

WPLYW UŻYTKÓW ZIELONYCH I UPRAW POŁOWYCH W WARUNKACH GÓRSKICH  
NA WYPŁUKIWANIE Z GLEBY SKŁADNIKÓW MINERALNYCH

Stanisław Kopeć

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Oddział w Krakowie

Zagadnienie wpływu działalności rolniczej człowieka na środowisko wodne, mimo znacznej ilości opracowań z tego zakresu, jest jeszcze przedmiotem sporów i kontrowersji. Powszechna jest negatywna opinia, wskazująca na duże zagrożenie wód odpływających z terenów wykorzystywanych rolniczo [3, 10]. Negatywne oddziaływanie rolnictwa upatruje się przede wszystkim w nawożeniu, a także w stosowaniu środków ochrony roślin. W niektórych pracowniach [1, 2, 6, 8] podkreśla się wpływ użytkowania rolniczego na jakość wód, wskazując jednocześnie na dodatnią rolę użytków zielonych w ograniczaniu strat składników nawozowych [4, 5]. Zagadnienie to było również przedmiotem badań niniejszego opracowania.

METODYKA I ZAKRES BADAŃ

Badania prowadzono w warunkach górskich na terenie Stacji IMUZ w Jaworkach w latach 1981/1892-1982/1983. Były to badania lizymetryczne wykonywane w lizymetrach z tworzyw sztucznych

(polichlorek winylu) o powierzchni  $1 \text{ m}^2$  i głębokości profilu również 1 m. Lizymetry napełniono glebą miejscową z zachowaniem poziomów genetycznych. Glebę w lizymetrach odpowiednio ubijano i ustabilizowano przez zalewanie jej od spodu. Była to gleba mineralna typu brunatnego o składzie mechanicznym gliny średniej pylastej z nieznaczną domieszką szkieletu i kwasowością zbliżoną do obojętnej. Do badań użyto 24 lizymetrów ujętych w następujący schemat doświadczalny w 3 powtórzeniach.

- 1) ugór czarny nie nawożony,
- 2) użytki zielone nie nawożone,
- 3) użytki zielone, nawożenie PKN,
- 4) użytki zielone, nawożenie 2 x PKN,
- 5) ziemniaki, nawożenie PKN,
- 6) pszenica ozima, nawożenie PKN,
- 7) koniczyna czerwona z trawami, nawożenie PK,
- 8) jęczmień jary, nawożenie PKN.

Potas  $80 \text{ kg/ha K}_2\text{O}$  wysiewano w całości pod oziminę, a wiosną pod jęczmień oraz użytki zielone i koniczynę czerwoną w trzech dawkach.

Fosfor  $60 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5$  stosowano w jednorazowej dawce jesienią pod użytki zielone, koniczynę i pszenicę ozimą, a wiosną pod okopowe i jare. Azot  $100 \text{ kg/ha}$  (koniczyna czerwona bez azotu) stosowano wiosną zazwyczaj w kilku dawkach; pod zboża i korzeniowe w dwóch i pogłównie, a pod użytki zielone w 3 dawkach. Pod ziemniaki stosowano obornik w ilości  $0,20 \text{ t/ha}$ , a brakujące składniki do pojedynczej dawki NPK uzupełniano P i K pod korzeniowe, a N pogłównie. Badano opady i odpływy, a także plonowanie roślin. Wodę odciekającą z poszczególnych lizymetrów przejmowano do 20-litrowych karnistrów plastikowych, z

których pobierano 1-2 razy w miesiącu próbki do analizy chemicznej po ich uprzednim zakonserwowaniu toluenem. Oznaczano następujące składniki: azot w rozbiociu na azotanowy i amonowy, fosfor, potas, wapń, magnez, sól, siarczany, chlorki przy zastosowaniu następujących metod:

azot azotanowy - kolorymetrycznie przy użyciu elektrody jonoselektywnej,

azot amonowy, chlorki, siarczany - autoanalizą za pomocą autoanalizatora firmy Orion,

fosfor kolorymetrycznie - metodą molibdenową,

potas, sól, wapń - za pomocą fotometru płomieniowego,

magnez - metodą spektrometrii absorbcyjnej.

