

HODOWLA ZOOPLANKTONU NA BAZIE ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH I ROLNICZYCH DLA UZYSKANIA PASZY BIAŁKOWEJ

Lech Szlauer

Zakład Hydrozoologii AR w Szczecinie

Zwierzęta planktonowe dzięki masowemu występowaniu, dużej wartości odżywczej i rozpiętości rozmiarów ciała od kilkunastu mikronów do kilkunastu milimetrów są naturalną bazą pokarmową wielu gatunków ryb i innych zwierząt wodnych. Zasoby te nie były i nie są w sposób bezpośredni wykorzystywane na szerszą skalę przez człowieka, nawet w rybactwie. Dotychczas nie było takiej potrzeby. Dopiero gwałtowny rozwój hodowli ryb, obserwowany w ostatnim okresie, spowodował zainteresowanie zooplanktonem jako paszą do podchowu młodziży ryb. Możliwości wykorzystania zooplanktonu nie ograniczają się tylko do rybactwa. Podobnie jak mączka rybna może być on używany jako komponent pasz dla ptactwa i ssaków hodowlanych. Z punktu widzenia racjonalnego gospodarowania zasobami przyrody wykorzystywanie zooplanktonu, będącego pierwszym zwierzęcym ogniwem łańcucha pokarmowego w środowisku wodnym, jest bardziej wskazane, niż np. przeznaczanie ryb do celów paszowych.

Przedstawione względy skłaniają do poszukiwań łatwo dostępnych źródeł zooplanktonu oraz sposobów jego pozyskiwania. Zmuszają do tego też wzrastające trudności związane z nabywaniem tradycyjnych pasz białkowych.

Zooplankton można pozyskiwać w zbiornikach naturalnych /stawach, jeziorach, morzach/ lub go hodować. To drugie rozwiązanie wymaga użyźniania wody.

W tradycyjnych planktoniarniach używane były do tego celu nawozy organiczne i mineralne. Stosowanie takiego nawożenia obecnie byłoby marnotrawstwem, ponieważ mamy ścieki, zawierające w większości przypadków ogromne ilości biogenów. Zaistniała sytuacja podsuwa więc rozwiązanie - wykorzystać ścieki do hodowli zooplanktonu. Takie rozwiązanie z punktu widzenia pozyskiwania paszy jest obecnie tylko dobrą radą, natomiast jest nakazem ze względu na ochronę środowiska. Poprzez hodowanie zooplanktonu w ściekach można uzyskać znaczny stopień ich oczyszczenia [6, 7]. Oczyszczenie ścieków przez wykorzystanie ich do hodowli zooplanktonu i ryb stanowi główny temat badawczy Zakładu Hydrozoologii Akademii Rolniczej w Szczecinie. Nasze osiągnięcia na tym polu odnoszą się między innymi do ścieków komunalnych Nowogardu oraz gnojowicy z Przemysłowej Fermy Tuczcu Trzody Chlewnej w Kołbaczu.

W ściekach komunalnych i rolniczych można hodować te zwierzęta planktonowe, które są przystosowane do znoszenia skrajnych warunków środowiskowych. Do nich należą przedstawiciele skorupiaków - *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Moina rectirostris*, *Cyclops strenuus* oraz kilka gatunków wrotków. Przykładem wytrzymałości tej grupy zwierząt na skrajne warunki środowiskowe może być *Daphnia magna*, która znosi spadki zawartości tlenu do 0,3 mg O₂/l [2]. Wytrzymuje stężenie 224 mg N/l i 224 P/l [1]. Znosi dobowe wahania temperatury od 0 do 22°C, może żyć w zakresie temperatur 0-35°C, znosi zasolenie dochodzące do 0,1‰ [2]. Wszystkie te zwierzęta wytwarzają stadia przetrwalnikowe, umożliwiające im przetrwanie okresów suszy, lub utrzymywania się w zbiornikach warunków beztlenowych, skrajnego odczynu, zatrucia wody itp. Przetrwalniki te w przypadku wioślarek i wrotków służą im

też do rozprzestrzeniania się, podobnie jak nasiona u roślin. Są przenoszone przez ptaki /na piórach lub w przewodach pokarmowych/ względnie /po wyschnięciu/ przez wiatr.

