

HENRYK TERELAK

BADANIA MODELOWE NAD DYNAMIKĄ POTASU I NIEKTÓRYCH  
KATIONÓW W GLEBIE POD WPŁYWEM NAWOŻENIA

Zakład Chemii Gleb i Nawożenia Roślin IUNG Puławy

Badania składu chemicznego wód drenarskich [3, 11], gruntowych [15] oraz przesączów lizymetrycznych [7, 8, 10, 13] wskazują, że straty potasu w wyniku wymycia mogą dochodzić nawet do 300 kg z hektara. Wielkość strat uwarunkowana jest składem mechanicznym gleb [4, 9, 10, 13, 17], poziomem nawożenia [5, 7, 9, 18, 19], sposobem użytkowania gruntów [3, 7, 10] oraz ilością opadów [3, 4, 7, 13, 16].

Dotychczasowe wyniki badań co do strat potasu wskutek wymycia nie prowadzą do jednoznacznych wniosków. Istnieją opracowania wskazujące, że straty potasu z gleby są nieduże [9, 17] i mogą być ograniczone wskutek jego selektywnej sorpcji przez minerały ilaste oraz przez stosowanie odpowiednich zabiegów agrotechnicznych, jak np. wapnowanie [5, 9, 14, 19]. Są również wyniki badań wskazujące, że wapnowanie zwiększa straty potasu z gleby [4].

Większość przeprowadzonych w kraju badań nad potasem dotyczy wpływu nawożenia K na plonowanie roślin i zawartość w glebie form przyswajalnej i wymiennej [1, 2, 6]. Tylko nieliczne z nich dotyczą wpływu nawożenia potasem na zawartość innych frakcji [8, 12], które z rolniczego punktu widzenia mają również istotne znaczenie.

Przeprowadzone badania modelowe miały na celu określenie wpływu nawożenia potasem i wapnowania na straty tego składnika w warunkach kontrolowanego przemywania. Prześledzono również wpływ nawożenia potasem na zmiany zawartości niektórych frakcji potasu w glebie.

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w dwóch seriach doświadczeń lizymetrycznych z glebą pseudobielicową wytworzoną z lessu oraz z gliny według schematu zamieszczonego w tab. 1. Gleba wytworzona z gliny zawierała w poziomie  $A_1$  18<sup>0</sup>%, a w poziomie  $A_3$  30<sup>0</sup>% części słaawialnych. W przy-

padku gleby lessowej poziom  $A_1$  zawierał 30% części spławialnych, a poziom  $A_3$  — 33%. Użyte do doświadczenia gleby z poziomów  $A_1$  i  $A_3$  przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. Poziomy próchniczne gleb obiektów wapnowanych potraktowano węglanem wapnia (ch.cz.  $\text{CaCO}_3$ ) według jednej wartości kwasowości hydrolitycznej.

T a b e l a 1

Schemat doświadczenia - Scheme of the experiment

Obiekt Treatment	Gleba wytworzona z gliny Soil developed from loam				Gleba wytworzona z lessu Soil developed from loess			
	nawożenie w mg/kg gleby - fertilization in mg per 1 kg of soil							
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
0	-	-	-	-	-	-	-	-
$\text{CaCO}_3$	-	-	-	264	-	-	-	264
$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$	50	26,4	41,5	-	82	30,7	68,0	-
$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1 + \text{CaCO}_3$	50	26,4	41,5	264	82	30,7	68,0	264
$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$	50	59,1	124,5	-	82	63,4	151,0	-
$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2 + \text{CaCO}_3$	50	59,1	124,5	264	82	63,4	151,0	264

Tak przygotowane próby gleb ułożono w kolumnach winidurowych o średnicy wewnętrznej 9,5 cm i wysokości 50 cm w następujący sposób: na dno cylindra ustawionego na lejku Büchnera wyścielonego watą szklaną ułożono warstwę z poziomu  $A_3$  do wysokości 23 cm (2,5 kg gleby), a następnie dosypano 25-centymetrową warstwę gleby z poziomu  $A_1$  (2,5 kg). Glebę w kolumnach doprowadzono do wilgotności odpowiadającej 30% maksymalnej pojemności wodnej. Po 14 dniach do powierzchniowej warstwy gleb w lizymetrach dodano nawozy NPK (tab. 1) w postaci roztworu sporządzonego z ch. cz. soli  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KCl}$  i  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Dawkę nawozów potasowych i fosforowych obliczono mając na uwadze doprowadzenie gleb w stanie wyjściowym do poziomu zasobności odpowiadającego 15 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $\text{P}_1$ ) i 30 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $\text{P}_2$ ) oraz 20 mg  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{K}_1$ ) i 40 mg  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{K}_2$ ). Nawożenie N ustalono na poziomie odpowiadającym pierwszej dawce potasu  $\text{K}_1$ .