Wszystkie oznaczenia wykonało laboratorium chemiczne IMUZ w Falentach.

## WYNIKI BADAŃ

### Opady atmosferyczne

Pod względem warunków meteorologicznych badane lata były nietypowe, znacznie odbiegające od średnich dla tego regionu. Pierwszy był ciepły i suchy (685,2 mm), a drugi również ciepły i sprawiający wrażenie suchego, mimo wysokich opadów (10,41,2 mm), które skoncentrowane były w kilku okresach, powodując wzmożony odpływ. Średni roczny opad za 2 lata obserwacji (863,2 mm) był nieco niższy od średniej z wielolecia i przypadał głównie w półroczu letnim. Średni opad półrocza letniego (550,0 mm) stanowi prawie 64%, podczas gdy półrocza zimowego - około 36% opadu całorocznego (tab. 1).

## Kształtowanie się opadów i odpływów

Średnie z 2 lat hydrologicznych 1981/1982-1982/1983

Kombinacja	Rok		Półroczne zimowe		Półroczne letnie	
	mm	%	mm	%	mm	%
Opad	863,2		313,2	36,3	550,0	63,7
Ugór czarny nie nawożony	366,1	42,4	200,2	63,9	165,9	30,2
Użytki zielone nie nawożone	304,9	35,3	191,5	61,1	113,4	20,6
Użytki zielone, nawożone NPK	269,0	31,2	179,8	57,4	89,2	16,2
Użytki zielone, nawożone 2NPK	245,5	38,4	178,4	57,1	67,1	12,2
Ziemniaki	318,4	36,9	192,0	61,3	126,4	23,0
Pszenica ozima	239,8	27,8	191,6	61,2	48,2	8,8
Koniczyna czerwona	238,9	27,7	183,6	58,6	55,3	10,1
Jęczmień jary	253,1	29,3	187,4	59,8	65,7	11,9

## Odpiływy

Odpiływy z poszczególnych lizymetrów w ciągu całego roku oraz półrocza zimowego i letniego - jako średnie z trzech powtórzeń przy danej kombinacji - a także dwóch lat obserwacji na tle opadów za ten okres przedstawiono w tabeli 1. Ogólnie biorąc, odpiływy były wysokie, osiągające średnio 240-366 mm w skali rocznej. Stanowi to 28 do 42% średniego opadu za ten okres. Dane te są nieco niższe od notowanych na tym obiekcie w poprzednich latach [7], w których średnie odpiływy wynosiły ponad 45% rocznego opadu. Również wyższe dane podaje Gachon [2] dla warunków Masywu Centralnego we Francji, gdzie współczynniki odpiływu wahały się od 40 do 60 procent.

Odpiływem dominującym w tym okresie badań był odpiływ półrocza zimowego (listopad-kwiecień), mimo zdecydowanie niższych w tym okresie opadów. Wynosił on 23,2 do 20,7% opadu rocznego w zależności od kombinacji, podczas gdy odpiływy półrocza letniego (maj-październik) wahały się od 19,2 do 6,4% opadu rocznego. Jeszcze bardziej wyraźnie przewaga odpiływu półrocza zimowego uwypukla się przy obliczaniu procentowego udziału odpiływu w stosunku do opadu dla danego okresu. W tym przypadku współczynniki odpiływu  $\frac{\sum H}{\sum P} \times 100$  dla półrocza zimowego wahały się od 57,4 do 63,9%, a półrocza letniego od 8,8 do 30,2 procent. Te zdecydowanie mniejsze odpiływy półrocza letniego powodowane były wzmożoną ewapotranspiracją, która dla tych warunków w świetle badań prowadzonych na tym terenie wynosi średnio dla łąki w okresie letnim około 550 mm [7]. Zastosowane w doświadczeniu

