	108	2 N b	0.90						
			59	3 K b	0.11	110	2 N ba	1.06						
			średnio – mean	0.19	115	3 Z b	1.32							
			(0.09–0.34)		118	3 K b	1.34							
					średnio – mean	1.11								
					(0.20–1.83)									

Objaśnienia: 1 – wysokość do 1000 m n.p.m., 2 – 1000–1500 m, 3 – 1500–2000 m, 4 – powyżej 2000 m, K – kulminacja, grzbiet, P – teren płaski, Z – zagłębienie, kocioł, N (NW, NE) – ekspozycja północna, S (SW, SE) – ekspozycja południowa, W – wystawa zachodnia, E – wystawa wschodnia, a – las, b – kosodrzewina, c – roślinność halna, d – łąka, pastwisko, polana w lesie (zadarniona).

Explanations: 1 – altitude up to 1000 m a.s.l., 2 – 1000–1500 m, 3 – 1500–2000 m, 4 – above 2000 m, K – culmination, ridge, P – flat area, Z – depression, N (NW, NE) – northern exposure, S (SW, SE) – southern exposure, W – western exposure, E – eastern exposure, a – forest, b – dwarf mountain pine, c – mountain pasture, d – meadow, pasture, a clearing in the forest (sodded).

Tab. 4. Zawartość ^{137}Cs w wybranych roślinach zielonych (aktywność w Bq/g)
The content of ^{137}Cs in the selected herbaceous vegetation (the activity in Bq/g)

1985			1986			1987			1988		
Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity
25	3 N bc	0.79	70	2 N d	0.59	130	2 P a	0.47	157	2 N b	0.31
26	3 N bc	0.66	71	2 N d	1.84	132	2 K ab	0.26	158	3 P cb	0.43
27	2 N bc	0.62	85	2 Z cb	1.04	133	2 K b	0.25	159	3 P cb	0.47
28	2 N bc	0.60	88	2 N d	0.58	135	2 N a	0.39	162	2 N d	0.41
30	2 K a	0.58	90	2 N d	0.64	138	2 N ad	0.27	167	2 N d	0.40
37	2 K ab	0.68	96	2 E d	0.57	139	2 N a	0.14	168	2 N d	0.39
38	2 E d	0.74	98	2 E d	0.42	140	2 N d	0.08	169	2 Z bd	0.40
44	2 K c	0.48	119	2 N d	0.74	141	2 N d	0.10	176	2 P d	0.31
58	3 W b	0.52	121	2 K a	0.59	149	2 Z ab	0.39	177	2 N d	0.34
61	2 N d	0.53	123	1 N a	1.43	150	2 N c	0.20	178	2 N d	0.27
średnio - mean		0.62	średnio - mean		0.84	średnio - mean		0.42	średnio - mean		0.32
		(0.48-0.79)			(0.42-1.84)			(0.06-0.47)			(0.16-0.47)

Objaśnienia: 1 - wysokość do 1000 m n.p.m., 2 - 1000-1500 m, 3 - 1500-2000 m, K - kulminacja, grzbiec, P - teren płaski, Z - zagłębienie, kocioł, N (NW, NE) - ekspozycja północna, W - wystawa zachodnia, E - wystawa wschodnia, a - las, b - kosodrzewina, c - roślinność halna, d - łąka, pastwisko, polana w lesie (zadarniona).

Explanations: 1 - altitude up to 1000 m a.s.l., 2 - 1000-1500 m, 3 - 1500-2000 m, K - culmination, ridge, P - flat area, Z - depression, N (NW, NE) - northern exposure, W - western exposure, E - eastern exposure, a - forest, b - dwarf mountain pine, c - mountain pasture, d - meadow, pasture, a clearing in the forest (sodded).

