

## BILANS SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH W DOŚWIADCZENIU LIZYMETRYCZNYM W WARUNKACH INTENSYWNEGO NAWOŻENIA I NAWADNIANIA

*Zofia Rębowska, Maria Ruszkowska, Jerzy Chmielewski, Adam Chojnacki,  
Halina Malińska, Włodzimierz Mroczkowski, Stanisław Sykut*

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy

Określenie bilansu składników pokarmowych w glebie może wyświecić wiele ważnych zagadnień przy opracowywaniu zasad racjonalnego nawożenia. Szczególnie przydatna do takich badań jest metoda doświadczeń lizymetrycznych. Pozwala ona, między innymi, obliczyć straty składników w procesie wymycia, co jest prawie niemożliwe przy zastosowaniu innych metod. Lizymetry umożliwiają również ściślejszą kontrolę stosunków wodnych, które przy pobieraniu, a także przy wymywaniu składników z gleby odgrywają doniosłą rolę.

Badania lizymetryczne przeprowadzone przez wielu autorów [1, 2, 5-8, 10, 11, 12, 15, i in.] wykazały, że bilans składników pokarmowych, a szczególnie ich straty w procesie wymycia, zależą od różnych czynników środowiskowych (gleby, nawożenia, płodozmianu, warunków atmosferycznych). Niedostateczna znajomość wpływu tych czynników w warunkach naszego kraju skłoniła do podjęcia przez IUNG zespołowych, wieloletnich badań \* nad dynamiką i bilansem składników pokarmowych w glebach w warunkach intensywnego nawożenia oraz zróżnicowanego nawadniania. Niniejsza praca przedstawia bilans azotu, fosforu, wapnia, magnezu i siarki za okres pierwszych 4 lat omawianego doświadczenia.

### METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w 24 lizymetrach betonowych o powierzchni 1 m<sup>2</sup>, zlokalizowanych na terenie poletek doświadczalnych IUNG w Puławach. Od środka lizymetry zostały powleczone żywicą epoksydową. Każdy lizy-

\* Problem węzłowy 09.1.9.

metr wypełniono do głębokości 1 m piaskiem gliniastym na glinie. Dokładny opis lizymetrów i założonego w nich doświadczenia podano we wcześniejszej publikacji [13].

W schemacie doświadczenia uwzględniono następujące czynniki:

1. Gleba nie wapnowana (pH w KCl 5,6) i gleba wapnowana w wierzchniej warstwie do poziomu 1 kwasowości hydrolitycznej (pH 7,3).
2. Poziom nawożenia mineralnego: NPK II — intensywny, zalecany dla danej rośliny i poziom porównawczy NPK I — dawki o połowę niższe (tab. 1)

Tabela 1

Dawki nawozów mineralnych wniesione pod poszczególne rośliny  
w g/lizymetr/m<sup>2</sup>

Roślina	NPK I				NPK II			
	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
Pszenica ozima	4,70	1,87	5,10	—	12,50*	3,74	10,20	—
Rzepak ozimy	12,60	3,29	9,28	—	25,20	6,58	18,56	—
Mieszanka poplono- wa	5,04	1,75	4,96	—	10,08	3,50	9,92	—
Jęczmień jary	6,00	4,36	6,64	1,20	12,00	8,72	13,28	1,20
Koniczyna czerwona	—**	—	8,30	1,20	—**	—	16,60	1,20
W sumie za cztery lata	28,34	11,27	34,28	2,40	59,78	22,54	68,56	2,40

\* W fazie kłoszenia zwiększono dawkę azotu z 9,4 na 12,5 g N, ponieważ nie było różnic w wyglądzie roślin pomiędzy poziomami nawożenia.

\*\* Koniczyna była szczepiona aktywnym szczepem *Rhizobium*.

3. Woda: lizymetry nie podlewane (woda jedynie z opadów); lizymetry podlewane wodą zdemineralizowaną, w czasie intensywnego wzrostu roślin, gdy wilgotność gleby spadała poniżej 70% wilgotności polowej (rys. 1).

