

Kermen, Jadwiga

Sprawozdanie z działalności Towarzystwa : Sprawozdanie z działalności Wydziałów TNW : Wydział IV nauk biologicznych : Streszczenia : Biologiczne oczyszczanie ścieków w glebie

Rocznik Towarzystwa Naukowego Warszawskiego 50, 138-147

1987

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych oraz w kolekcji mazowieckich czasopism regionalnych mazowsze.hist.pl.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

nej szczepionki przeciwmastitowej. Dotychczas jednak brak szczepionki, która zyskałaby powszechne uznanie. Największą trudnością jest fakt powodowania *mastitis* przez bardzo różne drobnoustroje. W związku z powyższym szczepienie powinno raczej pobudzać odporność nieswoistą krwi niż swoistą. Ostatnio zespół pracowników z Gdańska propaguje wprowadzenie do limfatycznych węzłów nadwymiennych krów martwych komórek *Corynebacterium bovis*. Pobudzenie węzłów limfatycznych wzmacnia odporność lokalną i przeciwdziała zakażeniom wymienia przez gronkowce. Wyniki tych badań są obecnie sprawdzane w dużej skali.

Wniosek ogólny, który wynika z przedstawionych prac, wydaje się potwierdzać konieczność zastosowania u nas w pierwszym rzędzie tych metod, które wpłynęły na ogromną poprawę jakości mleka w innych krajach. Natomiast współdziałanie w najnowszych kierunkach badawczych pozwoli na dobór metod dodatkowych, dzięki którym zamiast mleka dobrego można będzie uzyskać mleko bardzo dobre.

Jadwiga Kermen

BIOLOGICZNE OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW W GLEBIE

Naturalną oczyszczalnią świata od prawników jest gleba. Gleba, poza wieloma ważnymi funkcjami, jakie pełni, jest filtrem: fizycznym, chemicznym, a przede wszystkim biologicznym, gdyż jest siedliskiem zamieszkiwanym przez ogromne ilości mikroorganizmów. W warstwie ornej, stosując metodę płytkową, wykrywa się do 10^7 komórek bakterii, 10^6 promieniowców i 10^5 grzybów, a przy liczeniu bezpośrednim pod mikroskopem otrzymuje się wartości jeszcze wyższe: zwykle 10^9 komórek drobnoustrojów w 1 g gleby. W glebach ornych i leśnych populacja mikroorganizmów gromadzi się w górnej warstwie gleby, bogatej w substancję organiczną, mniej więcej do głębokości 15 cm. Wraz z głębokością liczba drobnoustrojów ogromnie maleje.

Mikroorganizmy są absolutnie niezbędne w procesie krążenia pierwiastków w przyrodzie jako ogniwo w łańcuchu troficznym: producenci — konsumenci — reducenty. Na działaniu mikroorganizmów jako reducentów polega rozkład związków organicznych, w tym również związków zawartych w wodach ściekowych.

Całkowity rozkład, czyli enzymatyczna mineralizacja związków organicznych, stanowi istotę biologicznego procesu oczyszczania.

Nie istnieją w przyrodzie związki pochodzenia naturalnego, a również wiele sztucznie syntetyzowanych, których by drobnoustroje nie rozłożyły. Szybkość rozkładu zależy jedynie od warunków fizyko-chemicznych środowiska i budowy samego związku organicznego. Istnieje jednak jeden ważny warunek. Jest nim stężenie, tj. ilość wprowadzanych

związków organicznych do środowiska. Jeśli wprowadzi się materii organicznej za dużo, to w pierwszym momencie rozkład zachodzi szybko, ale tylko do momentu wyczerpania tlenu. Gdy to nastąpi, wówczas dalszy rozkład przebiega w warunkach beztlenowych. W miejsce procesów utleniania, które powodują całkowitą mineralizację, wchodzi procesy fermentacji i gnicia, bo mikroflora szybko przestawia swój metabolizm z tlenowego na beztlenowy. W wyniku fermentacji i gnicia z rozkładanych związków organicznych powstają pośrednie produkty rozkładu, takie jak siarkowodor, metan, kwasy organiczne, alkohole, merkaptany, aminy, które gromadząc się zatruwają środowisko i powodują zatrucie samych mikroorganizmów. Procesy rozkładu ulegają wówczas ogromnemu spowolnieniu, a ścieki wydzielają niemiłą woń. Właśnie to szybkie wyczerpywanie się tlenu w środowisku przy rozkładzie związków organicznych jest głównym powodem zatrucia wód powierzchniowych przez ścieki.