Pierwsze przemywanie gleb wodą destylowaną do uzyskania 250 ml przesączu wykonano po upływie 30 dni od wprowadzenia nawozów. Doświadczenie trwało 10 miesięcy i w tym czasie wykonano 10 przemywań. Do tego celu zużyto 5000 ml wody destylowanej, co w przybliżeniu odpowiada 704 mm opadu atmosferycznego.

Po zakończeniu doświadczenia pobrano próby glebowe z głębokości 0-20 i 20-40 cm, w których oznaczono:

- pH w 1 N  $\text{KCl}$  — elektrometrycznie,
- kwasowość hydrolityczną — według metody Kappena,
- kwasowość wymienną — według metody Daikuhary,
- glin ruchomy — według metody Sokołowa,

- P i K przyswajalne — według metody Egnera-Riehma,
- Mg przyswajalny — według metody Schachtschabela,
- $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  wymienne — w ciągu 1 N roztworu  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ,
- $\text{K}^+$  rozpuszczalny w 20% HCl — według metody Gedrojcia,
- $\text{K}^+$  rozpuszczalny w 1 N  $\text{HNO}_3$  — według metody stosowanej przez Reitemeiera.

Wapń i magnez w wyciągach oraz przesączach glebowych oznaczono za pomocą spektrofotometru absorpcji atomowej Unicam SP-90, sól i potas na fotometrze płomieniowym C. Zeissa, model III, a fosfor za pomocą kolorymetru B. Langa, model VII.

#### WYNIKI BADAŃ

Przedstawione w tab. 4 wartości dowodzą, że spośród badanych składników w największym stopniu wymywany jest wapń. Z gleb obiektu kontrolnego straty wapnia przekroczyły 20 mg/1 kg. Konsekwencją tego było obniżenie pH, wzrost kwasowości hydrolitycznej i wymiennej oraz zawartości glinu ruchomego w glebie. Zastosowanie nawozów mineralnych spowodowało dalszy wzrost wymycia wapnia, zakwaszenia gleby oraz kwasowości hydrolitycznej. Ilość wymytego wapnia z obiektu kontrolnego i wapnowanego była wyższa na glebie wytworzonej z gliny w porównaniu z lessową, natomiast na pozostałych obiektach wymycie wapnia było większe z gleby lessowej.

Wapnowanie wyraźnie zmniejszyło stopień zakwaszenia i zwiększyło zawartość wapnia wymiennego w glebie, ale tylko w poziomie próchnicznym (tab. 2). W warstwach głębszych wpływ nawożenia i wapnowania na odczyn gleby jest mało widoczny.

Wbrew przypuszczeniu gleby przemyte odznaczały się wyższą zawartością wapnia wymiennego w porównaniu z wyjściową zawartością tego składnika. Świadczyłyby to o uruchomieniu pewnych ilości wapnia w glebie z formy niewymiennej do wymiennej. Na wzrost zawartości wapnia wymiennego w poziomie  $A_3$  oprócz uruchomienia wpłynęło również przemieszczenie tego składnika z poziomu  $A_1$ . Wapnowanie oraz uruchomienie wapnia spowodowały, że bilans tego składnika w glebie, mimo znacznych strat wskutek przemywania, jest dodatni na wszystkich badanych obiektach (tab. 4).

Dynamika wymycia wapnia wskazuje, że największe ilości tego składnika uzyskano w przesączu drugim. W pierwszych trzech przesączach uzyskano 50-70% ogólnej ilości wymytego wapnia. Poczynając od przesączu trzeciego do piątego ilość wymywanego wapnia malała, a od szóstego do dziesiątego utrzymywała się na zbliżonym poziomie.

Z trzech pierwszych przesączy uzyskano około 50-60% ogólnej ilości wymytego magnezu. Największe wymycie magnezu stwierdzono w prze-