Lizymetry rozlosowano metodą serii niezależnych, każda kombinacja wystąpiła w 3 powtórzeniach. Ze względu na małą ilość lizymetrów w schemacie nie uwzględniono lizymetrów nie obsianych. Zastosowano następujący płodozmian:

1. Pszenica ozima odm. Grana (29 IX 1971—18 VII 1972);
2. Rzepak ozimy odm. Górczański (24 VIII 1972—6 VII 1973) oraz mieszanka motylkowych z owsem poplon (11 VII 1973—17 IX 1973);
3. Jęczmień jary odm. Aramir (27 III 1974—5 VIII 1974) z wsiewką koniczyny czerwonej (4 V 1974) — ściernianka (9 X 1974);
4. Koniczyna czerwona: I pokos (12 VI 1975), II pokos (14 VII 1975).

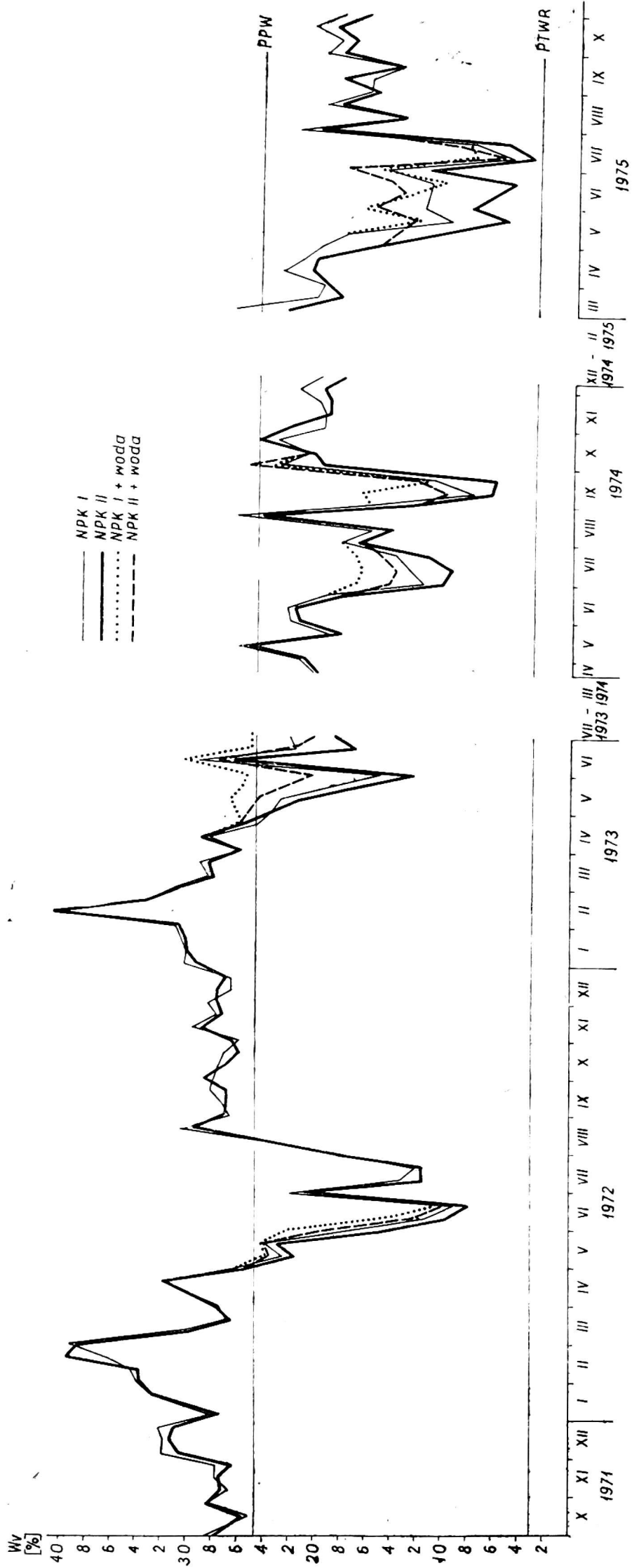
W okresie prowadzenia badań wykonywano co 10 dni pomiary uwilgotnienia gleby metodą neutronową na różnych głębokościach [3]. Ponadto dokonywano systematycznych pomiarów ilości przesączy glebowych; notowano również dokładnie ilości wody zużytej do podlewania, dając jednocześnie 10 litrów wody na 1 lizymetr. W sumie do podlewania zużyto: pod pszenicę — 120 (w okresie od 6 V do 22 VI 1972 r.), pod rzepak — 160 (od 14 IV do 13 VI 1973 r.), pod poplon — 160 (od 4 VIII do 15 IX 1973 r.), pod jęczmień — 50 (od 20 V do 12 VII 1974 r.), pod koniczynę czerwoną — 200 litrów wody na 1 lizymetr (2 IX i 19 IX 1974 r. oraz od 14 V do 13 VII 1975 r.). Średnia roczna ilość przesączy glebowych z 1 lizymetru wynosiła 180 litrów, co stanowiło około  $\frac{1}{3}$  ilości wody opadowej; przesącze występowały głównie w miesiącach jesiennych i wczesnowiosennych. W zebranych materiale roślinnym, przesączach glebowych, wodzie opadowej, nawozach oraz w ziarnie siewnym oznaczono zawartość poszczególnych składników pokarmowych, co pozwoliło na obliczenie ich bilansu [13, 14].

#### WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Z uwagi na to, że pH gleby nie wpłynęło wyraźnie na zmianę bilansu przedstawionych składników mineralnych, w pracy niniejszej zostały omówione tylko wyniki z lizymetrów z glebą wapnowaną.

**Stosunki wilgotnościowe.** Połowa pojemność wodna (ppw) gleby wzrastała w głąb profilu, wynosząc odpowiednio dla poszczególnych poziomów genetycznych 24,6; 25,5; 32,2% objętościowych. Natomiast punkty trwałego wędnięcia roślin (ptwr) dla tych samych poziomów były następujące: 3,0; 4,5 oraz 9,5% objętościowych. Największe wahania uwilgotnienia wykazywała powierzchniowa warstwa gleby; głębsze jej poziomy były w tym względzie bardziej wyrównane.

Uzyskane dane liczbowe przeanalizowano metodami numerycznymi przy użyciu komputera Odra 1204. Wykazano istotny wpływ poziomu nawożenia na zróżnicowanie uwilgotnienia gleby w okresach średniego i niskiego jego stanu. Mianowicie, przy wyższym poziomie nawożenia (NPK II) obserwowano średni spadek uwilgotnienia w granicach 0,9-3,4% objętościowych w porównaniu z kombinacjami NPK I [3, 4]. Uwilgotnienie gleby zależało od pory roku, warunków atmosferycznych, wegetacji roślin i stosowanego podlewania (rys. 1). W okresach zimowych uwilgotnienie gleby znacznie przekraczało wartość połowej pojemności wodnej (próbę wyjaśnienia tego zjawiska podaje Chmielewski, [3, 4]). W okresach najsilniejszego wzrostu roślin uwilgotnienie gleby spadło znacznie poniżej połowej pojemności wodnej. W okresach tych, jak już nadmieniono, sto-



Rys. 1. Dynamika uwilgotnienia gleby na głębokości 25 cm w okresie od 1 X 1971 r. do 21 IX 1975 r.: ppw — pole-  
wa pojemność wodna, ptwr — punkt trwałego wędnięcia roślin  
U w a g a: od VII 1973 r. do III 1974 r. oraz od XII 1974 r. do II 1975 r. przerwa w pomiarach z powodu awarii  
aparatu



sowano podlewanie interwencyjne wodą zdemineralizowaną. Podlewanie to wyrównywało w pewnej mierze deficyt wodny gleby (rys. 1).

Plony roślin. Wpływ nawodnienia na plon roślin w poszczególnych latach zależał w dużym stopniu od przebiegu opadów atmosferycznych (tab. 2 i 3). W 1972 r. w okresie najsilniejszego wzrostu pszenicy i największego zapotrzebowania na wodę, tj. w miesiącach kwiecień—czerwiec w warunkach Puław wystąpił niedosyt opadów, toteż dodatek wody w tym okresie wpłynął istotnie na plon pszenicy i to zarówno ziarna jak i słomy. Należy podkreślić, że podlewanie nie tylko wpłynęło na wzrost plonu ziarna w ramach tego samego poziomu nawożenia, ale również przyczyniło się do wystąpienia istotnych różnic w plonie w zależności od stosowanych dawek NPK. Dodatni wpływ nawodnienia wystąpił jeszcze silniej w przypadku mieszanki motylkowych z owsem. W okresie najintensywniejszego wzrostu tych roślin (sierpień 1973) suma opadów wynosiła zaledwie 13,6 mm, toteż przy obu poziomach nawożenia dodatek wody istotnie wpłynął na wzrost plonu mieszanki. Również plon koniczyny czerwonej bardziej zależał od podlewania niż od pozio-