Tab. 5. Zawartość ¹³⁷Cs w roślinach mchu (aktywność w Bq/g)
The content of ¹³⁷Cs in the plants of moss (the activity in Bq/g)

1985			1986			1987			1988			
Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	
31	2 P c	0.29	69	2 E a	2.65	125	3 P cb	4.23	157	2 N b	1.60	
35	2 N c	0.90	72	1 N a	8.18	126	3 E b	1.73	159	3 P cb	0.98	
36	4 N c	0.51	73	1 N a	6.02	127	3 P bc	2.22	163	2 P a	1.47	
37	2 K ab	0.65	74	1 N a	3.24	128	3 Z bc	2.05	164	2 N a	1.49	
38	2 E d	0.58	75	1 N a	2.87	129	2 P d	1.27	165	2 N a	1.93	
39	2 E d	0.45	77	3 K cb	4.41	130	2 P a	2.50	177	2 N d	1.48	
40	2 E d	0.61	83	2 N a	5.22	131	2 E a	2.00	179	2 N da	3.06	
41	3 N c	0.37	86	2 Z db	7.65	134	2 N a	3.05	182	2 P a	5.33	
42	4 N c	0.31	87	2 N a	7.63	136	1 N a	1.57	186	2 N a	1.51	
44	3 K cb	0.42	91	2 N a	9.04	137	2 N a	2.90	187	2 N b	3.31	
45	3 K c	0.45	92	2 N a	8.38	138	2 N ad	2.69	190	3 N ba	1.91	
46	3 K c	0.28	100	2 E a	8.58	142	2 N a	2.94	198	2 N a	1.57	
47	4 K c	0.51	107	2 N a	7.85	143	1 P a	2.59	199	2 N a	1.84	
48	4 K c	0.20	109	2 N b	2.87	144	2 N a	3.15	201	2 P a	3.25	
49	4 K c	0.69	111	2 N ab	6.12	154	2 N d	2.54	średnio - mean	2.19		
50	4 K c	0.73	112	2 N a	7.80	155	1 P a	3.08	(0.98-5.33)			
51	4 S c	0.64	113	2 N a	6.99	156	1 P d	6.77				
52	3 P b	0.21	114	2 N a	8.49	średnio - mean			2.78			
53	1 P a	0.18	121	2 K a	2.81				(1.27-6.77)			
54	1 P a	0.18	122	1 N a	2.16							
60	2 P a	0.25	średnio - mean			5.95						
			(0.18-0.90)									
			(2.16-9.04)									

Objaśnienia: 1 - wysokość do 1000 m n.p.m., 2 - 1000-1500 m, 3 - 1500-2000 m, 4 - powyżej 2000 m, K - kulminacja, grzbiet, P - teren płaski, Z - zagłębienie, kocioł, N (NW, NE) - ekspozycja północna, S (SW, SE) - ekspozycja południowa, E - wystawa wschodnia, a - las, b - kosodrzewina, c - roślinność halna, d - łąka, pastwisko, polana w lesie (zadarniona).

Explanations: 1 - altitude up to 1000 m a.s.l., 2 - 1000-1500 m, 3 - 1500-2000 m, 4 - above 2000 m, K - culmination, ridge, P - flat area, Z - depression, N (NW, NE) - northern exposure, S (SW, SE) - southern exposure, E - eastern exposure, a - forest, b - dwarf mountain pine, c - mountain pasture, d - meadow, pasture, a clearing in the forest (sodded).

Kosodrzewina. Zawartość ^{137}Cz wyraźnie wzrosła w r. 1986, kiedy to średnie wartości były ok. 6 i 10 razy wyższe niż w r. 1979 i r. 1985 (tab. 3). W wielu próbach (z r. 1986) z materiału pochodzącego z wyżej położonych miejsc zaznaczyły się wyższe wartości. W r. 1987, a także w r. 1988 zawartość ^{137}Cz wyraźnie obniżyła się, ale była jeszcze 3–4 razy wyższa niż przed awarią w Czarnobylu. Niewątpliwie wiąże się to z faktem, iż drzewa i krzewy iglaste nie tracą corocznie swego aparatu asymilacyjnego.