Wymienione gatunki skorupiaków odznaczają się stosunkowo dużymi rozmiarami ciała. *Daphnia magna* i *Daphnia pulex* mogą nawet dorastać do 5 mm długości /przeciętnie 2-3 mm/.

Pokarmem omawianych wioślarek i wrotków są bakterie i glony rozwijające się masowo w ściekach, a także martwe szczątki organiczne. Organy filtracyjne tych zwierząt pozwalają im zatrzymywać nawet pojedyncze, większe bakterie i najdrobniejsze glony.

Przybliżony sąd o składzie chemicznym zooplanktonu hodowanego w ściekach można sobie wyrobić na podstawie analiz przeprowadzonych na *Daphnia magna*. Gatunek ten zawiera w suchej masie /stanowiącej około 20% masy wilgotnej/ 17-65% białka, 5-27% tłuszczu, 9-33% węglowodanów, 10-33% popiołu [2]. Tak duże rozpiętości wyników są następstwem brania do analiz *Daphnia* w różnym stanie fizjologicznym.

Wsiedlanie /posiew/ zooplanktonu do zbiorników ściekowych może być wykonane przez przeniesienie ich z innego zbiornika. Bez celowego wsiedlania też dochodzi do ich pojawu w wyniku przenoszenia przetrwalników przez wiatr lub ptaki. Utrzymanie czystych kultur w zbiornikach pod gołym niebem, zwłaszcza w ciągu dłuższego czasu, jest prawie niemożliwe.

Głębokość zbiorników przeznaczonych do hodowli zooplanktonu w ściekach powinna mieć w zasadzie około 0,5 m, aby zapewnić dobre ich mieszanie przez wiatr i prześwietlenie do dna. W tak płytkich zbiornikach dochodzi jednak do intensywnego rozwoju glonów nitkowatych oraz zarastania przez makrofity. Wobec tego zbiorniki te powinny mieć głębokość wynoszącą około 1-1,5 m. Stosunek powierzchni do głębokości powinien być taki, aby wykluczał powstawanie stratyfikacji termicznej w okresie letnim, tzn. powinny to być stawy.

Ponadto powinny one mieć odpowiednie urządzenia, umożliwiające doprowadzanie ścieków oraz spuszczenie wody, aż do osuszenia.

Należy koniecznie usuwać rzęsę wodną rozwijającą się obficie w stawach ściekowych. Powoduje ona odcięcie światła, zanik glonów planktonowych i wreszcie zanik tlenu. W takich warunkach ginie zooplankton. Rzęsa powinna być systematycznie zbierana i usuwana ze zbiornika. Stanowi ona zresztą doskonałą paszę dla kaczek i trzody chlewnej.

Nie można dopuścić do wtargnięcia ryb do stawów planktonowych. W przypadku ich występowania dochodzi zwykle do całkowitego wyjedzenia atrakcyjnych, dużych zwierząt planktonowych z rodzaju *Daphnia*, natomiast masowo rozwijają się drobne zwierzęta, np. wrotki.

Ścieki przeznaczone do hodowli zooplanktonu muszą być wstępnie oczyszczone mechanicznie oraz biologicznie w typowych oczyszczalniach. Można również używać surowych ścieków. W takich przypadkach należy się jednak liczyć z koniecznością długotrwałego ich przetrzymywania w stawach, gdzie ulegają one najpierw oczyszczeniu przez heterotrofy w warunkach beztlenowych.

Używane przez nas ścieki komunalne /z Nowogardu/ były wstępnie oczyszczone w złożach zraszanych. Po takim procesie zawierały one jeszcze do: 47,2 mg/l N-NH₄, 14,1 mg/l N organicznego, 26,4 mg/l P₀₄, 218 mg O₂/l /BZT₅/.