Tabela 2

Opady w latach 1971-1975

Rok	Opady w mm						
	roczne	w miesiącach					
		IV	V	VI	VII	VIII	IX
1972	575	64,0	59,6	75,4	72,9	120,0	94,5
1973	516	25,7	70,7	114,1	69,7	13,6	39,6
1974	793	10,9	62,1	119,8	131,2	86,7	44,4
1975	472*	51,0	29,7	102,2	122,0	91,4	19,9*
	do 20 IX						

mów nawożenia. Natomiast na plon rzepaku ozimego i jęczmienia jarego w większym stopniu wpłynęło nawożenie niż dodatek wody.

Bilans składników pokarmowych. Bilans składników pokarmowych obejmuje okres od 1 X 1971 do 21 IX 1975 r., tj. do momentu przygotowania poletek lizymetrycznych do II rotacji doświadczenia.

Bilans azotu (tab. 4). Pobranie azotu przez rośliny zależało zarówno od poziomu NPK jak i nawadniania. W kombinacji NPK I + woda rośliny pobrały prawie tyle azotu co przy wyższym poziomie nawożenia (NPK II) bez dodatku wody. Na uwagę zasługuje fakt, że podlewanie in-

terwencyjne nie wpłynęło na zwiększenie wymycia azotu z gleby. Stosunkowo duże ilości azotu, bo średnio 1,5 g rocznie na 1 m<sup>2</sup> (tj. 15 kg/ha), w warunkach prowadzenia badań dostawało się do gleby z opadami atmosferycznymi. W podsumowaniu bilans azotu okazał się ujemny. Straty azotu, tj. pobranie przez rośliny i zawartość w przesączach glebowych przewyższały ilości azotu wniesione do gleby. Należy zaznaczyć jednak, że bilans azotu jest niepełny; w obliczeniach nie został bowiem uwzględniony azot związany symbiotycznie przez rośliny motylkowe, a zwłaszcza przez koniczynę czerwoną.

**Bilans fosforu** (tab. 5). Pobranie fosforu przez rośliny zależało przede wszystkim od podlewania, nie zależało natomiast od poziomu nawożenia NPK. Straty fosforu w przesączach glebowych były bardzo małe i praktycznie pokrywały się z „przychodem” tego pierwiastka z opadami. W rezultacie bilans fosforu był dodatni, z wyjątkiem serii NPK I + woda, w której „rozchód” fosforu przewyższał jego „przychód”.

**Bilans potasu** (tab. 4). Pobranie potasu przez rośliny, podobnie jak azotu, zależało zarówno od stosowanych dawek nawożenia NPK jak i wody. We wszystkich badanych kombinacjach rośliny pobrały znacznie więcej potasu niż wniesiono go do gleby w postaci soli potasowej. W przesączach glebowych i wodach opadowych znaleziono tylko niewielkie ilości potasu. Obie te pozycje niemal równoważyły się. W ogólnym podsumowaniu bilans potasu był we wszystkich kombinacjach ujemny, przy czym szczególnie niekorzystnie wypadały kombinacje podlewane.

**Bilans wapnia** (tab. 6). W bilansie wapnia na uwagę zasługuje pozycja strat w przesączach glebowych; była ona wszędzie kilkakrotnie wyższa od ilości wapnia pobranego przez rośliny. W przeliczeniu na 1 rok straty wapnia w przesączach glebowych wahały się w granicach 30-35 g/m<sup>2</sup>, co w ogólnych zarysach jest zgodne z badaniami innych autorów [5, 8, 9, 12 i in.]. Pobranie wapnia przez rośliny zależało zarówno od poziomu nawożenia NPK jak i wody, przy czym w kombinacjach podlewanych, niezależnie od poziomu nawożenia, rośliny pobrały zbliżone ilości wapnia. W pozycji „przychód” na uwagę zasługuje ilość wapnia, jaka dostaje się z opadami atmosferycznymi. W sumie bilans wapnia we wszystkich kombinacjach był ujemny.