Biologiczne oczyszczanie ścieków w glebie ma na celu głównie odciążenie wód powierzchniowych: strumieni, rzek, jezior. Warto przytoczyć, że według danych rocznika statystycznego z 1986 roku na 3543 jednostki gospodarki uspołecznionej w Polsce 1644 odprowadza swoje ścieki bezpośrednio do wód powierzchniowych, a wśród 812 miast polskich 403 nie są obsługiwane przez żadne oczyszczalnie. Według danych Instytutu Kształowania Środowiska, Oddział we Wrocławiu, w ciągu pięciolecia 1978—1983 spośród 36 rzek o łącznej długości 13 870 km objętych kontrolą ubyło 979 km rzek o I i II klasie czystości wód, a przybyło 545 km długości rzek nadmiernie zanieczyszczonych, znajdujących się poza wszelką klasą. Wisła w 56% jest nadmiernie zanieczyszczona, a pozostałe 44% jej długości znajduje się w III, tj. ostatniej klasie czystości (15). Stan czystości wód nie ulega polepszeniu mimo poważnych nakładów inwestycyjnych na budowę sztucznych oczyszczalni. Oczyszczalnie sztuczne, nawet dwustopniowe, tj. mechaniczno-biologiczne, mimo iż bardzo kosztowne, właściwie nie rozwiązują problemu ścieków. Na obecnym etapie rozwoju technologii oczyszczalnie sztuczne są absolutnie niezbędne, ale w istocie są one złem koniecznym, ponieważ prowadzą jedynie do unieszkodliwiania ścieków. A ścieki są surowcem wtórnym i nie o unieszkodliwianiu należałoby myśleć, a o ich zagospodarowaniu.

Jaki jest plon pracy sztucznej oczyszczalni ścieków? Jest nim nadmiar tzw. osadu czynnego, czyli masy komórek mikroorganizmów czynnych w procesie mineralizacji związków organicznych, oraz bogata w związki mineralne woda. Tylko 25% pierwiastków biogenych pozostaje na terenie oczyszczalni, a pozostałe 75% już w formie mineralnej odpływa z tzw. „oczyszczoną” wodą. Dokąd? Oczywiście do rzek i jezior powodując ich eutrofizację.

A kraj nasz nie należy do zasobnych w wodę. W Europie pod tym

względem zajmujemy dalekie miejsce. Całkowity roczny odpływ wód powierzchniowych wynosi w Polsce 180 m³ na 1 km² powierzchni, gdy np. w Bułgarii — 1780 m³, na Węgrzech — 1290 m³, w Rumunii — 820 m³, w Czechosłowacji — 700 m³, w Belgii — 530 m³. Jedynie w Hiszpanii wielkość ta jest niższa, gdyż wynosi 150 m³, ale w przeliczeniu na 1 mieszkańca przypada w Hiszpanii 2,5 tys. m³ wody rocznie, a w Polsce — 1,7 tys. m³. Kraj nasz znajduje się w obszarze niskich opadów; średni opad roczny z wielolecia wynosi w Polsce 602 mm. Według Janiszewskiego opad roczny poniżej 600 mm uważa się za wyjątkowo mały w stosunku do potrzeb krajów rozwiniętych, a opad wynoszący poniżej 500 mm przyjmuje się już za wartość graniczną potencjalnego stepowienia (8).

W ostatnich latach, w związku z rozwojem gospodarki i uprzemysłowienia kraju, zużycie wody ogromnie wzrosło, a jeszcze bardziej wzrosła ilość wyprodukowanych ścieków. Ponad jedną trzecią ogólnej ilości wód ściekowych stanowią takie, których głównym zanieczyszczeniem są związki organiczne. Są to przede wszystkim ścieki przemysłu rolno-spożywczego oraz ścieki komunalne. Te rodzaje ścieków mogłyby być stosowane bezpośrednio do nawodnień gruntów. Podniosłoby to ich żyzność i polepszyłoby bilans wodny nawadnianych terenów. Myśl ta nie jest nowa. Już w XIX wieku miasta Anglii oczyszczały swoje wody ściekowe na tzw. polach irygowanych, które były następnie użytkowane rolniczo. Pola irygowane, czynne od ponad 100 lat do chwili obecnej, posiada Wrocław. W podwrocławskiej miejscowości Osobowice ściekami miejskimi nawadniane są łąki, a od kilkunastu lat również uprawy topoli (14).