Rośliny zielne. Dane zawarte w tab. 4 wskazują, że zawartość ^{137}Cz w badanych roślinach wzrosła w r. 1986. W latach następnych natomiast wyraźnie zmalała. Nie widać też zależności między zawartością cezu a pochodzeniem próbek, tj. wyniesieniem nad poziom morza i ekspozycją.

Należy podkreślić, że skażenie roślinności trawiastej w niektórych obszarach Polski w r. 1986 wiosną było ogromne i dochodziło do 500-krotnie większego niż przed katastrofą (15).

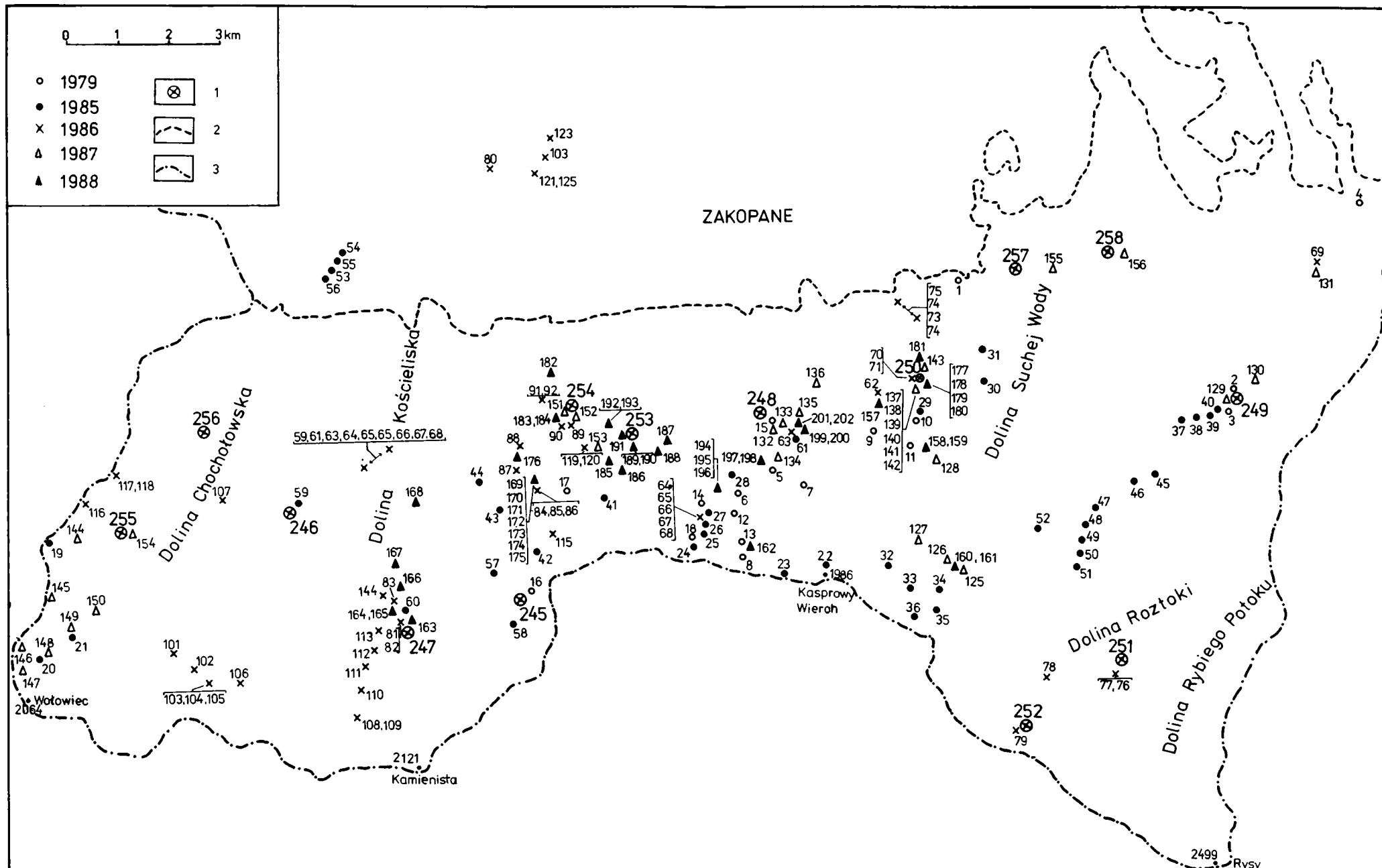
Mchy. Charakteryzuje je wysoka zawartość cezu, począwszy od r. 1986 ponad 12 razy wyższa niż w r. 1985 (tab. 5). W latach 1987 i 1988 jego zawartość zmalała ponad 2-krotnie (w stosunku do r. 1986). Jest to rezultatem faktu, iż okres biologicznego zaniku u ^{137}Cz wynosi 100–140 dni. Mimo to była ona

