

## WYKORZYSTANIE WODY I SKŁADNIKÓW NAWOZOWYCH W WARUNKACH NAWODNIENIA UŻYTKÓW ZIELONYCH ŚCIEKAMI KOMUNALNYMI

*Jan Kutera, Franciszek Majdowski*

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, TOB, Wrocław

Aspekty przyrodniczo-gospodarcze wymagają ciągłego doskonalenia rolniczej utylizacji ścieków w kierunku najbardziej racjonalnego zużycowania właściwości zwilżających i nawozowych wód ściekowych w produkcji roślinnej, przy równoczesnym ich oczyszczaniu w naturalnym środowisku nawadnianych gleb. Równoczesne spełnienie podstawowych warunków efektywnego zużycowania produkcyjnego i pełnego oczyszczenia ścieków nie jest sprawą prostą. Zarówno ilość jak i jakość odpływających ścieków nie zawsze odpowiadają aktualnym potrzebom nawadnianych roślin w poszczególnych okresach roku oraz zdolnościom zatrzymywania zanieczyszczeń przez środowisko różnych gleb.

Sprawdzone w praktyce wyniki wielu doświadczeń wykazały, że najłatwiej można rozwiązać całoroczne rolnicze wykorzystanie ścieków w warunkach gleb lekkich, na terenach ze stosunkowo dużym udziałem trwałych użytków zielonych [4, 13]. Użytki zielone są bowiem najmniej wrażliwe na okresowe ilościowo-jakościowe wahania ścieków, jak również stwarzają możliwości wyboru bardziej odpowiedniego systemu nawodnienia niż rośliny uprawne.

Zalecone praktyce rolniczo-melioracyjnej normy nawodnienia ściekami użytków zielonych opracowano na podstawie bilansu składnika nawozowego występującego w minimum [5]. W obliczonych w ten sposób dawkach ścieków doprowadza się do gleby pozostałe składniki nawozowe w ilościach przekraczających bardzo często zapotrzebowanie roślin. Wprowadzone w ten sposób do gleby w nadmiarze składniki nawozowe, podobnie jak i przy stosowaniu intensywnego nawożenia mineralnego, ulegają w znacznym stopniu wypłukaniu z gleby i odprowadzeniu do wód gruntowych i otwartych, przyczyniając się do znacznego obszarowego zanieczyszczenia ich związkami biogennymi.

Zapobieganie wzrastającym dopływom związków biogennych (azotu i fosforu) do wód gruntowych i otwartych poprzez ograniczenie obsza-

rowych źródeł zanieczyszczenia stało się obecnie największą troską specjalistów z zakresu ochrony wód przed zanieczyszczeniem [6, 11]. W związku z tym, należy zwrócić większą uwagę na to zagadnienie i w miarę możliwości ograniczyć do minimum odpływy związków mineralnych, szczególnie azotu i fosforu, z terenów rolniczego wykorzystania ścieków.

W celu dokonania wstępnego rozeznania bilansu wodnego i pokarmowego użytków zielonych nawadnianych ściekami przeprowadzono w Osobowicach pod Wrocławiem osiem lat trwające doświadczenia lizymetryczne. Lizymetry o głębokości 1,5 m i powierzchni 1,13 m<sup>2</sup> ( $\Phi$  1,2 m) wypełnione były gliną lekką (0-55 cm) na podłożu piasku luźnego (55-150 cm) z zachowaniem naturalnej miąższości i kolejności poszczególnych poziomów. Glebę obsiano kilkugatunkową mieszanką nasion traw, które użytkowano w okresie pięciu lat jako łąkę, a przez trzy lata jako pastwisko. Poziom wody gruntowej w lizymetrach utrzymywano na głębokości 90-115 cm.

Nawodnienia prowadzono wstępnie oczyszczanymi ściekami m. Wrocławia. Stężenie badanych składników mineralnych w ściekach w okresie poszczególnych nawodnień ulegało stosunkowo dużym wahaniom, ale średnie roczne ich stężenie w okresie ośmiu lat prowadzonych badań nie wykazało większych różnic (tab. 1).

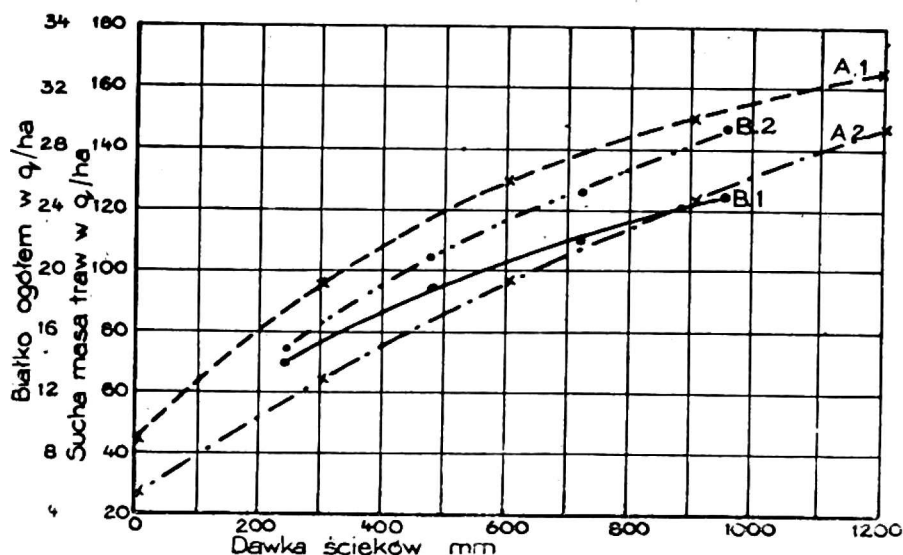
Tabela 1

Stężenie składników mineralnych w ściekach m. Wrocławia  
używanych do nawodnień w doświadczeniach lizymetrycznych