Gleba jest dobrym filtrem sanitarnym dla ścieków komunalnych. Ścieki przesączone przez odpowiedniej grubości warstwę gleby oczyszczają się skutecznie od bakterii chorobotwórczych, które zasorbowane w górnej warstwie gleby podlegają różnym czynnikom niszczącym — biotycznym i abiotycznym. Jest to typowy przykład reakcji homeostatycznej środowiska (10). Jednakże trudniej od bakterii niszczone są w glebie wirusy (7, 16, 17). W ściekach komunalnych przeważają tzw. enterowirusy, których oporność na niesprzyjające warunki fizyko-chemiczne jest wysoka. Klasycznym przykładem może tu być wirus żółtaczkii zakaźnej. Wirusy stanowią istotny problem w procesie sanitarnego oczyszczania wód. Bakterie, jak np. *Escherichia coli*, stosowane jako konwencjonalne wskaźniki oceny bezpieczeństwa sanitarnego wód, okazały się mniej odporne niż wirusy na czynniki środowiska i na procesy uzdatniania wody, np. na chlorowanie (3, 16). Enterowirusy mogą więc być obecne w wodzie, w której nie stwierdza się zanieczyszczenia bakteriami wskaźnikowymi (4, 5). Również w glebie enterowirusy przeżywają dłużej niż bakterie wskaźnikowe, np. w glebach gliniastych i gliniasto-piaszczystych mogą przeżywać do 170 dni. Poliowirusy przeżywa-

ją w glebie do 96 dni w zimie i 11 w lecie. Na powierzchni roślin przeżywiają do 23 dni. Wirusy zaabsorbowane na cząsteczkach ilastych gleby nie tracą swej aktywności (12, 16). Możliwość skażenia środowiska wirusami jest obecnie głównym powodem hamującym wykorzystanie ścieków komunalnych do nawodnień w rolnictwie. Nawadnianie gruntów miejskimi wodami ściekowymi napotyka na opory nie tylko z uwagi na potencjalne zagrożenie dla zdrowia publicznego, ale również dlatego że miejskie wody ściekowe zawierają stale rosnącą domieszkę ścieków przemysłowych, niosących związki toksyczne, takie jak metale ciężkie, detergenty, węglowodory itp.

Mniejsze zastrzeżenia budzi wykorzystanie wód ściekowych z przemysłu rolno-spożywczego. Ścieki takie jako główne zanieczyszczenie zawierają resztki roślinne, które wprowadzone do gleby są w niej łatwo rozkładane mikrobiologicznie. Uwolnione w procesach rozkładu pierwiastki biogenne wzbogacają środowisko glebowe w łatwo dostępne makro- i mikroelementy, a ponadto wzbogacają nawadniane tereny w wodę. Jeśli ścieki stosowane są w sposób właściwy, tzn. w odpowiednich dawkach, w odpowiednich odstępach czasu, pod odpowiednimi uprarami i na odpowiednich glebach — lekkich, przewiewnych — to nie tylko nie zagrażają środowisku, ale podnoszą żyzność gleb i plony roślin. Są to efekty wyrażające się kilku-, a nawet kilkunastokrotną zwiększaniem plonu masy roślinnej.

Istnieją na świecie i w Polsce gorący zwolennicy idei wykorzystania ścieków do nawodnień gleb, jak profesorowie Białkiewicz, Kutera, Boćko, a przede wszystkim prof. Wierzbicki, autor dwu podręczników na temat wykorzystania ścieków w rolnictwie i leśnictwie (2, 11, 13, 14, 18, 19). Ludzie ci z dużym zaangażowaniem pracowali, a niektórzy pracują nadal nad ustaleniem warunków, w jakich wody ściekowe można by bezpiecznie stosować do nawodnień, gdyż widzą w tym sposób na ochronę wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem i jednocześnie sposób na podniesienie żyzności ubogich gleb. Zdaniem prof. Kutery, w Polsce obecnie co najmniej 750 obiektów odprowadza prawie 5 mln m³ ścieków na dobę, nadają się one do bezpośredniego wykorzystania do nawodnień (11).