Tabela 2

## Właściwości chemiczne gleb - Chemical properties of soils

Obiekt Treatment	pH w 1n KCl	Kwasowość Acidity		Al ruchomy Mobile Al	Składniki - Elements					pH w 1n KCl	Kwasowość Acidity		Al ruchomy Mobile Al	Składniki - Elements						
		pH in 1 N KCl	hydroli- tyczna hydro- lytic		wymien- na exchan- geable	wymienne exchangeable			przyswa- jalne available		hydroli- tyczna hydro- lytic	wymien- na exchan- geable		wymienne exchangeable			przyswaja- lne available			
					Ca	Mg	Na	Mg	P			Ca	Mg	Na	Mg	P				
		m.e./100 g			mg/100 g						m.e./100 g		mg/100 g							
	0 - 20 cm /A <sub>1</sub> /										25 - 40 cm /A <sub>3</sub> /									
Stan wyjściowy <sup>x</sup> Initial state	4,2	2,63	0,32	0,21	Gleba wytworzona z gliny - Soil developed from loam															
					40,1	2,6	0,7	2,1	1,3	4,2	1,50	0,35	0,26	58,1	6,8	0,9	6,1	0,4		
O	3,9	3,10	0,97	0,81	45,5	2,0	1,1	1,6	1,3	4,2	1,43	0,30	0,22	70,5	5,0	1,1	3,4	0,0		
CaCO <sub>3</sub>	5,4	1,28	n.o.	n.o.	90,5	1,5	1,1	1,2	1,3	4,4	1,21	0,14	0,07	80,0	4,5	1,1	3,1	0,0		
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3,7	3,56	1,40	1,20	50,5	1,3	0,9	0,8	3,3	4,4	1,46	0,23	0,14	75,2	3,6	0,9	3,0	0,0		
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> +CaCO <sub>3</sub>	5,1	1,65	n.o.	n.o.	105,2	1,2	1,1	1,1	2,6	4,5	1,20	0,17	0,09	93,3	2,4	0,9	2,2	0,0		
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	3,6	3,54	1,62	1,36	60,0	1,0	0,9	0,9	4,9	4,2	1,56	0,41	0,30	80,3	2,7	0,9	2,2	0,0		
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> +CaCO <sub>3</sub>	5,0	1,70	n.o.	n.o.	110,3	0,8	0,9	1,3	4,4	4,6	1,20	0,15	0,09	95,8	1,8	0,9	2,0	0,0		
Stan wyjściowy <sup>x</sup> Initial state	4,6	2,48	0,26	0,17	Gleba wytworzona z lessu - Soil developed from loess															
					54,9	2,7	1,1	2,4	0,4	4,1	2,18	0,70	0,58	90,0	9,2	1,4	7,2	2,1		
O	4,3	2,80	0,24	0,15	70,5	2,4	0,9	2,2	0,3	4,2	2,02	0,64	0,55	103,8	7,5	1,1	6,2	1,8		
CaCO <sub>3</sub>	6,1	1,12	n.o.	n.o.	120,0	2,0	0,9	1,7	0,3	4,5	1,52	0,31	0,20	112,4	6,5	1,1	5,5	1,8		
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	4,0	3,42	1,15	1,00	77,5	1,6	0,9	1,3	2,9	4,3	2,06	0,60	0,50	104,6	4,5	0,9	3,9	2,0		
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> +CaCO <sub>3</sub>	5,4	1,55	n.o.	n.o.	125,8	1,1	0,7	1,2	2,7	4,5	1,75	0,26	0,16	116,2	3,8	1,1	3,2	1,6		
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	3,9	3,50	1,40	1,15	80,3	1,0	0,9	1,2	6,6	4,2	2,50	0,69	0,57	108,2	4,0	0,9	3,0	2,2		
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> +CaCO <sub>3</sub>	5,3	1,40	n.o.	n.o.	126,2	1,0	0,7	1,1	5,7	4,4	1,65	0,30	0,20	117,2	2,8	0,9	2,2	2,1		
<sup>x</sup> gleba nie przemywana - non-rinsed soil																				

sączu drugim. Wraz z upływem czasu wymycie magnezu malało. W przesączach od szóstego do dziesiątego zawartość magnezu była zbliżona.

Wymycie magnezu z obiektu kontrolnego obu badanych gleb jest zbliżone (tab. 4). Wapnowanie zwiększyło wymycie magnezu z gleby wytworzonej z gliny i lessu o 17 mg/1 kg w porównaniu z kontrolą. Nawożenie NPK, proporcjonalnie do wzrastających dawek, zwiększało wymycie magnezu z gleb. Należy również podkreślić, że wymycie to było nieco większe z gleby lessowej w porównaniu z glebą wytworzoną z gliny. Wyliczenia bilansowe zawartości formy wymiennej magnezu w glebach po zakończeniu doświadczenia są ujemne dla wszystkich kombinacji. Jest to związane po części z wymyciem magnezu oraz jego przejściem w bardziej trwałe formy nierozpuszczalne w 1 N octanie amonu.