Wartości	Stężenie w mg/l							pozostałość po odparowaniu
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> ''	Cl'	
Minimalne	34,0	5,0	20,5	116	84	112	95	385
Maksymalne	94,5	22,0	48,0	229	170	168	182	1105
Średnie	54,2	11,0	30,9	146	118	129	133	780

W doświadczeniu łąkowym zbierano 3-4 pokosy traw w roku. Udowodniono statystycznie istotne różnicowanie plonów od wysokości stosowanych dawek ścieków, oraz współdziałanie dawek ścieków z latami, wskazujące na zależność poziomu plonów również od przebiegu pogody w poszczególnych latach [8]. Efektywność nawodnienia ściekami zmniejszała się w miarę zwiększania dawek. Wykres średnich plonów w zależności od norm nawodnienia przedstawia krzywą paraboliczną.

W doświadczeniu pastwiskowym analiza zmienności wykazała również istotne różnicowanie plonów zależnie od wysokości dawek ścieków oraz współdziałanie stosowanych dawek ścieków z latami [9]. Zależność plonowania traw od wysokości dawek ścieków ilustruje krzywa drugiego stopnia (rys. 1).



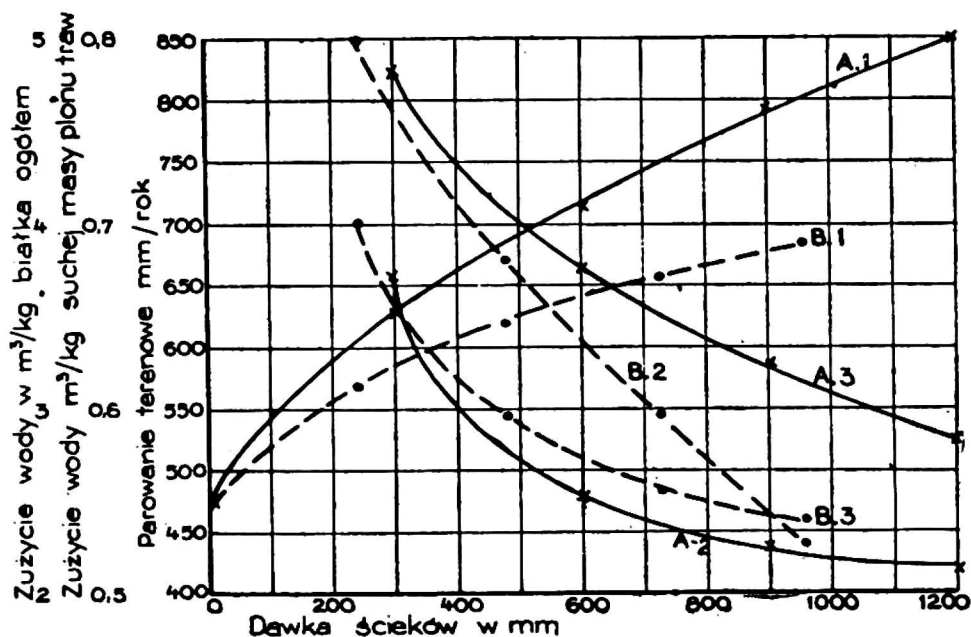
Rys. 1. Wpływ nawadniania ściekami komunalnymi na plonowanie użytków zielonych w warunkach lizymetrycznych na glebie lekkiej  
A — łąka, B — pastwisko, 1 — sucha masa, 2 — białko ogółem

W użytkowaniu kośnym zbierano znacznie większe plony suchej masy traw niż przy użytkowaniu pastwiskowym. Różnice w wysokości plonów między dwoma różnymi sposobami użytkowania runi traw spowodowane były przede wszystkim różną częstotliwością dokonywanych zbiorów w okresie wegetacji. Zwiększanie plonów na jednostkę dostarczonych ścieków kształtowało się w przybliżeniu na jednakowym poziomie w doświadczeniu łąkowym i pastwiskowym. Uzyskane efekty plonowania traw nawadnianych ściekami komunalnymi w warunkach lizymetrycznych zostały potwierdzone wynikami badań w doświadczeniach terenowych, prowadzonych w skali półprodukcyjnej [2, 7].

Na podkreślenie zasługuje szczególnie efektywne wykorzystanie ścieków użytych do nawodnień traw w produkcji białka (rys. 1). W plonach runi pastwiskowej nawadnianej dawką ścieków 960 mm zebrano w przybliżeniu taką samą ilość białka jak w plonach runi łąkowej nawadnianej 1200 mm dawką ścieków. Wskazuje to na celowość zwiększenia areału pastwisk na terenach rolniczego wykorzystania ścieków.

Przeprowadzone doświadczenia lizymetryczne stwarzały warunki do dokonania stosunkowo dokładnych pomiarów poszczególnych elementów bilansu wodnego i ustalenia wskaźników zużycia wody przez roślinność łąkową i pastwiskową. Na rys. 2 przedstawiono średnie roczne wyniki parowania terenowego i jednostkowego zużycia wody przez roślinność łąki i pastwiska w zależności od stosowanych norm nawodnienia ściekami.