Istnieją już obecnie zakłady produkcyjne, które decydują się na rozwiązanie sprawy ścieków na tej drodze. Jako przykład mogą służyć Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Iławie. Zakłady te odprowadzają ścieki powstające przy produkcji mączki ziemniaczanej nie do sztucznej oczyszczalni, ale na tereny leśne. W miejscowości Smolniki, odległej od Iławy o 7 km, powstała tzw. leśna oczyszczalnia ścieków o powierzchni 216 ha, na którą w czasie kampanii ziemniaczanej kierowane są ścieki produkcyjne. Latem, w przerwie między kampaniami, na teren oczyszczalni kierowane są wody z pobliskiego jeziora. Ścieki rozprowadzane są systemem deszczownianym przy pomocy zraszaczy, z któ-

rych każdy nawadnia powierzchnię ok. 13 arów. Istniejące na terenie oczyszczalni 144 zraszacze nawadniają w ciągu dnia 37 ha lasów. Łączna dawka ścieków kierowanych do lasu w okresie kampanii wynosi rocznie 526 mm. Nawadnianie każdej kwatery wypada co 6 dni dawką 24 mm (24 l/m² powierzchni). Powierzchnia 1 kwatery wynosi ok. 600 m². W okresie wegetacyjnym, od połowy kwietnia do połowy sierpnia, ta sama powierzchnia przy pomocy tych samych zraszaczy jest nawadniana wodą z jeziora w odstępach co 6 dni, dawką dzienną 21 mm, co stanowi łączną wartość 315 mm w ciągu sezonu (13). W wyniku deszczowania ściekami wnosi się na kwatery leśnej oczyszczalni ok. 600 kg NPK rocznie.

Oprócz obiektów leśnych przeznaczonych na gospodarcze potrzeby Zakładów znajduje się w Iławie stacja lizymetryczna, gdzie prowadzone są badania podstawowe, z 4-letnim wyprzedzeniem w stosunku do oczyszczalni gospodarczej. W Iławie prowadzi badania kilka zespołów naukowych, a mianowicie: Zakład Ekologii Roślin PAN, który bada kierunki zmian szaty roślinnej w wyniku nawadniania ściekami i wodą z jeziora; Katedra Gleboznawstwa SGGW-AR, która bada zmiany w środowisku glebowym; Katedra Ochrony Lasu SGGW-AR, prowadząca ocenę stanu zdrowia upraw; Zakład Gospodarki Łowieckiej Instytutu Badawczego Leśnictwa, który bada zasiedlanie zwierzyną łowną obszarów leśnej oczyszczalni ścieków; oraz Zakład Gospodarki Wodnej IBL, który jest koordynatorem całości badań. Zadania badawcze Zakładu to: doskonalenie metod rozprowadzania ścieków i wody na leśnej oczyszczalni; śledzenie stanu wód gruntowych na obszarach nawadnianych (istnieje na terenie oczyszczalni kilkanaście studzienek kontrolnych do tych pomiarów); śledzenie ewentualnych zanieczyszczeń wód gruntowych oraz pobliskich dwu rzek, Iławki i Drwęcy; określenie przyrostu upraw i drzewostanów sosnowych oraz prowadzenie doświadczeń na stacji lizymetrycznej, które to doświadczenia mają dać odpowiedź na pytania: jaki jest stopień oczyszczania się ścieków w glebie oraz jakie jest wykorzystanie wody i składników pokarmowych przez różne drzewa? Do zadań Zakładu Gospodarki Wodnej należy również sporządzanie tzw. bilansów pokarmowo-wodnych i na ich podstawie typowanie gatunków roślin najbardziej odpowiednich do nawodnień ściekami ziemniaczanymi, które to rośliny w przyszłości mogłyby być wprowadzone w miejsce istniejących drzewostanów sosnowych na terenie leśnej oczyszczalni. Zwłaszcza doświadczenia prowadzone w lizymetrach z 6 gatunkami roślin drzewiastych pozwalają na prowadzenie wielu kombinacji oraz wielorakich kontroli: nie nawadnianej, nawadnianej tylko wodą, nawadnianej wodą+dawka nawozów mineralnych odpowiadająca zawartości NPKCaMg w ściekach oraz czarny ugór.