Wymycie potasu w przeprowadzonym doświadczeniu uzależnione było od rodzaju gleby. I tak w glebie wytworzonej z gliny lekkiej wymycie potasu wzrastało równoległe do zastosowanego wapnowania i nawożenia NPK. Na uwagę zasługuje fakt, że samo wapnowanie wpłynęło na straty potasu w takim samym stopniu, jak wprowadzenie niższej dawki K ( $K_1$ ). Łączne zastosowanie nawozów NPK i wapnowania zwiększało wymycie potasu z gleby (tab. 4).

Wymycie potasu z gleby lessowej jest niskie, a różnice ilościowe między badanymi obiektami wahają się w przedziale 0,5-0,7 mg/1 kg gleby. Nawet zastosowanie wysokiej dawki potasu ( $K_2$ ) nie zwiększyło wymycia tego składnika z gleby lessowej. Wskazuje to, że wprowadzony do gleby potas jest szybko sorbowany, przechodząc w formy trudno wymywane przez wodę.

Gleby obiektów kontrolnych przemywanych wodą zawierały w poziomie  $A_1$  po zakończeniu doświadczenia mniej potasu w obrębie badanych frakcji w porównaniu ze stanem wyjściowym (tab. 3). Największy ubytek potasu w glebie wytworzonej z gliny nastąpił we frakcji wymiennej, a lessowej w 1 N  $HNO_3$ . W wyniku przemywania część potasu została wylugowana z przesączem, a część przemieszczona głębiej wzbogacając poziom  $A_3$ . Straty potasu wymiennego z poziomu próchnicznego gleby wytworzonej z gliny wynoszą 31%, a z lessu 8%. Równoległe do strat z poziomu  $A_1$  następuje wzrost o około 50% zawartości potasu wymiennego w poziomie  $A_3$  gleby wytworzonej z gliny, o około 12% z lessu. Pomimo wymycia pewnych ilości potasu wyliczenia bilansowe dla wymiennej formy tego składnika są dodatnie, co można wyjaśnić przejściem potasu z form trudniej wymiennych w wymienne. Świadczą o tym wyliczenia bilansowe dla potasu rozpuszczalnego w 1 N  $HNO_3$  i 20% HCl. Zarówno w glebie wytworzonej z gliny, jak i z lessu widoczne są straty tych form potasu w poziomie  $A_1$ , przy równoczesnym braku wyraźnego wzrostu zawartości w poziomie  $A_3$ .

Zawartość badanych frakcji potasu w poziomie  $A_1$  obiektów kontrolnych i wapnowanych po zakończeniu doświadczenia jest niższa w po-

Zawartość frakcji potasu w glebach przemytych w liczbach względnych w stosunku do zawartości wyjściowej  
podanej w mg K/100 g gleby = 100%

The content of potassium fractions in rinsed soils in relative numbers with reference to the initial  
content given in mg K/100 g of soil = 100%

Gleba - Soil	Obiekt Treatment	Frakcje potasu w mg K w 100 g gleby -				Potassium fractions in mg K per 100 g of soil			
		Egner	wymienny exchangeable	1n HNO <sub>3</sub>	20% HCl	Egner	wymienny exchangeable	1n HNO <sub>3</sub>	20% HCl
		głębokość pobrania próbki - cm -				sampling depth in cm			
		0 - 20				25 - 40			
Wytworzona z gliny Developed from loam	Stan wyjściowy <sup>x</sup> Initial state	5,4-100%	8,7-100%	31,5-100%	38,2-100%	2,2-100%	5,0-100%	56,0-100%	86,3-100%
	0	82	69	96	98	209	152	100	101
	CaCO <sub>3</sub>	93	75	97	100	227	156	101	101
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	159	138	102	106	368	224	101	102
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> + CaCO <sub>3</sub>	168	155	108	110	414	226	104	103
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	376	291	124	122	645	362	106	106
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	391	300	133	126	686	376	107	107	
Wytworzona z lessu Developed from loess	Stan wyjściowy <sup>x</sup> Initial state	3,0-100%	5,0-100%	38,2-100%	49,8-100%	1,9-100%	4,8-100%	53,1-100%	107,9-100%
	0	90	92	85	96	105	112	100	100
	CaCO <sub>3</sub>	93	96	87	98	110	135	101	101
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	450	344	112	126	168	219	102	102
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> + CaCO <sub>3</sub>	503	366	114	129	158	233	104	102
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	870	612	120	139	310	350	108	102
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	957	636	125	143	305	368	106	103	
<sup>x</sup> gleba nie przemywana - non-rinsed soil									

Tabela 4

Bilans składników w mg na 1 kg gleby - Balance of elements in mg per 1 kg of soil