Jak wynika z przytoczonych danych, parowanie terenowe pastwiska w miarę zwiększania dawek ścieków znacznie wolniej wzrasta niż parowanie terenowe łąki. Różnice te, wskazujące na mniejsze zużycie wody przez pastwisko niż przez łąkę, wynikają przede wszystkim z różnej wielkości stosowanych dawek polewowych ścieków i różnicy zebranej masy plonów. Na pastwisku stosowano jednorazowe dawki ścieków odpowia-



Rys. 2. Zależność parowania terenowego oraz jednostkowego zużycia wody na wyprodukowanie suchej masy traw i białka ogółem od stosowanych norm nawadniania ściekami komunalnymi w warunkach lizymetrycznych na glebie lekkiej  
 A — łąka, B — pastwisko, 1 — parowanie terenowe, 2 — zużycie wody w m<sup>3</sup>/kg suchej masy plonu, 3 — zużycie wody w m<sup>3</sup>/kg białka ogółem

Tabela 2

## Kombinacje nawodnień ściekami w doświadczeniach lizymetrycznych

Kombinacje	Doświadczenie łąkowe			Doświadczenie pastwiskowe		
	ilość nawodnień w sezonie	dawka polewowa ścieków mm	sumaryczna dawka ścieków mm	ilość nawodnień w sezonie	dawka polewowa ścieków mm	sumaryczna dawka ścieków mm
1	—	—	—	—	—	—
2	7	43	300	16	15	240
3	7	86	600	16	30	480
4	7	129	900	16	45	720
5	7	172	1200	16	60	960

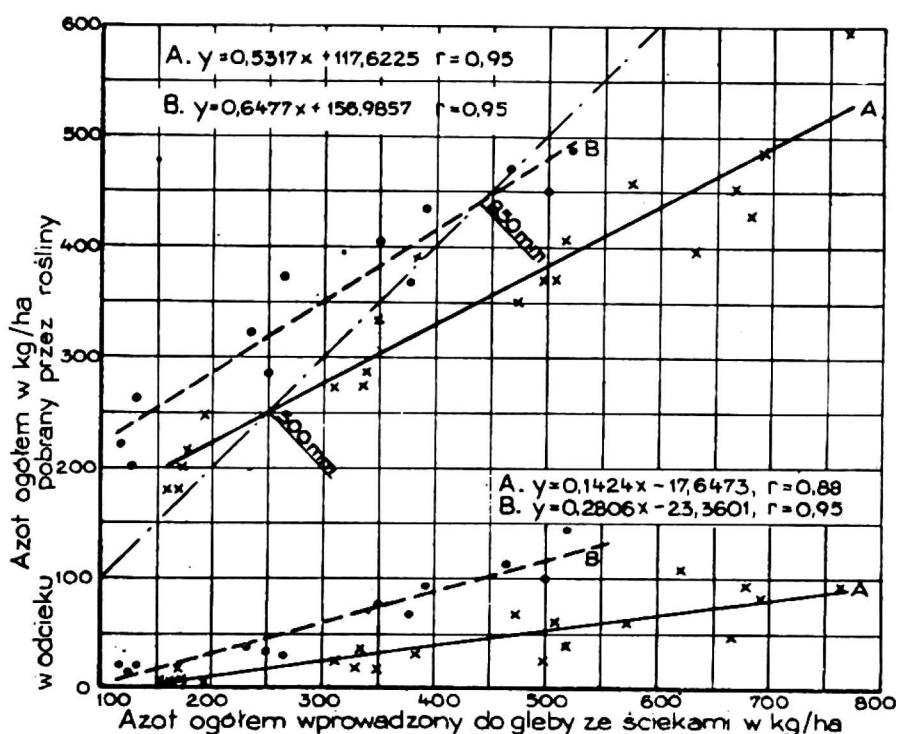
dające normom nawodnienia deszczownianego (15-60 mm), natomiast na łące znacznie wyższe dawki (43-172 mm), które powodowały również większe straty wody w odcieku z gleby.

Pomimo korzystniejszej wysokości dawek ścieków, pastwisko wykazało znacznie większe jednostkowe zużycie wody na wyprodukowanie 1 kg suchej masy traw niż łąka. Dopiero przy normie ścieków wynoszącej 900 mm w okresie wegetacji, jednostkowe zużycie wody pastwiska i łąki wyrównało się i wynosiło ok. 550 l/kg suchej masy zebranych plonów.

Najbardziej interesujące są jednak uzyskane wskaźniki jednostkowego zużycia wody na wyprodukowanie 1 kg białka surowego. Okazało się, że w produkcji białka pastwisko wykorzystało jednostkową objętość dostarczonej wody znacznie efektywniej niż łąka.

Prawie niezależnie od stosowanych norm nawodnienia, zużycie wody na wyprodukowanie 1 kg białka surowego było mniejsze o ok. 20% na pastwisku niż na łące (przebieg krzywych dla łąki — A. 3 i dla pastwiska — B. 3 niemal równoległy).