uprawy wywierały istotny wpływ na wielkość odpływu, zwłaszcza w półroczu letnim. Największy odpływ występował na kombinacjach z ugorem czarnym, osiągając w zimie prawie 64% w stosunku do opadu za ten okres, a w lecie nieco ponad 30 procent. Drugie miejsce przypada na ziemniaki (61 i 23%), a następnie użytek zielony nie nawożony (61 i 21%). Z pozostałych roślin zboża i koniczyna ozerwona charakteryzują się niższym odpływem niż użytki zielone, nawożone pojedynczą dawką NPK. Jest to dość zaskakujące, gdyż powszechnie sądzi się, że użytki zielone zużywają więcej wody na parowanie, a tym samym mniej jej odprowadzają. Okazuje się jednak, że fazy krytyczne roślin zbożowych, przypadające częstokroć na okresy po zbiorze I i II pokosu na łąkach, charakteryzujące się wzmożonym zużyciem wody, przyczyniają się do zmniejszenia jej strat przez odpływ.

#### Stężenie wypłukiwanych składników

Wody odpływające z lizymetrów z różnymi roślinami odprowadzają pewne ilości składników pokarmowych, których wielkość uzależniona jest od aktualnych stężeń tych składników i objętości odciekającej wody. Średnie stężenie obserwowanych składników w  $\text{mg}/\text{dcm}^3$  za okres badań przedstawiono w tabeli 2. Pochodzą one z oznaczeń wykonanych w 28 terminach. Z danych tych wynika, że najintensywniej wypłukiwany jest wapń, którego średnie stężenie za okres badań wahało się od 40 do 57  $\text{mg}/\text{dcm}^3$ . Na drugim miejscu wymienić należy siarczan ze stężeniem od 14 do 23  $\text{mg}/\text{dcm}^3$ . Dość wysokim stężeniem charakteryzuje się również sód (5,5-6,7  $\text{mg}/\text{dcm}^3$ ), chlork (3,3-6,5  $\text{mg}/\text{dcm}^3$ ) i magnez (3-

Średnie roczne stężenie składników w mg/dom<sup>3</sup> (średnie z lat 1981/1982-1982/1983)

Kombinacja	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	Na	SO <sub>4</sub>	CL	Suma
Ugór czarny bez nawożenia	24,31	0,10	0,016	0,59	57,64	4,75	6,71	14,62	3,37	112,11
Użytki zielone nie nawożone	1,72	0,06	0,014	0,49	43,75	3,06	6,28	17,34	3,26	75,97
Użytki zielone, NPK	1,87	0,07	0,014	0,46	39,50	2,99	5,51	19,98	3,78	70,39
Użytki zielone, 2NPK	1,51	0,06	0,014	0,51	42,61	3,27	5,99	22,80	4,10	80,86
Ziemniaki	10,57	0,09	0,019	0,68	51,76	3,82	7,35	21,13	5,65	101,07
Pszenica ozima	11,90	0,15	0,015	0,54	49,26	4,16	6,30	19,35	6,51	98,19
Koniczyna czerwona	5,07	0,08	0,018	0,55	45,99	3,77	6,37	22,53	5,47	89,85
Jęczmień jary	9,25	0,11	0,018	0,61	48,47	3,97	6,42	19,21	3,43	91,49
Opad	0,74	0,93	0,009	0,67	5,0	0,39	0,56	6,07	3,26	17,63

-4,8 mg/dcm<sup>3</sup>). Spośród składników będących bezpośrednio przedmiotem nawożenia zdecydowanie największe stężenia wykazuje azot, zwłaszcza jego forma azotanowa (1,5-24,3 mg/dcm<sup>3</sup>), a następnie potas (0,5-0,7 mg/dcm<sup>3</sup>). Średnie stężenia fosforu są niskie i wahają się od 0,014 do 0,019 mg/dcm<sup>3</sup>.