Tab. 6. Zawartość ^{137}Cs w porostach (aktywność w Bq/g)
The content of ^{137}Cs in lichens (the activity in Bq/g)

1986			1987			1988		
Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity	Nr próbki Sample No.	Położenie Location	Aktywność Activity
80	2 K a	3.57	145	3 Z cb	7.72	158	3 P bc	5.86
81	2 P a	6.64	146	3 K cb	8.12	163	2 P a	3.16
124	2 K a	4.11	147	3 K cb	7.10	164	2 N a	4.94
średnio – mean		4.77	155	1 P a	3.40	165	2 N a	4.38
(3.57–6.64)			średnio – mean		6.58	166	2 P a	2.57
			(3.40–8.12)			180	2 N da	5.39
						181	2 N da	3.50
						183	2 P a	2.53
						191	2 N a	3.67
						197	2 N a	1.51
						200	2 N a	2.25
						202	2 P a	2.76
						średnio – mean		3.54
						(1.51–5.86)		

Objaśnienia: 1 – wysokość do 1000 m n.p.m., 2 – 1000–1500 m, 3 – 1500–2000 m, K – kulminacja, grzbiet, P – teren płaski, Z – zagłębienie, kocioł, N (NW, NE) – ekspozycja północna, a – las, b – kosodrzewina, c – roślinność halna, d – łąka, pastwisko, polana w lesie (zadarniona).

Explanations: 1 – altitude up to 1000 m a.s.l., 2 – 1000–1500 m, 3 – 1500–2000 m, K – culmination, ridge, P – flat area, Z – depression, N (NW, NE) – northern exposure, a – forest, b – dwarf mountain pine, c – mountain pasture, d – meadow, pasture, a clearing in the forest (sodded).



Ryc. 1. Miejsca pobrania próbek na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego w latach 1979–1988; 1 – profile glebowe, 2 – granica TPN, 3 – granica państwa
 The sites of sample collection in the area of the Tatra Mountains National Park between 1979 and 1988; 1 – soil profiles, 2 – the Tatra Mountains National Park border, 3 – state border

5–6 razy wyższa niż w r. 1985. We wspomnianym r. 1986 zaznaczył się też wpływ wysokości i wystawy terenu, zwłaszcza północnej, na zawartość cezu.

Przeprowadzone w sierpniu 1986 r. badania w Instytucie Problemów Jądrowych (11) wskazują na dość duże zawartości ^{137}Cs w roślinach mchu przy równoczesnym znacznym jego zróżnicowaniu. W niektórych okolicach zawartość ta przekraczała 10 Bq/g. W latach następnych (1988 i 1989) ilości te wyraźnie zmalały, ale na przykład w Aninie (pod Warszawą) utrzymywały się nadal na bardzo wysokim poziomie. Trzeba również podkreślić, że aktywność cezu zależy od gatunku mchu (różne gatunki z tego samego terenu wykazywały zwykle zdecydowanie różną zawartość cezu).