**Bilans magnezu** (tab. 6). Podobnie jak w przypadku wapnia, najpoważniejszą pozycję w tym bilansie stanowią straty magnezu w przesączach glebowych. Są one około dwa razy większe niż pobranie magnezu przez rośliny i kilkakrotnie przewyższają ilości magnezu wniesionego do

Tabela 3

Wpływ nawożenia NPK nawadniania na plon suchej masy roślin  
w g/lizymetr/1 m<sup>2</sup>

Kombinacje nawożenia	Pszenica ozima		Rzepak ozimy		Mieszanka		Jęczmień jary			Koniczyna czerwona		
	ziarno	słoma	nasiona	słoma	poplonowa	ziarno	słoma	pokos			razem	
								I	II	III		
NPK I	414,4	707,7	246,0	535,0	216,0	485,3	446,7	216,3	565,6	265,8	1047,7	
NPK I + woda	490,6	813,0	262,0	614,0	501,0	522,7	435,3	284,5	671,4	397,8	1353,7	
NPK II	412,6	786,7	323,0	633,0	214,0	607,6	587,7	234,7	580,6	253,6	1068,9	
NPK II + woda	537,6	883,9	358,0	813,0	454,0	617,3	601,3	228,7	689,3	364,1	1282,1	
Przedział ufności (P = 0,05)	47,18	64,06	42,09	40,03	100,45	133,60*	86,38	84,22*	110,21*	68,39		

\* Różnice nieistotne.

Tabela 4

Bilans azotu i potasu za okres od 1 X 1971 r. do 21 IX 1975 r.  
Wyniki podano w gramach N i K na lizymetr/1 m<sup>2</sup>

Składniki bilansu	Poziomy nawożenia i nawadniania			
	NPK I	NPK I + woda	NPK II	NPK II + woda
AZOT (N)				
1. Przychód				
— w saetrze amonowej	28,3	28,3	59,8	59,8
z opadami	6,0	6,0	6,0	6,0
z ziarnem siewnym	2,2	2,2	2,2	2,2
Razem	36,5	36,5	68,0	68,0
2. Rozchód				
— z plonami roślin*	48,6	61,9	67,7	77,8
— w przesączach glebowych	14,2	12,7	17,4	13,8
Razem	62,8	74,6	85,1	91,6
3. Różnica (1—2)	—26,3	—38,1	—17,1	—23,6
POTAS (K)				
1. Przychód				
— w soli potasowej	34,28	34,28	68,56	68,56
— z opadami	1,46	1,46	1,46	1,46
— z ziarnem siewnym	0,39	0,39	0,39	0,39
Razem	36,13	36,13	70,41	70,41
2. Rozchód				
— z plonami roślin	55,44	66,14	77,30	87,72
— w przesączach glebowych	1,67	1,95	1,78	1,73
Razem	57,11	68,09	79,08	89,45
3. Różnica (1—2)	—20,98	—31,96	—8,67	—19,04

\* W bilansie azotu nie uwzględniono zawartości N w plonie koniczyny czerwonej, która wynosiła (g N/m<sup>2</sup>):

25,5                      36,3                      29,4                      34,9

gleby. Należy zaznaczyć, że zawartość przyswajalnego magnezu w badanej glebie była bardzo niska i wynosiła zaledwie 1,1-1,5 mg Mg/100 g gleby [13, 14]. W sumie bilans magnezu był wszędzie ujemny.

Bilans siarki (tab.6). Pobranie siarki przez rośliny było dużo niższe od ilości siarki wniesionej do gleby z nawozami mineralnymi oraz opadami, zwłaszcza przy wyższym poziomie nawożenia NPK. Straty siarki w przesączach glebowych przewyższały dwa i więcej razy ilości siarki pobrane przez rośliny. Poziom nawożenia i nawodnienie nie miały wpły-

Tabela 5

Bilans fosforu za okres od 1 X 1971 r. do 21 IX 1975 r.  
Wyniki podano w gramach P na lizyometr/m<sup>2</sup>