Każdy lizymetr ma objętość 15 tys. litrów (3,3×3,0×1,5 m). Lizymetry są tak zbudowane, że pozwalają na określenie ilości wody przesa-

czonej przez glebę, czyli tzw. odcieku, i na analizę tego odcieku, co jest podstawą obliczeń bilansu wodno-pokarmowego, gdzie po stronie „przychodu” są ścieki, a po stronie „rozchodu” — odciek, roślina i retencja w glebie.

Wyniki uzyskane w badaniach lizymetrycznych są imponujące. Po 3 latach nawodnień dawką roczną ścieków 500 mm w czasie kampanii, a następnie wodą w okresie letnim, sosna kontrolna miała wysokość 76 cm, nawadniana — 117 cm, a jej masa objętościowa była trzykrotnie wyższa niż w kontroli. Dąb kontrolny miał 72 cm wysokości, nawadniany — 260 cm, a jego masa wzrosła 18-krotnie. Modrzew europejski kontrolny miał wysokość średnio 209 cm, nawadniany — 326 cm, a jego masa wzrosła 6-krotnie. Jesion wyniosły miał 114 cm, nawadniany — 361 cm, a jego masa była 14-krotnie większa. Brzoza kontrolna miała 271 cm, nawadniana — 510 cm, a masa strzał była 8-krotnie większa. Topola kontrolna miała 380 cm wysokości, nawadniana — 550 cm, a masa strzał była prawie 4-krotnie większa. Jak widać, najżywiej na nawadnianie zareagowały dąb i jesion — gatunki bardzo wartościowe — i jeśli dalej tendencje te będą się utrzymywały, można będzie te gatunki uważać za najbardziej opłacalne do wysadzeń na terenach nawadnianych ściekami w danych warunkach glebowo-klimatycznych (6).

Jednocześnie nastąpiła wysoka redukcja zawartości związków organicznych w ściekach, przekraczająca 99%, oraz wysokie wykorzystanie związków azotu, fosforu i potasu. Przedstawia to tabela 1.

Tabela 1. Wyniki analiz ścieków ziemniaczanych i procent redukcji zawartych w nich pierwiastków biogennych, wg (1, 13)

Rodzaj oznaczeń	Zakł. Przem. Ziemniacz. w Głownie 1968—1971		Zakł. Przem. Ziemniacz. w Iławie 1982—1985	
	mg/l	% redukcji	mg/l	% redukcji
BZT ₅	1474 mg O ₂	96,4	1510 mg O ₂	95 —99,8
N ogólny	119	92,3	75,0	91 —97
P ₂ O ₅	34	90,4	35,4	96,8—99,5
K ₂ O	146	78,8	184,2	40 —45,1
pH	5,9—6,1		5,8—6,1	

Doświadczenia lizymetryczne, które mają na celu wybór optymalnych warunków dla procesu oczyszczania ścieków w glebie, prowadzone są właściwie pod jednym kątem; dobór jednorazowej dawki ścieków, częstotliwość nawodnień, rodzaj gleby, sposób nawodnień — tu przez deszczowanie, które nawadnia górne warstwy gleby — ustalane są pod kątem biochemicznych możliwości mikroflory gleby. Oczyszczającą działalność drobnoustrojów kontynuuje następnie roślina zielona. Dobór uprawy jest tu ważny, gdyż szybkość usuwania z gleby produktów rozkładu zależy od potrzeb wodno-pokarmowych rośliny.