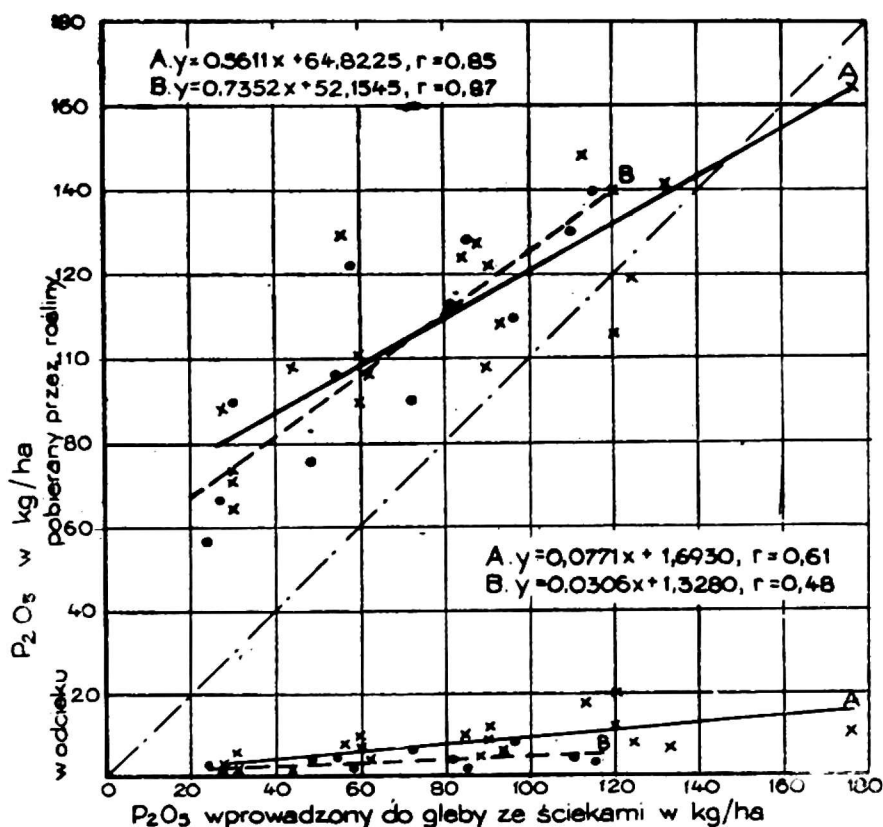
W przeprowadzonych doświadczeniach lizymetrycznych uwzględniono również najważniejsze elementy bilansu głównych składników mineralnych dostarczonych ze ściekami do gleby. Ze składników mineralnych w ściekach miejskich najważniejszy w produkcji łąkowo-pastwiskowej jest azot. Badania Zunkera [16], Boćki [1] i Ząbka [15] wykazały, że poziom plonowania użytków zielonych kształtuje się przede wszystkim w zależności od ilości dostarczonego ze ściekami azotu. Stosunki ilościowe azotu ogółem dostarczonego roślinom ze ściekami, odprowadzonego z gleby w odcieku i pobranego w plonach roślin pastwiska i łąki, jako średnie roczne wartości elementów badanego bilansu przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Ilość azotu ogólnego dostarczonego w ściekach, pobranego przez rośliny i odprowadzonego w odcieku  
A — łąka, B — pastwisko

W miarę zwiększania się norm nawodnienia ściekami, a więc i równoczesnego zwiększania się ilości dostarczonego roślinom azotu, wzrastają równocześnie straty azotu w odcieku (wg równania prostej pierwszego stopnia, przy stosunkowo wysokim współczynniku korelacji). Straty azotu w odcieku w stosunku do azotu doprowadzonego ze ściekami wzrastają równoległe z wysokością norm nawodnienia i wynoszą od 6,5 do 12,5% w doświadczeniu łąkowym oraz od 14,5 do 24,3% w doświadczeniu pastwiskowym. Uwzględniając większe zużycie azotu przez roślinność pastwiskową niż łąkową, uzyskane wyniki badań potwierdzają potrzebę intensywniejszego nawożenia pastwisk tym składnikiem.

Dostarczony w ściekach azot w ilości większej niż 250 kg/ha wystarczył dopiero na pokrycie zapotrzebowania roślin łąkowych. Ilość tę zapewnia 500 mm dawka badanych ścieków m. Wrocławia. Wyniki doświadczeń terenowych Czyżyka [2] wskazują również, że łąka deszczowana zbliżoną sumaryczną dawką ścieków nie wymagała dodatkowego nawożenia mineralnego. Zapotrzebowanie pastwiska na azot było dużo wyższe niż łąki i wynosiło 430 kg/ha, co można było uzyskać w normie ścieków wynoszącej ok. 850 mm. Wyniki te znajdują potwierdzenie w badaniach nad produkcyjnym użytkowaniem pastwiska nawadnianego ściekami komunalnymi na Stacji Doświadczalnej IMUZ w Kamieńcu Wrocławskim [7]. Uzyskano tam najwyższe efekty plonowania roślin i przyrostu wagi wypasanego młodego bydła przy stosowaniu ok. 400 kg/ha azotu w 540 mm dawce ścieków i uzupełniającym nawożeniu mineralnym.



Rys. 4. Ilość fosforu dostarczonego w ściekach, pobranego przez rośliny i odprowadzonego w odcieku  
A — łąka, B — pastwisko

Gleba w lizymetrach przed rozpoczęciem nawodnień doświadczalnych wykazywała stosunkowo dużą zasobność w fosfor i potas. Miało to niewątpliwie duży wpływ na kształtowanie się elementów bilansu tych składników.

W przeprowadzonych badaniach lizymetrycznych stwierdzono zależność pomiędzy ilościami fosforu odprowadzonego w odcieku i pobranego przez rośliny a ilością  $P_2O_5$  dostarczonego w ściekach. Stosunki te przedstawiono za pomocą równania regresji pierwszego stopnia (rys. 4).

W odcieku z gleby lizymetrów zostały odprowadzone stosunkowo niewielkie ilości  $P_2O_5$ . W stosunku do ilości fosforu dostarczonego roślinom ze ściekami, w odcieku odprowadzono 8-10%  $P_2O_5$  w doświadczeniu łąkowym i 4,7-7,5% w doświadczeniu pastwiskowym. Wartości te są zbliżone do wyników uzyskanych przez Marcilonka [12].