Gleba - Soil	Objekt Treatment	Łączna wyjściowa zasobność gleb Total initial abundance of soils A					Wymycie składników - Outwash of elements B				
		P	K	Mg	Ca	Na	P	K	Mg	Ca	Na
Wytworzona z gliny Developed from loam	O	8,5	68,5	47,0	491,0	8,0	0,9	1,7	5,8	29,0	2,7
	CaCO <sub>3</sub>	8,5	68,5	47,0	755,0	8,0	0,8	2,4	7,5	43,9	3,2
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	34,9	110,0	47,0	491,0	8,0	0,5	2,6	9,9	54,3	3,3
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> + CaCO <sub>3</sub>	34,9	110,0	47,0	755,0	8,0	0,4	3,2	11,8	69,5	3,1
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	67,6	193,0	47,0	491,0	8,0	0,5	4,3	12,5	75,6	3,4
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	67,6	193,0	47,0	755,0	8,0	0,3	4,9	13,4	86,6	3,2
Wytworzona z lessu Developed from loess	O	12,5	49,0	59,5	724,5	12,5	0,4	0,5	4,6	23,6	3,7
	CaCO <sub>3</sub>	12,5	49,0	59,5	988,5	12,5	0,3	0,5	7,3	30,9	3,8
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	43,2	117,0	59,5	724,5	12,5	0,4	0,6	13,0	72,3	5,6
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> + CaCO <sub>3</sub>	43,2	117,0	59,5	988,5	12,5	0,6	0,6	15,0	83,6	5,1
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	75,9	200,0	59,5	724,5	12,5	0,5	0,6	15,6	91,3	5,6
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	75,9	200,0	59,5	988,5	12,5	0,5	0,7	16,8	101,4	5,2
P - przyswajalny - P - available Ca, Mg, K, Na - wymienne - Ca, Mg, K, Na - exchangeable											

ed. tabeli 4

Gleba Soil	Objekt Treatment	Końcowa zasobność gleb - Final abundance of soils										Wyliczenie bilansowe C - D Balance calculations C - D				
		teoretyczna - theoretical C					faktyczna - actual D									
		A - B - C					D									
		P	K	Mg	Ca	Na	P	K	Mg	Ca	Na	P	K	Mg	Ca	Na
Wytworzona z gliny Developed from loam	O	7,6	66,8	41,2	462,0	5,3	6,5	68,0	35,0	580,0	11,0	- 1,1	+ 1,2	- 6,2	+118,0	+ 5,7
	CaCO <sub>3</sub>	7,6	66,1	39,5	711,1	4,8	6,5	71,5	30,0	852,5	11,0	- 1,1	+ 5,4	- 9,5	+140,9	+ 6,2
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	34,4	107,4	37,1	436,7	4,7	16,5	116,0	24,5	628,5	9,0	-17,9	+ 8,6	-12,6	+191,8	+ 4,3
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> + CaCO <sub>3</sub>	34,5	106,8	35,2	685,5	4,9	13,0	124,0	18,0	992,5	10,0	-21,5	+17,2	-17,2	+307,0	+ 5,1
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	67,1	188,7	34,5	415,4	4,6	24,5	217,0	18,5	701,5	9,0	-42,6	+28,3	-16,0	+286,1	+ 4,4
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	67,3	188,1	33,6	668,4	4,8	22,0	224,5	13,0	1030,5	9,0	-45,3	+36,4	-20,6	+362,1	+ 4,2
Wytworzona z lessu Developed from loess	O	12,1	48,5	54,9	700,9	8,8	10,5	50,0	49,5	871,5	10,0	- 1,6	+ 1,5	- 5,4	+170,6	+ 1,2
	CaCO <sub>3</sub>	12,2	48,5	52,2	957,6	8,7	10,5	56,5	42,5	1152,0	10,0	- 1,7	+ 8,0	- 9,7	+204,4	+ 1,3
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	42,8	116,4	46,5	652,2	6,9	24,5	138,5	30,5	910,5	9,0	-18,3	+22,1	-16,0	+258,3	+ 2,1
	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> + CaCO <sub>3</sub>	42,6	116,4	44,5	904,9	7,4	21,5	147,5	24,5	1210,0	9,0	-21,1	+31,1	-20,0	+305,1	+ 1,6
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	75,4	199,4	43,9	633,2	6,9	44,0	237,0	25,0	942,5	9,0	-31,4	+37,6	-18,9	+309,3	+ 2,1
	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	75,4	199,3	42,7	887,1	7,3	39,0	247,0	19,0	1217,0	8,0	-36,4	+47,7	-23,7	+329,9	+ 0,7
P - przyswajalny - P - available Ca, Mg, K, Na - wymienne - Ca, Mg, K, Na - exchangeable																



równaniu ze stanem wyjściowym gleby. Stwierdzono natomiast wzrost zawartości w glebie potasu przyswajalnego i wymiennego w poziomie  $A_3$ , przy czym wzrost ten jest znacznie większy w glebie wytworzonej z gliny w porównaniu z glebą lessową. Samo wapnowanie praktycznie nie wpłynęło na zawartość badanych frakcji potasu w porównaniu z obiektem kontrolnym.