Składniki bilansu	Poziomy nawożenia i nawadniania			
	NPK I	NPK I + woda	NPK II	NPK II + woda
<b>1. Przychód</b>				
— w superfosfacie	11,27	11,27	22,54	22,54
— z opadami	0,06	0,06	0,06	0,06
— z ziarnem siewnym	0,31	0,31	0,31	0,31
<b>Razem</b>	<b>11,64</b>	<b>11,64</b>	<b>22,91</b>	<b>22,91</b>
<b>2. Rozchód</b>				
— z plonami roślin	11,35	16,00	13,09	17,32
— w przesączach glebowych	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>Razem</b>	<b>11,39</b>	<b>16,04</b>	<b>13,13</b>	<b>17,36</b>
<b>3. Różnica (1—2)</b>	<b>+0,25</b>	<b>—4,40</b>	<b>+9,78</b>	<b>+5,55</b>

wu na wielkość tych strat. W sumie bilans siarki był zrównoważony przy wyższym poziomie nawożenia NPK, a ujemny — przy niższych dawkach nawozów.

#### WNIOSKI

1. W omawianym doświadczeniu czynnikiem ograniczającym plony był częściej niedobór wody niż nawozów (tab. 3).

2. Zastosowane nawodnienie zwiększyło pobranie wszystkich badanych składników mineralnych przez rośliny, a nie wpływało lub wpływało w bardzo małym stopniu, na zwiększenie strat tych składników w procesie wymycia.

3. W bilansie N, P i K najwyższą pozycję stanowiło pobranie tych składników przez rośliny. Straty w przesączach glebowych, zwłaszcza w przypadku fosforu i potasu, były niewielkie. Natomiast bilans Ca, Mg i S charakteryzował się dużo większym wymyciem tych składników z gleby w stosunku do pobrania ich przez rośliny.

4. Bilanse przedstawionych składników mineralnych były ujemne, wyjątek stanowił dodatni bilans fosforu przy wyższym poziomie nawożenia. Wyższe dawki nawożenia (NPK II) nieco łagodziły ujemny bilans N, K, Ca i S i zwiększały zasobność gleby w fosfor.



Tabela 6

Bilans wapnia, magnezu i siarki za okres od 1 X 1971 r. do 21 IX 1975 r.  
Wyniki podano w gramach Ca, Mg i S na lizymer/1 m<sup>2</sup>

Składniki bilansu	Poziomy nawożenia i nawadniania			
	NPK I	NPK I + woda	NPK II	NPK II + woda
WAPŃ (Ca)				
1. Przychód				
— w węglenie wapnia i super-fosfacie	118,33	118,33	148,66	148,66
— z opadami	10,41	10,41	10,41	10,41
— z ziarnem siewnym	0,08	0,08	0,08	0,08
Razem	128,82	128,82	159,15	159,15
2. Rozchód				
— z plonami roślin	37,82	48,90	43,68	53,03
— w przesączach glebowych	120,47	130,60	140,82	128,20
Razem	158,29	179,50	184,50	181,23
3. Różnica (1—2)	—29,47	—50,68	—25,35	—22,08
MAGNEZ (Mg)				
1. Przychód				
— w siarczanie magnezu	2,40	2,40	2,40	2,40
— z opadami	1,34	1,34	1,34	1,34
— z ziarnem siewnym	0,09	0,09	0,09	0,09
Razem	3,83	3,83	3,83	3,83
2. Rozchód				
— z plonami roślin	6,47	8,53	7,11	8,19
— w przesączach glebowych	12,81	14,16	16,21	13,56
Razem	19,28	22,69	23,32	21,75
3. Różnica (1—2)	—15,45	—18,86	—19,49	—17,92
SIARKA (S)				
1. Przychód				
— w nawozach (gł. w super-fosfat)	22,36	22,36	41,56	41,56
— z opadami	8,62	8,62	8,62	8,62
Razem	30,98	30,98	50,18	50,18
2. Rozchód				
— z plonami roślin*	10,66	12,36	12,79	15,01
— w przesączach glebowych	33,90	34,71	39,50	34,18
Razem	44,56	47,07	52,29	49,19
3. Różnica (1—2)	—13,53	—16,09	—2,11	+0,99

\* Z tego około 65% pobrał rzepak (1973).