Porosty. Zawartość $^{137}\text{cezu}$ w porostach była dosyć duża (tab. 6). Niestety brak jest danych sprzed katastrofy w Czarnobylu. Ponadto w r. 1986 i r. 1987 pobrano do badań mało próbek. O wartościach cezu w porostach przed r. 1986 można wnosić z danych przytoczonych przez L o n e y a i współprac. (13). Wynika z nich, że skażenie porostów było małe.

Warto dodać, że porosty są często wykorzystywane jako wskaźniki skażeń radioaktywnych w środowisku przyrodniczym. O tym decyduje ich zdolność pobierania substancji odżywczych z powietrza i opadów atmosferycznych, silna odporność na duże dawki promieniowania, powolny wzrost i trwałość plechy, długi okres życia oraz wysoki stosunek powierzchni do masy.

WNIOSKI

1. Zawartość $^{137}\text{cezu}$ wykazuje duże zróżnicowanie w badanym materiale roślinnym i glebowym, a także w poszczególnych latach w tych samych materiałach (rośliny, gleby).

2. Po katastrofie w Czarnobylu nastąpił wyraźny wzrost $^{137}\text{cezu}$, zwłaszcza w materiale roślinnym.

3. Wpływ wyniesienia nad poziom morza lub ekspozycji terenu na zawartość $^{137}\text{cezu}$ zaznaczył się w pewnym stopniu w r. 1986 w kosodrzewinie i mchu.

Podziękowanie

Pomiary aktywności $^{137}\text{cezu}$ w próbkach roślin i gleb zostały wykonane w Zakładzie Radiochemii i Chemii Koloidów UMCS. Miło nam wyrazić za to słowa podziękowania kierownikowi wymienionego Zakładu Panu Profesorowi Jerzemu Szczypie. Dziękujemy również Dyrekcji Tatrzańskiego Parku Narodowego za umożliwienie przeprowadzenia badań oraz okazaną pomoc i życzliwość.