Równoległe do wprowadzonej dawki nawozów potasowych wzrastała zawartość badanych frakcji potasu zarówno w poziomie  $A_1$ , jak i  $A_3$  gleby wytworzonej z gliny oraz z lessu (tab. 3). Wzrost ten ujawnił się szczególnie wyraźnie w przypadku potasu przyswajalnego i wymiennego oraz w znacznie mniejszym stopniu w przypadku potasu rozpuszczalnego w 1 N  $\text{HNO}_3$  i 20%  $\text{HCl}$ . W poziomach  $A_3$  wzrost zawartości potasu rozpuszczalnego w 1 N  $\text{HNO}_3$  i 20%  $\text{HCl}$  jest bardzo mały (tab. 3). Podkreślić należy fakt znacznie większego wzrostu zawartości badanych frakcji potasu w poziomie  $A_1$  gleby lessowej w porównaniu z glebą wytworzoną z gliny. Związane jest to zapewne z większą pojemnością sorpcyjną tej gleby. We wszystkich przypadkach wapnowanie zastosowane łącznie z nawożeniem NPK stymulowało zwiększenie zawartości badanych form potasu w poziomie  $A_1$  gleby wytworzonej z gliny i z lessu.

Przedstawione wyniki badań wskazują, że zmiany zawartości potasu pod wpływem nawożenia tym składnikiem dokonują się zarówno w przypadku poziomu  $A_1$ , jak i  $A_3$  głównie w obrębie potasu przyswajalnego i wymiennego (tab. 3), a więc we frakcjach stanowiących główne źródło zaopatrzenia roślin w potas.

Przedstawione wyliczenia bilansowe dla potasu wymiennego (tab. 4) wskazują, że bilans tego składnika w glebach po zakończeniu doświadczenia jest dodatni. Oznacza to, że w warunkach przeprowadzonego doświadczenia nastąpiło uruchomienie potasu z form trudno do łatwo wymiennych, ekstrahowanych za pomocą 1 N  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ . W kombinacjach nawożonych NPK uwidocznił się dodatni wpływ wapnowania na zawartość wymiennego potasu w glebie. Wyliczenia bilansowe potasu wymiennego dla obiektów gleby lessowej są znacznie większe w porównaniu z analogicznymi obiektami dla gleby wytworzonej z gliny.

Z obiektów gleby wytworzonej z gliny w pierwszych trzech przesączach uzyskano po około 80%, a z lessu po około 60% ogólnej ilości wymytego sodu. Ilościowo więcej sodu wymyte zostało z gleby lessowej w porównaniu z wytworzoną z gliny, co związane jest z wyższą zawartością sodu w tej glebie. W obiektach gleby lessowej nawożonej NPK uwidocznił się pewien wpływ tego zabiegu na zwiększone wymycie sodu.

Nawożenie fosforem zwiększyło zawartość przyswajalnej formy tego składnika, ale tylko w poziomie  $A_1$ . Wyliczenia bilansowe dla fosforu (tab. 4) są ujemne i wskazują na znaczne uwstecznienie tego składnika wnoszonego do gleby w formie nawozu. Zabieg wapnowania zwiększał więc uwstecznianie fosforu nawozowego (tab. 4).

## WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. dynamika wymywania potasu, magnezu i wapnia uzależniona była od rodzaju gleby, wapnowania i nawożenia NPK. Wapnowanie i nawożenie NPK zwiększało wymycie wapnia i magnezu z badanych gleb oraz potasu z gleby lekkiej wytworzonej z gliny.

2. Wyliczenia bilansowe dotyczące wymiennych form potasu, wapnia i sodu wskazują, że faktycznie oznaczone ilości tych składników w glebie są wyższe, niżby to wynikało z rozważań teoretycznych. Świadczyłoby to o uruchamianiu tych składników z form trudno wymiennych w wymienne. Odmienne pod tym względem zachowuje się magnez wymienny, a ujemny bilans tego pierwiastka w glebie pozwala przypuszczać, że część formy wymiennej została unieruchomiona do formy niewymiennej.

3. Nawożenie potasem zwiększyło zawartość tego składnika zarówno w poziomie  $A_1$ , jak i  $A_3$ . Wzrost zawartości potasu dokonuje się głównie w formie przyswajalnej i wymiennej. Pod wpływem nawożenia potasem zwiększyła się również zawartość tego pierwiastka rozpuszczalnego w 1 N  $HNO_3$  i 20%  $HCl$ , przy czym wzrost ten jest ilościowo znacznie większy w poziomie  $A_1$  w porównaniu z poziomem  $A_3$ .