## LITERATURA

1. Allison F. E., Roller E. M., Adams J. E.: Soil fertility studies in lysimeters containing Lakeland sand. Agricultural Research Service U.S. Department of Agriculture in South Carolina Agricultural Experimental Station, Technical Bulletin No 1199, 1959, s. 1-62.
2. Bobrickaja M. A., Moskalenko N. N.: Wynos elementov pitania rastienij iz počvy pri infiltraciji osadkov v zonie dostatočnovo uvláženiya. Agrochemija, 1966, nr 10, s. 65-75.
3. Chmielewski J. M.: Zastosowanie metod izotopowych do badania dynamiki uwilgotnienia gleby na tle zróżnicowanego nawożenia i plonowania roślin. Praca doktorska, 1974.
4. Chmielewski J. M.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia oraz gradientu temperatury na uwilgotnienie gleby w modelowych doświadczeniach lizymetrycznych. Pam. puł., 1976, z. 66, s. 17-32.
5. Coppenet M.: Résultats de douze années d'observations lysimétriques a Quimper (1954-1965). Ann. agron. 1969, t. 20(2), s. 111-143.
6. Hanes J.: Lyzimetrická metoda štúdia pôdneho roztoku v prirodzených podmienkach. Polnohospodárstvo, 1971a, t. 17, s. 304-311.
7. Hanes J.: Studium lyzimetrických vôd hnedozeme na spraši pri intenzivnom hnojení minerálnymi hnojivami. Polnohospodárstvo, 1971 b, t. 17, s. 450-462, 527-541, 624-637, 712-724, 845-851 i 966-972.
8. Köhnlein J., Oehring M., Spielhaus G.: Nährstoffauswaschung aus der Ackerkrume von sechs schleswig-holsteinischen Böden in den Unterboden. Z. Acker. Pflbau, 1966, t. 124, s. 213-233.
9. Motowicka-Terelak T.: Wpływ wapnowania na wymywanie składników mineralnych z gleby gliniastej w doświadczeniu modelowym. Pam. puł. 1976, z. 66, s. 45-58.
10. Pfaff C.: Das Verhalten des Stickstoffs im Boden nach langjährig Lysimeterversuchen. Z. Acker-u Pflanzenbau, 1963 a, t. 117, s. 77-99.
11. Pfaff C.: Das Verhalten der Phosphorsäure und der Alkalien im Boden nach langjährigen Lysimeterversuchen. Z. Acker-u. Pflanzenbau, 1963 b, t. 117, s. 100-113.
12. Pfaff C.: Über die Auswaschung von Calcium, Magnesium, Chlorid und Sulfat aus dem Boden (Lysimeterversuche). Z. Acker-u. Pflanzenbau, 1963 c, t. 117, s. 117-128.
13. Ruszkowska M., Chójnacki A., Rębowska Z., Gliński J., Malińska H., Chmielewski J., Stępniewski W., Szreniawska M., Szot B., Skiba T., Dyś B.: Dynamika i bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym. Wyniki I roku badań 1971/72. Wydawnictwo IUNG, ser. R (55), 1973, s. 1-57.
14. Ruszkowska M., Rębowska Z., Gliński J., Malińska H., Stępniewski W., Szreniawska M., Warchołowa M., Chójnacki A., Chmielewski J., Mroczkowski W.: Dynamika i bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym. Wyniki II roku badań 1972/73. Wydawnictwo IUNG, ser. R (96), 1974, s. 1-55.
15. Weise K.: N-, K, Ca und Mg- Auswaschungsverluste aus verschiedenartigen Ackerböden. Arch. Acker-u. Pflanzenbau u. Bodenkunde, 1972, t. 16, z. 4/5, s. 319-328.

З. Рембовска, М. Рушковска, Е. Хмелевски, А. Хойнацки, Г. Малиньска,  
В. Мрочковски, С. Сыкут

**БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛИЗИМЕТРИЧЕСКОМ ОПЫТЕ  
В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО УДОБРЕНИЯ И ОРОШЕНИЯ  
(РЕЗУЛЬТАТЫ 4-ЛЕТНЕГО ОПЫТА)**

**Резюме**

Исследовали баланс минеральных веществ в многолетнем лизиметрическом опыте при применении интенсивного 4-летнего севооборота (озимая пшеница, озимой рапс и пожнивная культура, яровой ячмень, красный клевер) в контролируемых условиях среды. Исследования велись в бетонных лизиметрах, покрытых внутри эпоксидной смолой — Epidian 5. Лизиметры были наполнены псевдоподзолистой почвой (глинистый песок на глине) при сохранении естественных генетических горизонтов до глубины 90 см [13].