W ściekach tych pozostawionych w zbiornikach pod gołym niebem /bez rozcieńczenia/, już po 10 dniach dochodziło do masowego rozwoju glonów, natomiast warunki odpowiednie do rozwoju zooplanktonu zaistniały po 10-20 dniach. Dotyczy to okresu letniego. W naszych doświadczeniach polowych na tym ścieku maksimum zagęszczenia *Daphnia magna* dochodziło do 567 osobników/l.

Wilgotna masa zooplanktonu jako całości dochodziła do 0,113 g/l. Produkcja *Daphnia magna* wahała się od 7,7 do 15,3 mg wilgotnej

masy na dobę, a średnia wynosiła 10,8 mg/l/dobę. Przyjmując podaną wartość maksymalnej produkcji *Daphnia magna* obliczono spodziewaną produkcję w stawie ze ściekami o głębokości 1 m. Z 1 ha takiego stawu można spodziewać się produkcji 153 kg *Daphnia* dziennie, co za okres 6 ciepłych miesięcy daje 27,5 t wilgotnej masy /5,5 t suchej masy/. Wyliczona analogicznie średnia produkcja *Daphnia* wyniosła 19,4 t wilgotnej masy /3,8 s.m/. Do biologicznego doczyszczania ścieków Nowogardu /obecny zrzut około 2000 m³/doba/ potrzebne są stawy o powierzchni około 17 ha. Taki obiekt mógłby dać średnią produkcję roczną 329,8 t wilgotnej masy /66 t s.m/.

Opierając się na danych Faberskiego [4] przyjęto, że używana w naszych badaniach gnojowica /I/ z Kołbacza zawierała 226 mg/l N-NH₄, 31,8 mg/l N-organicznego, 88 mg/l P₀₄, 197 mg/l O₂ /BZT₅/, 222 mg/l O₂ /utlenialność/. Była to gnojowica uprzednio poddana mechanicznemu i biologicznemu oczyszczeniu /metodą osadu czynnego/. Jako środowisko do hodowli *Daphnia magna* użyto też gnojowicy /II/ po następnym etapie oczyszczania w jeziorze Zaborsko. Miała ona przybliżony skład: 60,9 mg/l N-NH₄, 37,4 mg/l P₀₄, 30 mg/l O₂ /BZT₅/, 61 mg O₂/l /utlenialność/. Oba te rodzaje gnojowicy nie nadawały się bezpośrednio po pobraniu do hodowli *Daphnia* i wymagały odpowiedniego uzdatniania. Zastosowano trzy sposoby jej uzdatniania: 1/ rozcieńczenie wodą, 2/ poddawanie biologicznemu oczyszczeniu nierozcieńczonej gnojowicy, 3/ zalewanie wodą uprzednio wysuszonej gnojowicy. Wszystkie trzy metody doprowadzały gnojowicę do stanu umożliwiającego hodowanie w niej *Daphnia magna*. Aby osiągnąć ten stan, należało zastosować roztwory zawierające do 10% gnojowicy /I/ i do 30% gnojowicy /II/ [5].

Gnojowica /I/ nierozcieńczona stawała się odpowiednim środowiskiem hodowlanym po 9 tygodniach doczyszczania w zbiorniku bez

pokarmowe dla pozostałych osobników i w rezultacie daje szybką kompensację ubytków. Przez odpowiednio intensywną eksploatację można prawie całkowicie zlikwidować śmiertelność naturalną.