4. Wprowadzony do gleby fosfor ulega znacznemu uwstecznieniu, a wapnowanie proces ten potęguje. Proces retrogradacji jest przyczyną ujemnego bilansu fosforu przyswajalnego w glebie.

## LITERATURA

- [1] Adamus M. i współpr.: Zmiany zasobności gleb pod wpływem nawożenia w świetle wieloletnich doświadczeń. IUNG Puławy, S (17), 1972, 40.
- [2] Boguszewski W., Gosek S., Grześkiewicz H.: Wyniki doświadczeń z wysokimi dawkami fosforu i potasu w zakładach doświadczalnych IUNG. Cz. I. Pam. puł. 42, 1971, 55.
- [3] Burke W., Molgteen J., Butler W.: Fertilizer losses in drainage water from a surface water gley. Irish J. Agric. Res. 13, 1974, 2, 203.
- [4] Koter M., Zawartka L.: Wpływ wapnowania na wymywanie potasu i siarki siarczanowej z monolitów różnych gleb. Zesz. nauk. ART Olszt., Roln., 2, 1973, 23.
- [5] Köhnlein J., Knauer N.: Wasser und Nährstoffbewegung aus der Ackerkrume und den Underboden. Z. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenk. 81, 1958, 1, 1.
- [6] Mercik S.: Studia nad zależnością między zasobnością gleby w potas a efektywnością nawożenia tym składnikiem. Zesz. nauk. SGGW, Rozp. nauk. 13, 1971, 50.
- [7] Nolan C. N., Prichet W. L.: Certain factors affecting the leaching of potassium from sandy soils. Proc. Soil and Crop Sci. Soc. Florida 20, 1960, 139.
- [8] Patersson W. A., Richter A. C.: Effect of longterm fertilizer application on exchangeable and acid-soluble potassium. Agron. J. 58, 6, 1966, 589.
- [9] Pietiersburgskij A. B., Janiszewskij F. B.: O wymywaniu kalija iz pachotnogo gorizonta. Izwestia T.S.Ch.A. 4, 1960, 82.

- [10] Pfaff C.: Lysimeter-Versuche. Z. f. Pfl. Ernähr. Düng. 48, 1948, 1-2, 93.
- [11] Pondel H.: Skład chemiczny wód glebowo-gruntowych w okolicy Puław. Pam. puł. 18, 1965, 31.
- [12] Pondel H., Gosek S.: Wpływ poziomu nawożenia potasowego na zawartość potasu w glebie. Roczn. glebozn. ten sam zeszyt, str. 41.
- [13] Pratt P. F., Champen H. D.: Gains and losses of mineral elements in an irrigated soils during a 20-years lysimeter investigation. Hilgaria 16, 1961, 445.
- [14] Terelak-Motowicka T.: Wpływ wapnowania na wymywanie składników mineralnych z gleby gliniastej w doświadczeniu modelowym. Pam. puł. 66, 1976, 45.
- [15] Terelak H., Karczewski A.: Głębokość występowania i skład chemiczny wód glebowo-gruntowych w rejonie Komibnatu Górniczo-Energetycznego „Bełchatów”. Roczn. glebozn. 28, 1977, 1.
- [16] Weise K.: Leaching losses of N, K, Ca from various arable soils. Archiv. für Ackerund Pflanzenbau und Bodenkunde, 16, 415, 1972, 319.
- [17] Wiklnader L.: Influence of liming on adsorption and desorption of cations in soils. 7-th Inter. Congress of Soil Sci. Medison, Wisc. USA, 2 (38), 1960, 281.
- [18] Zawartka L.: Laboratoryjne badania nad wymywaniem potasu i siarki siarczanowej z gleb nawożonych siarczanem potasu. Zesz. nauk. ART Olszt., Roln. 2, 1973, 33.
- [19] Zawartka L.: Wymywanie składników mineralnych z różnych gleb brunatnych. II. Potas. Zesz. nauk. ART Olszt., Roln. 13, 1975, 65.