Dużo większe od podanych w tabeli dla wszystkich składników mogą być stężenia chwilowe. Szczególnie dużym wahaniami odznacza się azot w formie azotanowej, którego maksymalne stężenia przekroczyły kilkakrotnie 50 mg/dcm<sup>3</sup> i osiągnęły w dwu terminach 70 mg/dcm<sup>3</sup> przy najniższej sięgającej kilku setnych mg/dcm<sup>3</sup>. Przy pozostałych składnikach wahania te są znacznie mniejsze, z tym że w przypadku siarczanów górne granice są równie wysokie jak azotu. Ciekawym zjawiskiem jest fakt pojawienia się najwyższych chwilowych stężeń, zwłaszcza azotu i siarczanów w półroczu zimowym, a szczególnie w miesiącach grudzień-marzec. W przypadku azotu związane to jest zapewne z procesami rozkładu materii organicznej, prowadzącej do powstawania azotanowej formy tego składnika, który wskutek niepobierania go przez rośliny zostaje wymyty z kompleksu sorpcyjnego gleby wraz z wodami odprowadzanymi. W przypadku siarczanów ma miejsce wzmożone gromadzenie ich na powierzchni gleby wraz ze śniegiem i w momentach roztopów przedostawanie się do wód gruntowych.

Porównując poszczególne uprawy, zastosowane w doświadczeniu, zauważa się wyraźną dominację ugoru czarnego pod względem wysokości stężeń poszczególnych składników. Zdecydowanie największe stężenia, wielokrotnie wyższe od pozostałych upraw, osiąga azot, którego średnie zawartości przekraczają 29 mg/dcm<sup>3</sup>. Wyraźnie odbiegają stężeniem: wapń, magnez i sód. Fosfor, potas i chlor-

ki nie wykazują różnic, natomiast siarczany mają najniższe stężenia na ugorze czarnym. Drugą uprawą pod względem wysokości stężenia jest pszenica ozima, a następnie ziemniaki i jęczmień jary, charakteryzujące się szczególnie dużym stężeniem azotu oraz chlorków. W przeciwieństwie do wymienionych upraw użytki zielone wyróżniają się najniższym stężeniem niemal wszystkich oznaczanych składników. Świadczy to o dobrym wykorzystaniu przez roślinność trawiastą składników pokarmowych z gleby oraz wskazuje na dodatnią rolę tych upraw w ograniczaniu denudacji chemicznej terenów pod użytkami zielonymi.

#### Ładunek wynoszonych składników

Ładunek wynoszonych z wodą składników zależy w głównej mierze od ich stężenia i ilości odciekającej wody. Również ważnym czynnikiem różnicującym wielkość odpływu składników z wodą może być rodzaj okrywy roślinnej, a także wysokość zastosowanego nawożenia. W przeprowadzonych badaniach czynnik okrywy roślinnej wydaje się zdecydowanie przeważać nad nawożeniem. Jak bowiem wynika z tabeli 3, największe ilości wynoszonych składników dotyczą ugoru czarnego nie nawożonego. Łączny ładunek wszystkich składników jest prawie dwukrotnie wyższy niż na pozostałych uprawach. Również dużym ładunkiem wynoszonych składników charakteryzują się ziemniaki, a następnie rośliny zbożowe. Wyraźnie niższymi wartościami strat odznaczają się użytki zielone i koniczyna czerwona. Najbardziej uderzającym jest jednak fakt najniższych łącznych strat na użytku zielonym podwójnie nawożonym. Jest to dowód na dobre wykorzystanie składników na-

Średni roczny ładunek wynoszonych składników w kg/ha (średnie z lat 1981/1982-1982/1983)