W przypadku zwierząt wodnych oznacza to ograniczenie wielkości biomasy osobników bezpowrotnie traconych dla człowieka, które na dodatek ulegają rozkładowi, powodując wtórne zanieczyszczenie środowiska. Należy też pamiętać, że eksploatacja poprawia stan zdrowotny populacji i zwiększa jej odporność na szkodliwe substancje. Te ogólne prawdy potwierdziły doświadczenia Ciesielskiej [3]. Prowadziła ona polowe hodowle *Daphnia magna*, dokarmiane glonami uprawianymi w gnojowicy z Kołbacza, stosując różny stopień eksploatacji: 1/ eksploatacja $\frac{2}{3}$ stanu liczebnego populacji *Daphnia magna* co 2 tygodnie, 2/ eksploatacja $\frac{1}{3}$ stanu populacji co 2 tygodnie, 3/ wariant kontrolny, bez eksploatacji. W ciągu całego okresu hodowli /czerwiec - grudzień/ z wariantu /1/, najintensywniej eksploatowanego, pozyskano łącznie 88 885 osobników o biomase 52,4 g, podczas gdy w wariacie bez eksploatacji /3/ pozyskano w chwili kończenia hodowli 7900 osobników o biomase 0,47 g. Wynika z tego, że dzięki eksploatacji uzyskano aż 112 razy więcej osobników. W obu wariantach karmienie było takie samo, jak również panowały zbliżone inne warunki. Intensywny odłów hodowanego zooplanktonu jest więc podstawowym warunkiem uzyskiwania wysokich wydajności. Do tego samego wniosku doprowadziły autora doświadczenia hodowle prowadzone na ściekach komunalnych Nowogardu.

Eksploatacja zooplanktonu jest też warunkiem właściwego funkcjonowania stawów biologicznych do doczyszczania ścieków [6, 7]. W przypadku braku eksploatacji dochodzi często do prawie całkowitego wyjedzenia glonów przez nadmiernie rozwijający się zooplankton. Ściek w stawie staje się wówczas niemal idealnie przezroczysty. Stan

taki jest bardzo niekorzystny, bowiem brak glonów oznacza zahamowanie oczyszczania ścieków przez autotroficzne ogniwo, a głodujący zooplankton składa się z wychudzonych osobników, przestających się rozmnażać.

Na terenie Polski już w tej chwili istnieją tysiące planktoniarni powstałych przypadkowo w wyniku zatruwania ściekami wód stojących. Ścieki powodują wytrufanie ryb, głównych konsumentów zooplanktonu, a jednocześnie przeżyźnienie wody - niezbędne dla rozwoju ściekowych form planktonowych *Daphnia magna*, *Moina rectirostris* itp. Z bardziej znanych przypadków można tu przytoczyć przykład jeziora Długiego w Olsztynie o powierzchni 26,8 ha i maksymalnej głębokości 17,3 m. Ilość ścieków komunalnych wprowadzanych do tego jeziora w ostatnich kilkunastu latach przewyższyła jego pojemność /1 419 000 m³/. Następstwem tego było wyginięcie ryb oraz masowy rozwój ubogiego w gatunki zooplanktonu.

Maksymalna liczebność wrotków dochodziła do 15 600 osobników/l o biomase 13,2 mg/l.

Liczebność *Daphnia magna* dochodziła do 200 osobników/l o biomase 26,4 mg/l. Miesięczna produkcja tej wioślarki w całym jeziorze została oszacowana na 400 ton, co odpowiadało produkcji 15 t/ha /wilgotnej masy/.

Powyższe dane zaczerpnięto ze złożonej do druku pracy dr Widuto. Innym przykładem jest 40 ha zbiornik stawowy, służący za bezpośredni odbiornik oczyszczonych chemicznie ścieków Zakładów Chemicznych Police.

Według badań dr B. Szlauer, biomasa *Daphnia* w tym zbiorniku w miesiącu lipcu 1978 r. wynosiła 90 t /wilgotnej masy/. Ponieważ produkcja zooplanktonu kilka razy przewyższa jego biomasę, można sądzić, że zbiornik ten w roku 1978 oferował do odłowu kilkaset ton *Daphnia magna*.

Z przytoczonych doświadczeń i przykładów jasno wynika, że hodowanie zooplanktonu w ściekach nie następuje z trudności. "Sieje" się on sam i bujnie rozwija się dzięki żyzności środowiska oraz braku ryb w zbiornikach ściekowych. Zabiegi hodowlane sprowadzają się właściwie do odłowu zooplanktonu, zarówno w celu jego pozyskania, jak i stymulacji produkcji.