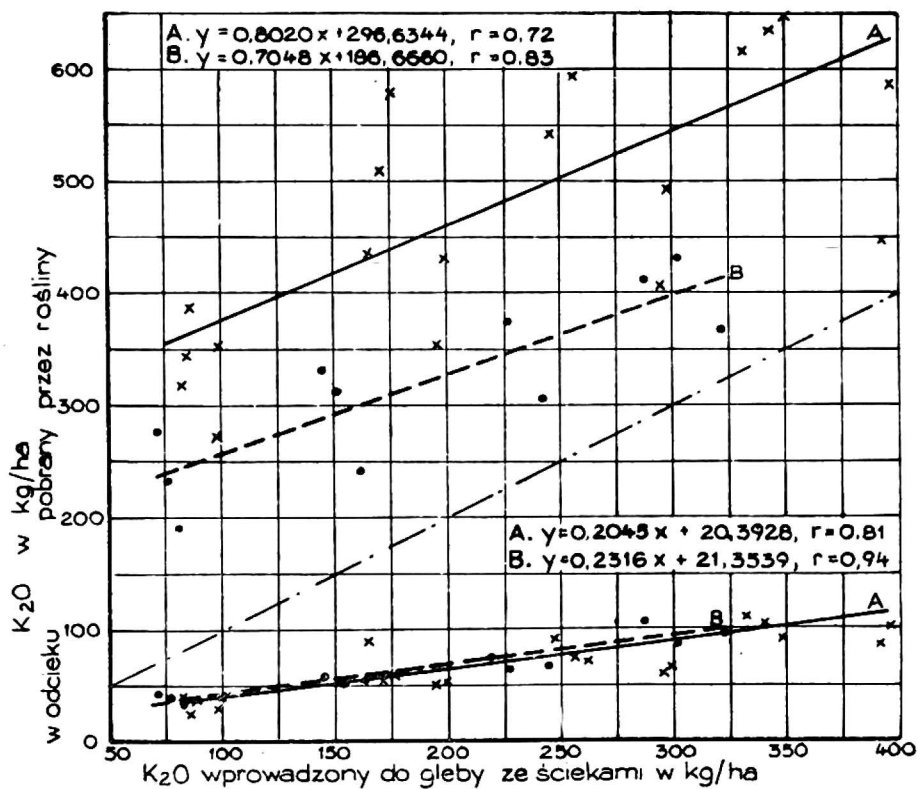
Ilości pobranego fosforu przez rośliny łąkowe i pastwiskowe nie wykazują większych różnic. W obydwu doświadczeniach dostarczony w ściekach fosfor nie pokrywał zapotrzebowania roślin, szczególnie przy niższych normach nawodnienia. Deficyt ten był więc pokrywany z naturalnych zasobów gleby. Powyższe stwierdzenia zdają się wskazywać, że łąki i pastwiska nawadniane ściekami komunalnymi wymagają z zasady dodatkowego nawożenia mineralnego. Doświadczenia terenowe nie potwierdzają jednakże tego wniosku. łąki i pastwiska nawadniane ściekami komunalnymi nie reagowały na dodatkowe nawożenie mineralne fosforem, pomimo że wyniki analizy ścieków używanych do nawodnień wskazywały na deficyt tego składnika [2]. O potrzebie dodatkowego nawożenia fosforem użytków zielonych nawadnianych ściekami nie powinno się więc wnioskować na podstawie zapotrzebowania roślin na  $P_2O_5$ , lecz na podstawie jego pokrycia. Należy przede wszystkim uwzględnić aktualną zasobność gleby w ten składnik. Ustalenie wysokości norm ścieków wystarczających na pokrycie zapotrzebowania roślin łąkowo-pastwiskowych na fosfor, prowadziłooby do stosowania zbyt dużych sumarycznych dawek ścieków i w konsekwencji do zwiększenia zanieczyszczenia wód tym podstawowym związkiem biogennym.

Miejskie wody ściekowe są średnio zasobne w potas. Składnik ten jest łatwo rozpuszczalny i stosunkowo duża ilość  $K_2O$  dostarczonego roślinom w ściekach ulega wypłukaniu z gleby. W przeprowadzonych badaniach lizymetrycznych odprowadzono w odcieku od 27 do 54% potasu dostarczonego ze ściekami do gleby. Różnice w odprowadzeniu potasu z łąki i pastwiska były nieduże (rys. 5). Należy podkreślić, że okresowe przemieszczanie potasu w głębsze warstwy gleby zachodzi dość intensywnie również na glebach nawożonych mineralnie i nie nawadnianych ściekami, bądź czystą wodą. Dokonane pomiary wykazały, że z lizymetrów nie nawożonych i nie nawadnianych odpływy potasu w odcieku wyniosły średnio 7,5% oznaczonych zasobów potasu w glebie. Z lizymetrów nie nawadnianych i nawożonych średniej wysokości dawkami nawozów mineralnych odpłynęło w odcieku średnio ponad 22%  $K_2O$  dostarczonego w nawozach. A więc przy ustalaniu strat potasu w odcieku z gleby spowodowanych nawadnianiem ściekami należałoby uwzględnić poprawkę, odpowiadającą wartości strat  $K_2O$  z gleby nie nawadnianej.

Roślinność łąkowa i pastwiskowa pobrała znacznie większe ilości potasu niż dostarczone do gleby ze ściekami. Deficyt ten — większy na łące niż na pastwisku — pokrywany był z naturalnych zasobów gleby.

Biorąc pod uwagę fakt, że zawartość  $K_2O$  w suchej masie traw wa-

hała się w granicach od 3,14 do 3,58% w ciągu całego badanego okresu, należy sądzić, że niedobór potasu dostarczonego w ściekach był w pełni zaspokajany zasobami z gleby. Podobnie więc, jak w wypadku fosforu, ilość pobranego przez rośliny potasu nie powinna stanowić podstawy do ustalania norm nawodnienia ściekami gleb i uzupełniającego nawożenia mineralnego tym składnikiem. Istotny jest bowiem stopień pokrycia zapotrzebowania na  $K_2O$  z wszystkich dostępnych roślinom źródeł. Doświadczenia łąkowe Boćki [1], Czyżyka [2], Schwarza [14], Koriatha [3] i Ząbka [15] nie wykazały w zasadzie potrzeb dodatkowego nawożenia potasem gleb lekkich, nawadnianych ściekami komunalnymi.