Kombinacje	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	Na	SO <sub>4</sub>	Cl	Suma
Ugór czarny, nie nawożony	93,5	0,48	0,08	1,9	188,6	15,8	25,7	52,8	12,4	391,3
Użytki zielone, nie nawożone	6,6	0,15	0,06	1,3	101,9	7,8	15,5	57,9	9,4	200,6
Użytki zielone, NPK	6,6	0,16	0,04	1,0	85,1	6,9	13,6	61,4	9,4	184,2
Użytki zielone, 2NPK	5,0	0,15	0,03	1,1	87,5	7,3	13,3	58,9	10,2	183,5
Ziemniaki	32,7	0,29	0,08	1,8	137,8	11,0	23,1	73,0	19,5	299,3
Pszenica ozima	32,1	0,28	0,04	1,2	101,2	9,4	14,6	53,9	16,5	229,2
Koniczyna czerwona	11,0	0,26	0,03	1,1	85,4	7,4	14,5	58,0	11,5	189,2
Jęczmień jary	23,9	0,32	0,07	1,3	89,4	7,5	14,6	58,2	8,5	203,8
Opad	6,3	7,5	0,08	5,0	40,9	3,0	3,7	49,1	28,0	143,58

wozowych przez roślinność użytków zielonych i właściwego nawożenia zastosowanego w tym doświadczeniu.

Spośród analizowanych składników w największej ilości wymywany rocznie jest wapń (85-190 kg/ha) i siarczan (53-73 kg/ha). Również w dużych ilościach wypłukiwaniu ulega azot, zwłaszcza w formie azotanowej (od 5 do 94 kg/ha). Potasu odpływa rocznie 1-2 kg/ha, a fosforu zaledwie kilkadziesiąt g/ha. Azot w największych ilościach wypłukiwany jest z ugoru czarnego (93,5 kg/ha rocznie), a następnie z ziemniaków (32,7 kg/ha), pszenicy ozimej (32,1 kg/ha) i jęczmienia jarego (23,9 kg/ha). Wypłukiwanie azotu z użytków zielonych utrzymuje się na poziomie 5-6,6 kg/ha, a biorąc pod uwagę to, że odpływ ten jest niemal jednakowy na wszystkich trzech kombinacjach z użytkiem zielonym, można przyjąć, że pochodzi on z przemian glebowych, a nie nawożenia.

#### WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Odpływ wody z profilu glebowego zależy głównie od wysokości opadu, a także rodzaju okrywy roślinnej. Średnio rocznie odpływa 28-42% opadu.

2. Stężenie składników pokarmowych zawartych w wodach lizymetrycznych uzależnione jest w głównej mierze od podłoża glebowego i rodzaju okrywy roślinnej.

3. Również wielkość wynoszonych składników z wodami lizymetrycznymi zależy w dużym stopniu od runi roślinnej. Największe

straty występują w przypadku braku okrywy, następnie przy ziemiach i roślinach zbożowych. Rośliny trawiaste przyczyniają się do znacznego ograniczenia strat składników przez wypłukiwanie.

4. Użytkowanie terenu stanowi jeden z najważniejszych czynników wpływających na ilość i jakość unoszonych składników z wodą.

#### LITERATURA

1. Borowiec S., Skrzypczyński T.: Udział azotu, fosforu i potasu w łącznej ilości NPK w wodach odprowadzanych z poziomów akumulacyjnych przed i po nawożeniu gleb różnie użytkowanych. Zeszyty Nauk. AR Szczecin Roln. 1977, z. 16.
2. Gachon L., Triboui E.: Influence du systeme cultural sur la charge en nitrates des aux d'infiltration. INRA Station d'Agronomie du Clermont Ferrand. 1977.
3. Gembarzewski H.: Rolnictwo a eutrofizacja wód w świetle literatury. Zlewnie chronione. Post. Nauk Roln. 1979, nr 3.
4. Jones E.: Lisimeter studies on losses of nitrogen from soils. Agricultural Development and Advisory Service, Trowscod, Aberystwyth, 1972.
5. Kopeć S.: Ograniczające działanie użytków zielonych na wypłukiwanie składników mineralnych z gleby. Wiad. Mel. i Łąk. 1980, nr 11.
6. Kopeć S., Smoroń S.: Bilans roślinnych składników pokarmowych w warunkach gleby zadarnionej i gleby uprawianej mechanicznie. Materiały na Konferencję Nauk.-Tech. SITWM-NOT Warszawa 1982.
7. Kopeć S., Misztal A.: Parowanie użytków zielonych w warunkach górskich. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1983, z. 277.
8. Pawlik-Dobrowolski J.: Zmiany składu chemicznego wód powierzchniowych pod wpływem zanieczyszczeń obszarowych w Karpatach Zachodnich. Rozprawa habilitacyjna IMUZ Falenty. 1983.