Masowy odłów zooplanktonu stanowi niewątpliwie trudny do rozwiązania problem. Tym należy też tłumaczyć tak nieznaczne dotychczasowe jego wykorzystywanie. Obecnie pracujemy nad zmechanizowaniem tego procesu - Szlauer, Kwidziński, Nowakowski, Sendłak [8]. Wymieniony zespół skonstruował urządzenie mechaniczne, które jest połączeniem dwu znanych elementów - sieci planktonowej, ze śrubą napędową, wprawianą w ruch przez silnik. Sposób łowienia polega na wywoływaniu prądu wody za pomocą śruby, skierowanego do specjalnej sieci planktonowej o wlocie ustawionym prostopadle do kierunku prądu. Na wydajność urządzenia mają wpływ trzy czynniki - możliwości cedzące sieci, zagęszczenie planktonu i wielkość strumienia wody wywołanego przez śrubę. Przy pomocy silnika o mocy 7 KW udawało się spowodować przepływ 1600 m³/godz. W skali dobowej silnik taki może dać przepływ 40 000 m³ wody. To znaczy, że w tym okresie silnik może teoretycznie wprowadzić do urządzenia łowiącego masę wody z planktonem ze zbiornika o powierzchni 4 ha i głębokości 1 m.

Omawiane urządzenie zostało zbudowane w wersji pływającej oraz stacjonarnej. Bardzo obiecująca jest wersja stacjonarna, ponieważ może być zamontowana na stałe przy brzegu. Podczas pracy w takich warunkach wytwarza się prąd przynoszący do urządzenia coraz to nowe masy wody z planktonem, a zarazem odprowadzający wodę przefiltrowaną. Bliższych szczegółów dotyczących omawianego urządzenia mogą udzielić autorzy tego rozwiązania. W Zakładzie Hydrozoologii

opracowano też i częściowo sprawdzono projekty innych urządzeń, przystosowanych do masowego odłowu zooplanktonu w różnorodnych okolicznościach.

LITERATURA

1. Askierow M.K., 1966, Rozwedenie dafnij /Daphnia magna Straus/ w betonnych bassejnach na mineralnom udobrenii. Tr. Azerb. Otd. Cent. Nauczno-Issled. Inst. Oset. Choz. /CNIORCH/, 4, 3, 31-37.
2. Bogatowa J.W., 1971, Daphnia magna Straus kak obiekt massowego kultirowanija. Tr. Wsesojuzn. Nauczno-Issled. Inst. Prud. Rybn. Chozjajstwa, 20, 98-124.
3. Ciesielska D., 1977, Wpływ eksploatacji na skład, liczebność i produkcję użytkową Daphnia magna Straus hodowanej w ściekach Przemysłowej Fermy Tuczcu Trzody Chlewnej w Kołbaczu. Praca magisterska wykonana w Zakładzie Hydrozoologii AR w Szczecinie.
4. Faberski Z., 1975, Wpływ zanieczyszczeń organicznych Przemysłowej Fermy Trzody Chlewnej w Kołbaczu na warunki hydrochemiczne jezior Zaborsko i Płonno. Praca magisterska wykonana w Zakładzie Hydrochemii i Ochrony Wód AR w Szczecinie.
5. Mićko B., 1977, Badania nad wykorzystaniem ścieków Przemysłowej Fermy Trzody Chlewnej i zanieczyszczonych wód jeziora Zaborsko do hodowli zooplanktonu oraz ryb. Praca magisterska wykonana w Zakładzie Hydrozoologii AR w Szczecinie.
6. Szlauer L., 1977, Metody oraz efektywność doczyszczania i utylizacji ścieków w środowisku wodnym. Referat na sem. nauk.-tech. "Oczyszczanie i utylizacja ścieków w środowisku glebowym i wodnym jako jeden z głównych kierunków realizacji Konwencji Helsińskiej". Szczecin.
7. Szlauer L., 1977, Experimental treatment of waste effluent from chemical plants "Police" by using it in sarp cultures. Pol. Arch. Hydr. 24, 4, 593-602.
8. Szlauer L., Kwidziński P., Nowakowski H., Sendłak, 1978, Mechaniczny sposób odłowu zooplanktonu do karmienia ryb. Zesz. nauk. AR Szczecin /w druku/.