PIŚMIENICTWO

1. Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego (Gleby — T. Komornicki, S. Skiba). TPN, PTPNZ, Oddz. w Krakowie, Zakopane-Kraków 1985.
2. Cawse P. A.: The Accumulation of Caesium-137 and Plutonium-239+240 in Soil of Great Britain. [w:] *Ecological Aspects of Radionuclide Release*. Ed. P. J. Coughtrey, Blackwell Scientific, Oxford 1983, 47–62.
3. Coughtrey P. J., Thorne M. C.: *Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems*. A. A. Balkema, Rotterdam 1983, vol. I, Ch. 7.
4. Evans E. J., Decker A. J.: Plant Uptake of Cs-137 from Nine Canadian Soils. *Can. J. Soil Sci.* **46**, 167–176 (1966).
5. Główniak B., Pacyna J.: Badania współczynników dyskryminacji 90-Sr i 137-Cs w układzie opad atmosferyczny–gleba. *Post. Nauk Roln.* **4**, 9–16 (1974).
6. Główniak B. i inni: Retention of Sr-90 and Cs-137 in Ecological Chain. *Env. Prot. Eng.* **1**, 71–89 (1975).
7. Jauhainen E.: Cs-137 in Forest Soils of Finland after Chernobyl Accident in 1986. Abstracts, 26th Congress of the Intern. Geogr. Union, Sydney 1988, vol. 1, s. 275.
8. De Jong E., Villar H., Bettany J. R.: Preliminary Investigations on the Use of 137-Cs to Estimate Erosion in Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* **62**, 673–683 (1982).
9. Kirk G. J. D., Stannton S.: On Predicting the Fate of Radioactive Caesium in Soil Beneath Grassland. *Journal of Soil Sci.* **40**, 71–84 (1989).
10. Komornicki T. i inni: Gleby Tatrzańskiego Parku Narodowego, Część I, Część II, Część III, *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, Kraków, t. IV (101–130), 1975; t. XII (261–281), 1984; t. XII (283–300), 1984.
11. Kotlińska-Filipek B., Matul M., Droste E.: Zawartość ¹³⁷Cs i ¹³⁴Cs w próbkach mchów zebranych w Polsce w latach 1986–1989. Opracowanie nr: 0-6/P-II/90. Inst. Probl. Jądrowych, Świerk 1990.
12. Lityński T., Domnicz A.: Skażenie Sr-90 gleb Polski. Część II. Skażenie Sr-90 gleb Polski południowej i środkowej w 1963 r. *Roczn. Gleb.* **18**, z. 1, 43–55 (1967).
13. Loney I. H. H., Webber C. E., Nieboer E., Stetsko P. J., Karshaw K. A.: Interrelations Between Concentrations of 137-Cs and Various Stable Elements in Three Lichens Species. *Health Phys.* **50**, 148–152 (1985).
14. Lowe B. G.: Levels of 137-Cs in Soil and Vegetation of West Malaysia. *Health Phys.* **34**, 439 (1978).
15. Majle T.: Sytuacja w Polsce w zakresie skażeń promieniotwórczych po awarii radiologicznej w Czarnobylu. [w:] *Chemiczne zagrożenia środowiska w Polsce*. Wydawnictwo UMCS, Lublin 1987, s. 58–74.
16. Malcolm E. C.: Distribution of Fallout Cesium-137 in Hawaii. *Health Phys.* **46** (1), 65–71 (1984).
17. Małysowa E., Bors J., Szerszeń L.: Profilowe rozmieszczenie Sr-90 w niektórych glebach ornym Dolnego Śląska. Część I. *Roczn. Gleb.* **18**, z. 1, 33–41 (1967).
18. Maule C. P., Dudas M. J.: Preliminary Identification of Soil Separates Associated with Fallout 137-Cs. *Can. J. Soil Sci.* **69**, 171–175 (1989).
19. Pawłocka F. I.: Migracja radioaktywnych produktów globalnych wypadnień w poczwach. Atomizdat., Moskwa 1974.
20. Prochorow B. M.: Migracja radioaktywnych zagrzańznień w poczwach. Energioidzat., Moskwa 1981.
21. Śmierczalska K.: Stront-90, cez-137 jako groźne składniki skażenia radioaktywnego w łańcuchu żywieniowym. *Post. Nauk Roln.* **5**, 91–107 (1972).

22. Śmierzchańska K.: Zachowanie się cezu-137 w glebach i układach gleba-roślina. Post. Nauk. Roln. 1, 89-107 (1973).
23. Szot Z.: Skażenia radioaktywne środowiska. [w:] Chemiczne zagrożenia środowiska w Polsce. Wydawnictwo UMCS, Lublin 1987, s. 13-57.

SUMMARY

Between the years 1979 and 1985-1988, the sample of herbaceous vegetation (tutsan and willow herb), dwarf mountain pine, moss and lichens as well as different soils were collected in the area of the Tatra Mountains (partly also from the Gubałówka range). The soil samples came from the surface layer (0-5 cm) as well as from particular genetic horizons of 14 soil profiles. The plant and soil samples were collected at different heights, in different localizations and in sites of different vegetation. The sites of sample collections are shown in Fig. 1.

In the collected material the activity of ^{137}Cs was determined (in Bq/g). The measurements were made by means of a scintillation probe SSU-70. The results were put in Tables 1-6. They can be generalized as follows:

1. The content of ^{137}Cs shows great differentiation in the studied plant and soil material and also in particular years in the same materials (plants and soils).
2. After the explosion at Chernobyl, a clear increase of ^{137}Cs was observed, especially in the plant material. The content of caesium at A_1 horizon is usually higher as compared with the deeper horizon.
3. The influence of the altitude above the sea level or the exposure direction on the content of ^{137}Cs was to a certain extent marked in dwarf mountain pine and moss in 1986.