В исследованиях учитывали:

- 1) два уровня удобрения NPK: II — высокий и I — средний (табл. 1).
- 2) два уровня водного режима: а — вода исключительно из осадков (табл. 2), б — дополнительный полив деминерализованной водой в период интенсивного роста растений (рис. 1).

В течение опыта проводились периодические измерения влажности почвы. В растениях, почвенных фильтратах и осадковых водах, а также минеральных удобрениях определяли содержание N, P, K, Ca Mg и S. Это позволило исчислить их баланс [13, 14].

Были получены следующие результаты:

1. В период опыта главным фактором ограничивающим урожай растений более часто являлась вода, чем удобрение NPK (табл. 3). Высшие дозы удобрения NPK вызывали ухудшение условий увлажнения почвы в период интенсивного роста растений; орошение снижало водный дефицит почвы.

2. Орошение повышало усваивание растениями всех испытываемых минеральных элементов, но не влияло, или влияло в очень слабой степени на повышение потерь этих веществ в процессе вымывания.

3. В балансе отдельных питательных веществ (табл. 4-6) преобладали различные позиции расхода. В случае азота, калия и фосфора, усваивание этих элементов растениями было значительно выше вымывания их из почвы. Зато в балансе кальция, магния, и серы вымывание было основным процессом, вызывающим потери упомянутых элементов в почве.

4. Положительный баланс был получен лишь в случае фосфора. Сера характеризовалась уравновешенным балансом при высших дозах NPK. Остальные элементы (K, Ca, Mg) показывали отрицательный баланс, даже при высшем уровне удобрения NPK. В рассматриваемых исследованиях не был определен полный баланс азота.

Опыт продолжается.

*Z. Rębowska, M. Ruszkowska, J. Chmielewski, A. Chojnacki,  
H. Malińska, W. Mroczkowski, S. Sykut*

THE BALANCE OF MINERAL NUTRIENTS IN A LYSIMETRIC EXPERIMENT  
IN CONDITIONS OF AN INTENSIVE FERTILIZATION AND WATERING  
(RESULTS OF THE FIRST CROP ROTATION, 1971-1975)

S u m m a r y

The balance of mineral nutrients in a lysimetric experiment in controlled conditions of soil environment was investigated. The experiment was established in concrete lysimeters (coated inside with epoxy resin). In the lysimeters 3 layers of pseudopodzolic soil (loamy sand on loam) were deposited according to the natural genetic horizons to the depth of 90 cm [13]. In the experiment 4-year crop rotation (winter wheat, winter rape and aftercrop, summer barley, red clover) has been applied. The following treatments have been included in the scheme:

- two NPK fertilization levels: II — high and I — medium (Table 1),
- two levels of water conditions: a) precipitation water only (Table 2) and b) additional watering with demineralized water in the period of the intensive plant growth (Fig. 1).

In the course of the experiment measurements of soil moisture were carried out [3]. In plants, soil filtrates, rainfall waters, and in mineral fertilizers the content of N, P, K, Ca, Mg and S was determined. That allowed to calculate the balance of mineral nutrients. The following results have been obtained:

1. In the investigation period water was more often the main factor limiting crops than NPK fertilization (Table 3); a higher level of NPK fertilization caused worsening of water conditions of the soil in the period of intensive plant growth; irrigation reduced to some extent the water deficiency of the soil (Fig. 1).

2. Irrigation increased the uptake of all the mineral nutrients by plants, but it rather did not influence the leaching of these elements from the soil.

3. Different items of removal dominated in the balance of particular nutrients (Tables 4-6). In case of nitrogen, potassium, and phosphorus their uptake by plants was much more intensive than their leaching from the soil. In the balance of calcium, magnesium and sulphur, however, leaching was the main factor, which caused losses of the above mentioned nutrients from the soil.

4. A positive balance has been obtained only for phosphorus. Sulphur was characterised by an equilibrated balance at higher NPK doses. Other elements (K, Ca, Mg) showed a negative balance, even at the higher NPK level. Total balance of nitrogen has not been determined in the experiment.

Investigations are in progress.