9. Widuto J., 1978, Zooplankton zanieczyszczonego ściekami gospodarczo-bytowymi jeziora Długiego w Olsztynie. Zesz. nauk. AR-T Olsztyn /w druku/.

Lech Szlauer

CULTIVATION OF ZOOPLANKTON ON THE BASIS OF MUNICIPAL
AND AGRICULTURAL WASTE WATERS FOR GETTING PROTEINIC FODDER

S u m m a r y

One of the forms of utilization of municipal waste waters and liquid manure from the pig and cattle breeding farms is the use of these wastes for the zooplankton cultivation. It ensures at the same time a considerable waste water purification degree.

In the waste water medium a massy occurrence of plankton crustaceans: *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Moina rectirostris*, *Cyclops strenuus*, and several species of rotifers, was observed. All they are characterized by the stability to extreme environmental conditions; they are also able to form spores, from which they can regenerate, even after a total destruction of active forms. It is *Daphnia magna*, which develops usually in waste waters; it contains 17-65% protein, 5-27% fat, 9-33% carbohydrates and 10-33% ash in dry matter, depending on the physiologic state. Dry matter constitutes 10% of humid mater. In summer, as early as after 20-30 days, a massy development of zooplankton takes place. In undiluted municipal waste waters of Nowogard, preliminarily purified in the treatment plant, the production of *Daphnia magna* reached 15.3 mg of humid matter per liter per day and in the medium containing 10% of waste waters from the pig breeding farm at Kołbacz - 18.4 mg per liter per day. According to the literature data, the *Daphnia magna* production can reach 50-75 mg per liter per day.

Plankton animals are an excellent food for fishes, particularly for baby fishes, and can also constitute a component of feeds for other animals.

The pollution degree of many water reservoirs in Poland makes impossible life of fishes - consumers of zooplankton. These waters

constitute natural zooplankton resources, from which zooplankton can be gained in a massy scale. Technical methods of gaining plankton animals are well-known.

Лех Шлауэр

ВЫРАЩИВАНИЕ ЗООПЛАНКТОНА НА БАЗЕ КОММУНАЛЬНЫХ
И СЕЛЬСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВОГО КОРМА

Р е з ю м е

Одной из форм использования коммунальных сточных вод и жидкого навоза из свиноводческих и скотоводческих ферм является выращивание на их базе зоопланктона. Это способствует также в значительной степени очистке сточных вод.

В среде сточных вод массово развиваются ракообразные организмы, такие как *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Moina rectirostris*, *Cyclops strenuus*, а также несколько видов коловратков. Все они характеризуются устойчивостью к предельным условиям среды, а также способностью образования спорных стадий, из которых они могут возобновляться, даже после полного уничтожения активных форм. Развиваясь обычно в стоках *Daphnia magna* содержит, в зависимости от физиологического состояния, 17-65% белка, 5-27% жира, 9-33% углеводов и 10-33% золы; сухая масса составляет 10% влажной массы. Летом уже через 20-30 дней происходит массовое появление зоопланктона. В неразбавленных коммунальных стоках г.Новогарда, предварительно очищенных в станции очистки, продукция *Daphnia magna* достигала 15,3 мг влажной массы на литр в сутки, а в среде содержащей 10% стоков из свиноводческой фермы Колбач - 18,4% мг на литр в сутки. Согласно данным литературы, продукция *Daphnia magna* может достигать 50-75 мг на литр в сутки.

Планктонные животные составляют хороший корм для рыб, особенно для мальков, а также могут использоваться в качестве компонента кормов предназначенных для других животных.

Степень загрязнения многих водоемов в Польше делает невозможным обитание в них рыб - потребителей зоопланктона. Такие водоемы можно использовать как природные ресурсы зоопланктона, из которых его можно добывать в массовом масштабе. Технические способы добычи зоопланктонных организмов являются общеизвестными.