Mikroorganizmy są nie tylko najważniejszym czynnikiem w oczyszczaniu ścieków w glebie, ale są również bardzo czułym wskaźnikiem zmian warunków fizyko-chemicznych środowiska, zarówno pozytywnych, jak i negatywnych. Reagują szybciej niż roślina zielona, zwłaszcza wieloletnia roślina drzewiasta, i pierwsze mogą wskazać, czy stosowane zabiegi zagrażają środowisku. Prowadzone przez Zakład Gospodarki Wodnej IBL w latach 1961—1979 badania wykazały, że analizy mikrobiologiczne gleb nawadnianych ściekami różnego pochodzenia mogą dostarczyć istotnych informacji o kierunku zmian, jakie zachodzą w glebie. Badania te prowadzone były na stacji lizymetrycznej IBL w Puczniewie k. Łodzi (9). Zanim bowiem podjęto decyzję o urządzeniu leśnej oczyszczalni ścieków w Iławie, przeprowadzono badania podstawowe. Badania ze ściekami „ziemniaczanymi” prowadzono w latach 1968—1971. Wody ściekowe dowożono na teren Stacji z Zakładów Przemysłu Ziemniaczanego w Głownie. Doświadczenia prowadzono w 40-litrowych lizymetrach, z odpływem w dnie. Analizami mikrobiologicznymi objęto glebę z 3 wariantów doświadczeń, a mianowicie: 1) glebę nie nawadnianą, 2) glebę nawadnianą ściekami w okresie kampanii krochmalniczej oraz 3) glebę nawadnianą ściekami w okresie kampanii, a ponadto nawadnianą wodą studzienną w sezonie wegetacyjnym. Wyniki analiz podaje tabela 2. Z zawartych w niej danych liczbowych wynika,

Tabela 2. Analiza mikrobiologiczną gleby spod uprawy wikliny nawadnianej ściekami ziemniaczanymi, dawką 100 mm 4 razy w miesiącu w okresie kampanii oraz wodą, dawką 50 mm 4 razy w miesiącu, w sezonie wegetacyjnym (III rok nawodnień)

Rodzaj oznaczeń	Kontrola nie nawadniana	Ścieki	Ścieki + woda
Ogólna liczba bakterii (w mln/g)	1,0	9,3	20,5
Ogólna liczba grzybów (w mln/g)	0,2	0,6	0,8
Miano amonifikatorów (w g)	10^{-5}	10^{-6}	10^{-6}
Miano drobnoustrojów celulolitycznych (w g)	10^{-5}	10^{-6}	10^{-6}
Ilość celulozy rozłożonej w ciągu 2 miesięcy (IV—VI) w g	0,10	0,60	0,65

że najwyższą liczbę bakterii wykrywano w kombinacji „ścieki + woda”. Jest to zrozumiałe, gdyż wnoszona w czasie wegetacji woda rozcieńcza ścieki skumulowane w okresie kampanii. Rozcieńczona substancja organiczna szybciej ulega rozkładowi, a mikroorganizmy obficie namnażają się jej kosztem. Grzyby podobnie zareagowały na nawadnianie. Wartości miana drobnoustrojów celulolitycznych i amonifikatorów są takie same w obu kombinacjach nawadnianych ściekami (10^{-6}) i jest ich więcej niż w glebie kontrolnej (10^{-5}). Analizy te wykonane pod koniec III roku badań świadczą, że dla badanych warunków nie tylko nie nas-

tało zmęczenie gleby, ale że jej aktywność mikrobiologiczna wzrosła. Jednocześnie stwierdzono wysoki stopień oczyszczania się ścieków w glebie (tab. 1).

Przedmiotem badań prowadzonych na stacji lizymetrycznej IBL w Puczniewie były również ścieki komunalne. Były to ścieki pochodzące z łódzkiej aglomeracji miejskiej, wymieszane z wodą rzeki Ner, która jest faktycznie kanałem odbierającym ścieki komunalne. Badania prowadzone były przez 10 lat w lizymetrach o pojemności 15 tys. litrów. W doświadczeniach uwzględniono różne dawki ścieków, stosowanych 4 razy w miesiącu w okresie wegetacyjnym, od maja do września. Tabela 3 przedstawia wyniki analiz mikrobiologicznych gleby po IV ro-

Tabela 3. Analiza mikrobiologiczna gleby nawadnianej ściekami miejskimi (IV rok nawodnień)