9. Ruszkowska M. i inni: Dynamika i bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym Roczn. Nauk Roln. 1979, Ser. D, T. 173
10. Taylor R.: Wpływ rolniczych zanieczyszczeń obszarowych na jakość wód powierzchniowych Synteza i podsumowanie wyników badań w temacie: "Wpływ rolniczych zanieczyszczeń na jakość wód powierzchniowych dla potrzeb skonstruowania modelu matematycznego" IMGW, Gdańsk 1980.
11. Kopeć S.: Wielkość strat podstawowych składników nawozowych wynoszonych z wodami lizymetrycznymi w warunkach górskich Wiad. 1984, IMUZ t. XIV, z. 2.

S. Kopeć

#### THE COMPARISON OF INFLUENCE OF GRASSLANDS

#### AND THE ARABLE LANDS ON THE CONTENTS

#### SOME MINERAL COMPOSITIONS IN THE GROUND WATER LEACHING

#### AUT FROM THE SOILS OF MOUNTAIN REGION

#### S u m m a r y

The experiments carried out in the years 1983-1984 at the Jaworki about 600 m.a.s.l. in the lysimeters, which has 1 m<sup>3</sup> of each. In the water of soil have investigated concentration of the next compositions: N, P, K, Ca, Mg, Na, SO<sub>4</sub> and Cl on the fields with: fallow, potatoes, winter wheat barley, red clover with grasses and grasslands. The fertilization for the arable lands there were: 100 kg N/ha, 60 kg P/ha and 80 kg K/ha, but for the grassland the same and also two times higher NPK. The results show, that the biggest concentration mentioned compositions in the soil water there is on the fallow, next on potatoes, cereales and last from the grasslands. This is document, that the grasslands are the best of factor for limiting the migration of mineral components in the soils.

С. Копец

СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ УГОДИЙ И ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР  
НА СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ  
В ОТТЕКАЮЩИХ ВОДАХ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

## Р е з ю м е

Исследования проводились в 1982 и 1983 годах в районе Яворек (600 м над уровнем моря). Это были лизиметрические исследования (лизиметры из искусственного материала 1 м<sup>2</sup>/1 м глуб.), в которых определялось качество оттекающих вод из разных культур, обозначая в них содержание следующих компонентов: N, P, K, Ca, Mg, Na, SO<sub>4</sub>, Cl. Применяемые полевые культуры: черный пар, зеленое угодье без внесения удобрений, угодье с внесением единичной и двойной дозы NPK картофель, озимая пшеница, яровой ячмень и белый клевер с травой. Внесение удобрений под все культуры было унифицированное и составляло: N - 100 кг/га, P - 60 кг/га, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K - 80 кг/га K<sub>2</sub>O.

Двухлетние исследования показали, что самую высокую концентрацию преобладающего количества компонентов, а особенно азота, показывали оттекающие воды из черного пара, а затем из картофеля, зеленых культур, а наименьшую - из зеленых угодий, независимо от внесения удобрений.

Полученные результаты указывают на большую роль зеленых угодий в использовании питательных веществ и ограничении их стока в оттекающие воды из площадей, покрытых травяной растительностью.