Г. ТЕРЕЛЯК

## МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ДИНАМИКЕ КАЛИЯ В НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ КАТИОНОВ В ПОЧВЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИДОБРЕНИЯ

Отделение хими почв и удобрения растений, Институт агротехники, удобрения и почвоведения в Пулавах

### Резюме

Цель работ состояла в определении влияния удобрения калием и известкования на потери К и на содержание некоторых фракций почвенного калия в условиях контролируемого элюирования. Используемые в опыте почвы (псевдоподзолистая лессовая и псевдоподзолистая суглинистая) из горизонтов  $A_1$  и  $A_3$ , были помещены в винидуровые колонки диаметром 9,5 см и высотой 50 см и в зависимости от варианта опыта к ним прибавляли соответственные количества минеральных удобрений ( $CaCO_3$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $KCl$  и  $NH_4NO_3$ ). Опыты проводились по следующим вариантам: 0,  $CaCO_3$ ,  $N_1P_1K_1$ ,  $N_1P_1K_1+CaCO_3$ ,  $N_1P_2K_2$ ,  $N_1P_2K_2+CaCO_3$ . Один раз в месяц колонки промывали дистиллированной водой до получения 250 мл фильтрата. Опыт длился 10 месяцев; употребленная за это время вода составляла эквивалент 704 мм атмосферных осадков. Анализ полученных фильтратов и анализы почвы в исходном состоянии и после окончания опыта показали, что выщелачивание К, Mg и Ca зависело от вида почвы, известкования и от внесения NPK. Известкование и удобрение NPK способствовало повышению выщелачивания кальция и магния из обеих исследованных почв, а калия только из суглинистой почвы.

Вычисления баланса обменного калия, кальция и натрия показывают, что действительно находимые в почве количества названных элементов оказались более высокими, чем следовало бы ожидать, исходя из теоретических подсчетов. Это говорит, что интенсивный полив способствует переходу неподвижных форм этих элементов в подвижные. Установленный отрицательный баланс магния в почве позволяет предполагать, что часть магния подвергалась переводу из обменной формы в необменную (фиксированную).

Внесенный в почву фосфор подвергался значительной ретроградации а известкование усугубляло это процесс.

Удобрение калием увеличило содержание этого элемента как в горизонте  $A_1$  так и в  $A_3$ . Констатированный рост содержания калия растворимого в  $\text{HNO}_3$  и в 20%  $\text{HCl}$  был в количественном отношении значительно большим в горизонте  $A_1$ , чем в горизонте  $A_3$ , что указывает на значительную сорбцию калия в поверхностном горизонте почвы —  $A_1$ .

#### H. TERELAK

### MODEL INVESTIGATIONS ON DYNAMICS OF POTASSIUM AND SOME CATIONS IN SOIL UNDER THE FERTILIZATION EFFECT

Department of Soil Chemistry and Fertilization of Plants, Institute of Soil Science and Cultivation of plants at Pulawy

#### Summary

The aim of the work was to determine the effect of the potassium fertilization and liming on the losses of K and the content of some soil potassium fractions in conditions of a controlled outwash. The soils used in the experiment (pseudopodzolic soil developed from loess and pseudopodzolic soil developed from loam) were taken from the  $A_1$  and  $A_3$  horizons and placed in plastic columns with the diameter of 9.5 cm and the height of 50 cm. To the soils in columns adequate amounts of mineral fertilizers ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), depending on treatment, were added. The following treatments were applied in the investigations: O,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ ,  $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1 + \text{CaCO}_3$ ,  $\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$ ,  $\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2 + \text{CaCO}_3$ . Once a month the columns were rinsed with distilled water to get 250 ml of filtrate. The experiment lasted 10 months and the amount of water used for rinsing corresponded with 704 mm of atmospheric precipitation. The analysis of the filtrates obtained and of the soil in initial state and after the end of the experiment has proved that the K, Mg and Ca outwash intensity depended on the soil kind, liming and NPK fertilization. The liming and the NPK fertilization led to an increase of the outwash intensity of Ca and Mg from either soil type under study and of K from the soil developed from loam.

Calculations of the balance of exchangeable potassium, calcium and sodium have shown that the actual content in soil of these elements was higher than that resulting from theoretical considerations. It proves the transformation of the above mentioned elements from hardly exchangeable into exchangeable ones. A negative balance of magnesium in soil proved in the investigations allows to suppose that a part of the exchangeable form would be fixed into non-exchangeable form.

Phosphorus brought into soil underwent a considerable fixation regression, still intensified by liming.

The potassium fertilization caused an increase of the content of this element both in  $A_1$  and  $A_3$  horizon. The increased content of potassium was mainly in its available and exchangeable form. Also an increase of the content of potassium soluble in 1 N  $\text{NHO}_3$  or 20% HCl has been found, but this increase was quantitatively much higher in the  $A_1$  than in the  $A_3$  horizon.

*Dr Henryk Terelak*  
*Instytut Uprawy, Nawożenia*  
*i Gleboznawstwa*

*Puławy, Osada Pałacowa*