Rodzaj oznaczeń	Sosna			Modrzew			Wiklina		
	nie nawadniana	ścieki mm		nie nawadniana	ścieki mm		nie nawadniana	ścieki mm	
		50	200		50	200		50	200
Ogólna liczba bakterii (w mln/g)	2,0	8,0	4,0	1,5	27,0	15,8	2,8	26,2	59,0
Ogólna liczba grzybów (w mln/g)	0,2	0,2	0,1	0,1	0,4	0,4	0,2	0,7	0,4
Miano amonifikatorów (w g)	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
Miano drobnoustrojów celulołitycznych (w g)	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴

ku nawodnień pod różnymi uprawami. Pod uprawą sosny w kombinacji nie nawadnianej wykryto 2 mln komórek bakterii w 1 g gleby, w kombinacji nawadnianej ściekami dawką 50 mm wykryto 8 mln, a w kombinacji nawadnianej dawką ścieków 200 mm tylko 4 mln. Jest to więcej niż w kontroli, ale mniej niż po zastosowaniu niższej dawki ścieków. Analogiczną sytuację zaobserwowano w przypadku modrzewia. W glebie pod uprawą wikliny uzyskano jednakże inny obraz: liczba wykrytych komórek bakterii była najwyższa w kombinacji, gdzie zastosowano dawkę ścieków 200 mm. Również miano amonifikatorów wskazuje na wysoką ich zawartość w glebach nawadnianych ściekami, choć jednakową dla obu dawek ścieków. O czym świadczą te różnice? Należy wnioskować, że dawka ścieków 200 mm tygodniowo jest dla mikroflory pod uprawą sosny i modrzewia za wysoka, natomiast dobrze jest znoszona przez glebę pod uprawą wikliny. Tłumaczyć należy to tym, że mikroflora gleby pod uprawą wikliny ma lepsze warunki rozwoju. Sprzyja temu bogato rozwinięty system korzeniowy rośliny, a przede

wszystkim fakt, że produkty mikrobiologicznego rozkładu nie są w glebie kumulowane. Szybko rosnąca wiklina pobiera dużo wody i składników mineralnych, które wraz z plonem usuwane są co roku z lizymetrów, ponieważ na jesieni każdego roku wiklinę się wycina. Dawkę ścieków należy dopasować więc do potrzeb uprawianej rośliny. Analizy mikrobiologiczne gleby wykazywały zwykle dużą zgodność z późniejszymi wynikami analiz materiału roślinnego. Kombinacje nawodnień doświadczalnych, optymalne z punktu widzenia potrzeb rośliny, wykazywały też najwyższą aktywność mikrobiologiczną gleby.

Dotychczasowe wyniki badań podstawowych i osiągnane wyniki produkcji masy roślinnej wskazują, że można wykorzystać efektywnie proces biologicznego oczyszczania ścieków w glebie. Zdaniem prof. Kutery, w najbliższych latach przewidywać należy wykorzystanie ścieków z 420 obiektów przemysłu rolno-spożywczego do nawodnień na obszarze ok. 300 tys. ha (11). Wykorzystanie tych ścieków, których główne zanieczyszczenie stanowią związki organiczne pochodzenia naturalnego, do powierzchniowych nawodnień gruntów zasługuje na zainteresowanie, gdyż posiadają one wysoką wartość nawozów i są bezpieczne sanitarnie. Racjonalnie zastosowane ulegają w glebie całkowitemu oczyszczeniu, gdyż gleba jest najlepszą i najstarszą oczyszczalnią świata. Trzeba tylko umiejętnie to wykorzystać.