Rys. 5. Ilość potasu dostarczonego w ściekach, pobranego przez rośliny i odprowadzonego w odcieku

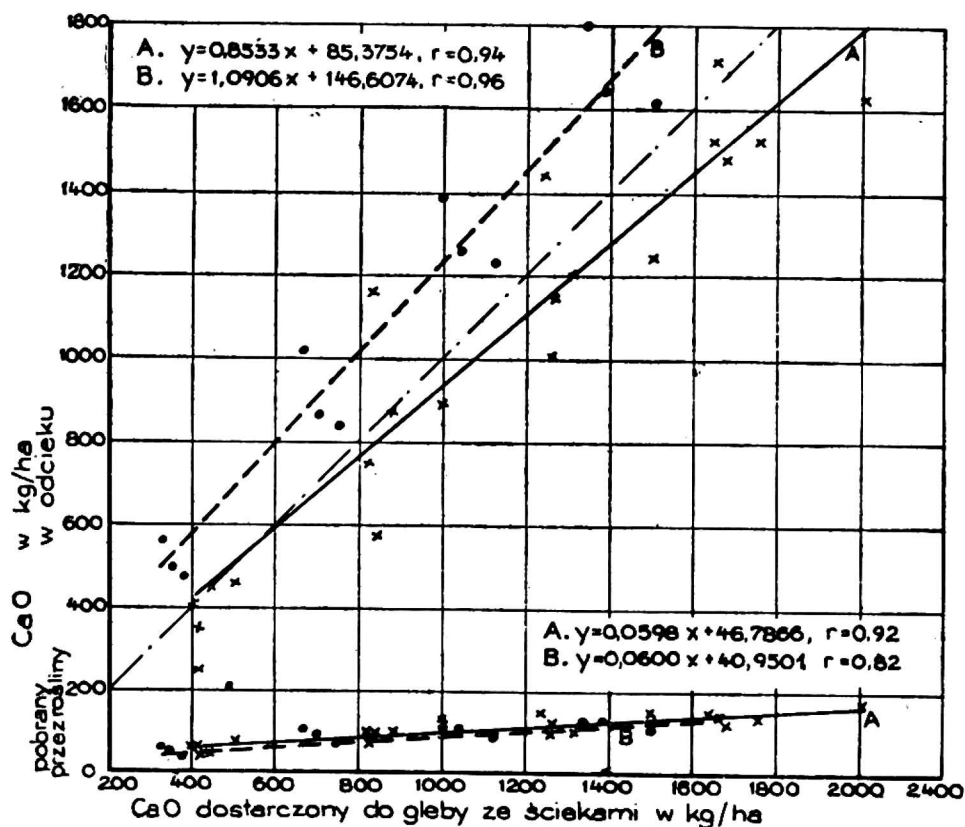
A — łąka, B — pastwisko

Analizy chemiczne zebranych plonów wykazały w całym okresie badań wyrównaną i dość wysoką zawartość wapnia. Pomierzone elementy bilansu wskazują stały deficyt wapnia w stosunku do ilości tego składnika dostarczonego w ściekach. O deficycie wapnia decyduje nie ilość pobranego  $CaO$  przez rośliny, gdyż stanowi ona stosunkowo małą pozycję rozchodową bilansu, lecz wielkość ładunku tego składnika odprowadzonego z gleby w odcieku (rys. 6).

Nie stwierdzono w zasadzie różnic w ilości pobranego przez rośliny wapnia w zależności od użytkowania łąkowego i pastwiskowego. W niewielkim również stopniu zwiększyło się pobranie  $CaO$  przez rośliny w zależności od ładunku tego składnika dostarczonego ze ściekami. Jednakże w miarę wzrostu normy nawodnienia i równoległego z tym wzrostu ładunku wapnia w ściekach, bardzo intensywnie zwiększała się ilość  $CaO$  w odcieku.



Ze względu na to, że w okresie ośmiu lat prowadzonych badań nie stwierdzono znacznych różnic w zawartości CaO w suchej masie roślin, a bilans CaO, z powodu dużych strat tego składnika w odcieku, kształtuje się niekorzystnie, zachodzi przede wszystkim konieczność zwrócenia większej uwagi na prowadzenie badań zasobności gleb nawadnianych ściekami. Konieczność nawożenia wapniem może wynikać nie tylko z potrzeb nawadnianych roślin, lecz również ze względu na niedopuszczenie do niekorzystnych zmian właściwości fizykochemicznych gleby.



Rys. 6. Ilość wapnia dostarczonego w ściekach, pobranego przez rośliny i odprowadzonego w odcieku