Piśmiennictwo

1. Białkowicz F., Kermen J., 1975: *Srodowisko leśne jako naturalna oczyszczalnia ścieków*. „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej” Inżynieria Sanitarna, 18: 37.
2. Boćko J., 1965: *Gleba jako środowisko oczyszczania ścieków*. Roczn. Glebozn., 15: 497.
3. Dożańska W., Dobrowolska H., 1967: *Badania nad dezynfekcją ścieków zawierających enterowirusy*. Roczn. PZH, 18:547.
4. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, vol. 1, Recommendation, 1984, WHO, Geneva.
5. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, vol. 2: *Health Criteria and Other Supporting Information; Methods of Examination for Viruses*, 1984, WHO, Geneva.
6. Harmaciński W., Kukielska C., Białkiewicz F., 1988: *Możliwości oczyszczania i produkcyjnego wykorzystania ścieków ziemniaczanych ZPZ Ilawa w uprawach drzew*. Prace IBL (w druku).
7. Hurst C. J., Gerba C. P., Cech J., 1980: *Effects of Environmental Variables and Soil Characteristics on Virus Survival in Soil*. Appl. Environ. Microbiol., 40:1067.
8. Janiszewski W., 1976: *Gospodarka wodna Polski*, Książka i Wiedza.
9. Kermen J., Pinkiewicz I., 1976: *Wpływ nawodnień ściekami przemysłowymi na biologiczną aktywność gleb leśnych*. Prace IBL, nr 512.
10. Kermen J., Janota-Bassalik L., 1987: *A Note on the Forest Soil as a Biological Filter in the Sanitary Purification of Municipal Waste-Water Evaluated on the Basis of Escherichia Coli Titre*. Acta Microbiol. Polon., 36:109.

11. Kutura J., 1988: *Oczyszczanie ścieków w środowisku glebowym i wykorzystanie ich potencjału w produkcji roślinnej*. Prace IBL (w druku)
12. Landry E. F., Vaughn J. M., Penello W. F., 1980: *Poliovirus Retention in 75 cm Soil Cores after Sewage and Rainwater Application*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 40:1032.
13. Miśkiewicz N., Harmaciński W., Białkiewicz F., 1988: *Koncepcja rozwiązania gospodarki ściekowej przemysłu ziemniaczanego na przykładzie glebowo-roślinnej oczyszczalni ścieków ZPZ, Ilawa*. Prace IBL (w druku).
14. Nowiński S., Białkiewicz F., 1988: *Mięszczość drzew w plantacji nawadnianej ściekami miejskimi*. Prace IBL, (w druku).
15. Rocznik Statystyczny 1986, s. 9 i 16.
16. Technical Report Series 639: *Human Viruses in Water, Wastewater and Soil*, 1979, WHO Geneva.
17. Watson D. C., 1985: *Potential Risk to Human and Animal Health Arising from Land Disposal of Sewage Sludge*. *J. Appl. Bacteriol. Symp. Suppl.* 95 S.
18. Wierzbiński J.: 1962: *Działanie wód ściekowych na glebę*, wyd. II, Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, seria B, nr 104.
19. Wierzbiński J. 1963: *Wykorzystanie ścieków w rolnictwie i leśnictwie*, PWRiL, Warszawa.

Bohdan Rodkiewicz, Józef Bednara

ZACHOWANIE SIĘ ORGANELLI W MEJOTYCZNYCH KOMÓRKACH ROŚLIN WYŻSZYCH

W sporogenezie i mikrosporogenezie kończącej się synchroniczną cytokinezą mitochondria i plastydy każdego mejocyty grupują się w warstwę, która rozdziela diadę, a później po przekształceniu się w tetradę na jednojądrowe obszary. Warstwa organelli pełni podczas mejozy funkcję przegrody pierwotnej.

We wczesnej I profazie mejotycznej plastydy i mitochondria grupują się na krótko przy jądrze komórkowym. Prawdopodobnie w tym czasie dzieli się duża część plastydów.

Badaliśmy, jak są rozmieszczone mitochondria i plastydy podczas mejozy w mejocytach sporangiów i mikrosporangiów. Do badań wzięliśmy sporangia czterech gatunków *Equisetum* (2), paproci (3), mikrosporangia *Larix* (3), mikrosporangia sagowca *Stangeria* (10) oraz pylniki roślin okrytozalążkowych: *Impatiens balsamina*, *Tradescantia*, *Lysimachia* i *Clarkia* (9), *Nymphaea alba* (1).

Do badań wybraliśmy gatunki z mejocytami, których plastydy zawierają ziarna skrobi w ciągu całej lub większej części mejozy. Obecność skrobi umożliwiała nam łatwą identyfikację plastydów w komórkach oglądanych w mikroskopie świetlnym. Jedynie mejocyty *Lysimachia* skrobi nie zawierają. Preparaty większości mejocytów tych roślin badaliśmy w mikroskopie elektronowym, a trzech gatunków (*Tradescantia*, *Lysimachia* i *Clarkia*) tylko w świetlnym.