A — łąka, B — pastwisko

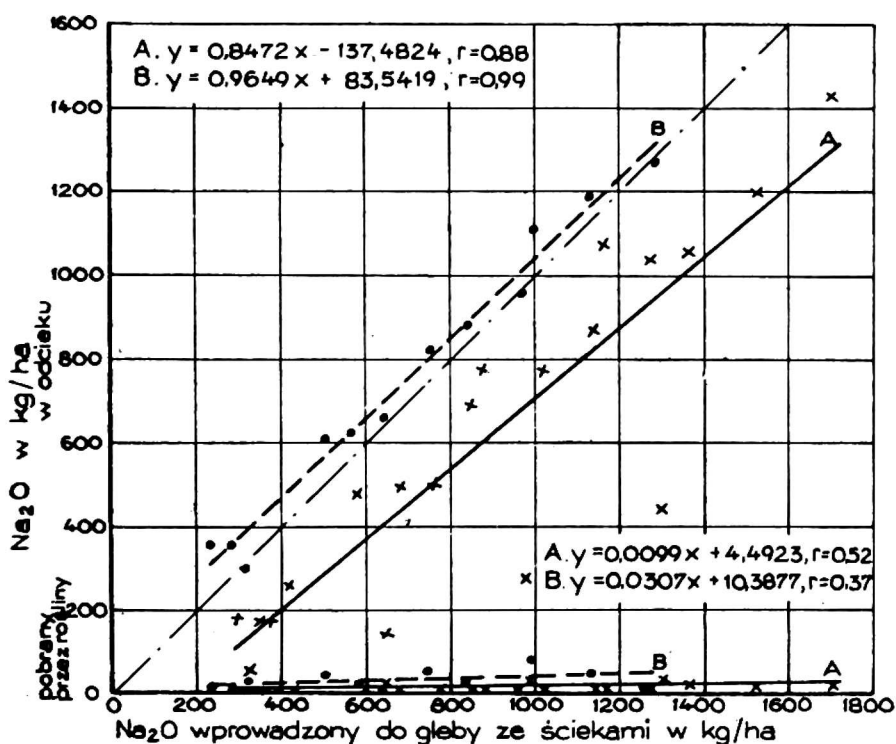
Z gleby lizymetrów nie nawadnianych (kontrolnych) 21% CaO pobrały rośliny, a 79% przeszło do odcieku, natomiast z lizymetrów nawadnianych ściekami odpłynęło w odcieku średnio ok. 90% dostarczonego CaO. Wynika z tego, że o potrzebie wapnowania gleb nie decyduje stosowanie nawodnień ściekami, lecz ruchliwość CaO w profilu glebowym.

W ściekach używanych do nawodnień średnia zawartość  $\text{Na}_2\text{O}$  wynosiła 118 mg/l, w związku z tym do gleby wprowadzono stosunkowo duże ilości tego składnika. Pomiar wykazały, że zaledwie 1,4 do 5,7% dostarczonego sodu zostało pobrane przez rośliny. Ilość pobranego przez rośliny  $\text{Na}_2\text{O}$  w bardzo niewielkim stopniu zwiększała się w miarę wzrostu norm nawodnienia i wniesionego ze ściekami ładunku (rys. 7).

W pierwszych latach prowadzenia nawodnień znaczna część związków sodu odkładała się w glebie. W następnych latach ustalił się pewien stan równowagi i po wysyceniu kompleksu sorpcyjnego gleby, nadwyżki wprowadzonego ze ściekami sodu przechodziły do odcieku. Podobny pro-

ces zachodził w odniesieniu do chlorków i siarczanów, których główną pozycję rozchodową stanowił odciek. Intensywność wypłukiwania soli z gleby nawadnianej ściekami wzrastała w miarę zwiększania się opadów [10].

Uogólniając wyniki przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w warunkach klimatycznych Polski stosowanie nawodnień ściekami komunalnymi nie grozi zasoleniem gleb lekkich, co znajduje potwierdzenie na polach nawadnianych ściekami od kilkudziesięciu lat. Istnieje natomiast potencjalne zagrożenie zasolenia wód gruntowych związkami mineralnymi ścieków, nie zatrzymanymi w glebie i nie zużytkowanymi przez rośliny, w wypadku stosowania wysokich norm nawodnienia. Podobne zagrożenie zanieczyszczenia wód gruntowych stwarza również stosowanie wysokich norm nawożenia mineralnego.



Rys. 7. Ilość sodu dostarczonego w ściekach, pobranego przez rośliny i odprowadzonego w odcieku  
A — łąka, B — pastwisko

Wyniki kilkuletnich pomiarów badanych elementów bilansu wodnego i pokarmowego gleby lekkiej nawadnianej ściekami komunalnymi wskazują, że podstawą ustalania norm nawodnienia ściekami użytków zielonych powinien być bilans azotu. Uwzględniając wskaźniki bilansu azotu w warunkach prowadzonych badań, najodpowiedniejszą normą nawodnienia dla łąk okazała się sumaryczna dawka ścieków 500 mm, a dla pastwisk 850 mm. Wymienione dawki ścieków w pełni zaspokajały potrzeby wodne roślin i dostateczną ilość związków mineralnych, niezbędnych do uzyskania wysokich plonów, przy stosunkowo niewielkim zagrożeniu zanieczyszczeniem wód gruntowych.

## WNIOSKI

1. W warunkach nawadniania ściekami komunalnymi łąka w porównaniu do pastwiska wykazywała zużycie wody: większe bezwzględne, mniejsze jednostkowe na produkcję suchej masy traw oraz znacznie większe jednostkowe na produkcję białka surowego w uzyskanym plonie.

2. Podstawą ustalenia norm nawadniania wodami ściekowymi użytków zielonych powinien być przede wszystkim bilans azotu. Wysoko plonująca łąka zaspokoila swoje potrzeby 250 kg/ha azotu dostarczonego w 500 mm dawce ścieków m. Wrocławia, a pastwisko 430 kg/ha azotu w 850 mm dawce.

3. W miarę możliwości powinno się unikać stosowania wysokich norm nawadniania żyznymi ściekami użytków zielonych, gdyż nie wykorzystane związki mineralne, w tym składniki biogenne — azot i fosfor, odprowadzane w odcieku z gleby, mogą spowodować wzrost zasolenia wód gruntowych i wzmożenie procesów eutrofizacji wód otwartych.

## LITERATURA

1. Boćko J.: Zużycie wodne łąki na madzie lekkiej deszczowanej ściekami miejskimi. Roczn. Nauk rol. ser. F, t. 72, z. 4, 1958.
2. Czyżyk F.: Wpływ deszczowania ściekami miejskimi na plonowanie i skład botaniczny łąki. Wiad. IMUZ t. 7, z. 4, 1968.
3. Koriath H.: Der Einsatz des Abwassers bei der Futterproduktion unter dem Gesichtspunkt der ganzjährigen Berwertung. Mitteltagen IV Internationale Konferenz der Abwasserverwertung für Bewässerung. Bucuresti 1965.
4. Kutera J.: Możliwości efektywnego wykorzystania zwilżających i nawożących właściwości ścieków w produkcji roślinnej. Wiad. IMUZ t. 4, z. 1, 1963.
5. Kutera J.: Instrukcja w zakresie rolniczego wykorzystania ścieków. Biblioteczka „Wiadomości IMUZ” nr 24, Warszawa 1967.
6. Kutera J.: Znaczenie gospodarcze wykorzystania ścieków do nawodnień rolniczych. Mat. konf. nauk. Wydz. IV PAN pt. „Metody optymalnej gospodarki zasobami wód” Warszawa—Zabrze 1970.
7. Kutera J., Rusak S.: Plonowanie pastwiska deszczowanego wodami ściekowymi. Wiad. IMUZ t. 7, z. 4, 1968.
8. Majdowski F.: Bilans wodno-pokarmowy łąki na glebie lekkiej nawadnianej miejskimi wodami ściekowymi na podstawie badań lizymetrycznych. Wiad. IMUZ t. 7, z. 4, 1968.
9. Majdowski F.: Bilans wodny i pokarmowy pastwiska na glebie lekkiej nawadnianego miejskimi wodami ściekowymi na podstawie badań lizymetrycznych. Wiad. IMUZ t. 8, z. 2, 1969.
10. Majdowski F.: Dynamika składników mineralnych w nawodnieniach ściekami miejskimi. Wiad. IMUZ t. 5, z. 2, 1964.
11. Mańczak H.: Einfluss der Abwasserlandbehandlung auf den Bewässerschutz. Rationelle Gestaltung der Verwertung von Abwässern und Abwasserschlam in der Sozialistischen Landwirtschaft. Berlin 1970. Tagungsbericht nr 106.
12. Marciłonek S.: Zmiany zasobów wodnych i pokarmowych gleby nawadnianej ściekami miejskimi w Psim Polu pod Wrocławiem. Roczn. Nauk rol. ser. F, t. 72, z. 4, 1958.

13. Paasch E. W.: Die Organisationsformen der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, z. 11, 1955.
14. Schwarz K.: Wirkungswert gemeidlicher Abwässer bei der ganzjährigen Abwasserunterbinngung auf Sandboden — Abwassergründland. Z. Ladeskultur z. 2, Berlin, 1968.
15. Ząbek S.: Wpływ nawodnienia ściekami na stosunki wodne gleby i plonowanie łąki doświadczalnej w Osobowicach. Zesz. nauk WSR Wrocław, Melior. nr 3, z. 1, 1956.
16. Zunker F.: Versteppung und Abwasserverwertung. Gesundheitsingenieur, z. 6-7, 11-13, 1941.

*Ян Кутэра, Францишек Майдовски*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ И УДОБРИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ГОРОДСКИМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ЗЕЛЕННЫХ УГОДИЙ

#### Резюме

Исследования водно-кормового баланса луга и пастбища, орошаемых городскими сточными водами города Вроцлава, произведено в течении восьми лет при помощи глубоких лизиметров, наполненных легкой почвой, с регулируемым уровнем грунтовой воды. Полученные результаты разрешили определить безусловное и единичное использование воды для продукции сухой массы урожая и сырого белка, а также зависимость между количеством минеральных соединений, находящихся в сточных водах, использованных растениями и отводимыми из почвы.

Луг в сравнении с пастбищем представляет следующее использование воды: большее безусловное, меньшее единичное для продукции сухой массы трав, а также значительно более высокое единичное для продукции сырого белка. Основанием для определения норм орошения сточными водами зеленых угодий должен быть прежде всего баланс азота. Высоко урожайный луг покрывал свои потребности 250 кг/га азота, находящегося в 500 мм дозе сточных вод г. Вроцлава, а пастбище 430 кг/га азота в 850 мм дозе.

По мере возможности следует избегать применения высоких норм орошения плодородными сточными водами зеленых угодий, так как неиспользованные минеральные соединения, в том и биогенные элементы, отводимые из почвы могут вызывать повышение засоления грунтовых вод и интенсификацию процессов эвтрофикации открытых вод.

*Jan Kutera, Franciszek Majdowski*

### UTILIZATION OF WATER AND FERTILIZING COMPONENTS IN CONDITIONS OF IRRIGATING GRASSLAND WITH MUNICIPAL SEWAGE

#### Summary

Researches into the water-nutrition balance of meadow and pasture, irrigated with Wrocław municipal sewage, were carried out within the period of eight years by means of deep lysimeters filled with light soil with regulated level of ground water. The results of experiments helped to determine the absolute and unitary water consumption for production of dry mass of crop and crude protein,

as well as the dependences between the amount of mineral compounds introduced with sewage, taken up by plants and drained in the effluent from soil.

The meadow, compared with the pasture, showed higher absolute water consumption, lower unitary water consumption for the production of dry mass of grasses and considerably higher one for production of crude protein. The basis for determining the norms of irrigation of grassland with sewage waters should be — before all — the nitrogen balance. A high yielding meadow satisfied its requirements with 250 kg/ha of nitrogen supplied in a 500 mm dose of Wrocław sewage, and the pasture with 430 kg/ha of nitrogen in a 850 mm dose.

Application of high norms of irrigation of grassland with fertile sewage should be avoided as far as possible, since unutilized mineral compounds, including biogenic components, drained from soil may bring about an increase of the salinity of ground waters and intensification of the eutrophication processes of surface waters.