

**Tamara Jadczyzyn, Ryszard Winiarski**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## WYKORZYSTANIE POFERMENTU Z BIOGAZOWNI ROLNICZYCH DO NAWOŻENIA\*

**Słowa kluczowe:** nawożenie, poferment, wartość nawozowa, przechowywanie, aplikacja

---

### Wstęp

Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. (2), poszczególne kraje UE są zobowiązane do zwiększenia udziału energii ze źródeł odnawialnych w ogólnym jej zużyciu co najmniej do 20% w 2020 r. Produkcja biogazu jest jednym z ważniejszych kierunków produkcji energii odnawialnej wpisującym się w koncepcje gospodarki w obiegu zamkniętym. Ograniczenie zużycia paliw kopalnych jest jednym z elementów zrównoważonego rozwoju i przeciwdziałania zmianom klimatu.

Biogaz jest produktem beztlenowej fermentacji materii organicznej. Jest on wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej oraz ciepła, a po oczyszczeniu może być również stosowany do napędu pojazdów mechanicznych. Początkowo głównymi substratami wykorzystywanymi do produkcji biogazu w powstających w Polsce biogazowniach rolniczych były kiszonka kukurydzy i nawozy naturalne (najczęściej gnojowica). Z uwagi na znaczne koszty i ograniczoną dostępność tych surowców producenci coraz częściej wykorzystują różnego rodzaju produkty uboczne pochodzenia rolniczego oraz odpady z przemysłu rolno-spożywczego (odpady owocowo-warzywne, wywar gorzelniany, serwatka itp.). W gospodarce o obiegu zamkniętym celowe jest wykorzystanie wszelkich odpadów powstających w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym do produkcji biogazu (który jest wartością dodaną w cyklu obiegu materii), oraz zastosowanie pozostałości pofermentacyjnych do nawożenia (6, 9).

---

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.6 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Przeciętnej wielkości biogazownia (o mocy 1 MW) w przeciągu roku wytwarza ok. 20 tys. m<sup>3</sup> pofermentu. Z uwagi na niewielką liczbę biogazowni, ilość wytwarzanego pofermentu w skali kraju nie jest duża. Jednak jego racjonalne zagospodarowanie jest poważnym wyzwaniem z uwagi na to, że powinno odbywać się w bliskości biogazowni. Transport pofermentu na duże odległości nie jest uzasadniony ekonomicznie i środowiskowo.

Poferment ma postać zawiesiny zawierającej nierozłożone lub częściowo rozłożone fragmenty materii organicznej.

Materia organiczna w glebie ulega procesom mineralizacji, prowadzącym do uwolnienia składników pokarmowych niezbędnych dla roślin oraz procesom humifikacji, w wyniku których powstają związki próchniczne o wszechstronnym działaniu poprawiającym właściwości gleby (8).

Wartość nawozowa pofermentu zależy od rodzaju surowców stosowanych do produkcji biogazu oraz ich proporcji. W procesie fermentacji z substratów wyjściowych uwalniany jest głównie węgiel wchodzący w skład cząsteczki metanu oraz znaczne ilości siarki w postaci gazowego siarkowodoru (6). Inne składniki mineralne ulegają tylko niewielkim stratom (4). W procesie fermentacji zawężeniu ulega stosunek węgla do azotu w materiale i następuje jego alkalizacja (podwyższenie odczynu).

W masie pofermentacyjnej azot występuje głównie w postaci związków organicznych, ale znaczący udział (zależnie od rodzaju stosowanych w biogazowni substratów) może mieć także azot amonowy. W środowisku zasadowym (charakterystycznym dla większości pofermentów) azot amonowy przechodzi w amoniak, który łatwo ulega stratom gazowym. Dlatego poferment powinien być przechowywany w przykrytych zbiornikach, a po aplikacji możliwie najszybciej wymieszany z glebą, której kompleks sorpcyjny zatrzymuje jony amonowe.

W Polsce poferment jest dostępny lokalnie na terenach sąsiadujących z biogazowniami rolniczymi zaledwie od kilku lat. Jako produkt nowy i mało rozpoznany, nie jest obecnie chętnie stosowany przez rolników. Celem opracowania jest omówienie wartości nawozowej pofermentu jako taniego źródła składników mineralnych i materii organicznej oraz przedstawienie zasad racjonalnego i bezpiecznego dla środowiska zagospodarowania pofermentu.

### **Magazynowanie pofermentu**

Biogazownie mają obowiązek zabezpieczyć zasobniki do magazynowania pofermentu w okresie, gdy nie może być on wykorzystywany rolniczo. Pojemność zbiorników musi być obliczona w taki sposób, aby możliwe było magazynowanie pofermentu przez okres co najmniej 4 miesiące, a w szczególnych przypadkach nawet przez 6 miesięcy (na obszarach szczególnie narażonych na zanieczyszczenia azotanami pochodzenia rolniczego, tzw. OSN).



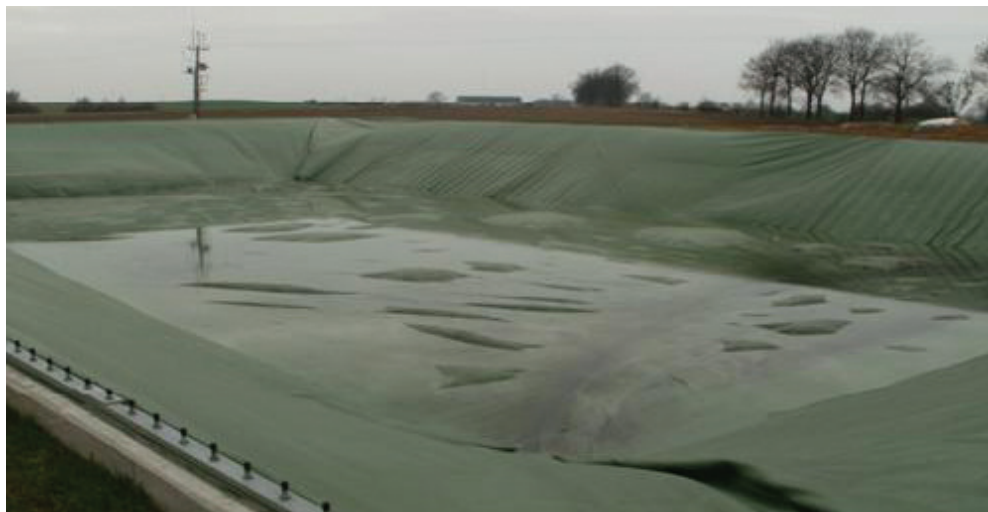
Fot. 1. Zbiornik żelbetowy ze stożkowym dachem membranowym

źródło: [www.wiefferink.nl/silocover.html](http://www.wiefferink.nl/silocover.html)

Poferment w stanie płynnym należy przechowywać tak samo jak gnojowicę, dlatego zbiorniki na gnojowicę mogą być wykorzystywane także do magazynowania pofermentu. Podobnie jak w przypadku gnojowicy, w trakcie magazynowania osadu pofermentacyjnego zachodzą procesy sedymentacji tj. osadzania się zawiesin na dnie zbiornika oraz flotacji, czyli rozwarstwiania. W procesie flotacji na powierzchni magazynowanej substancji tworzy się kożuch. Dlatego ważne jest, aby w zbiornikach znajdowało się mieszadło umożliwiające homogenizację pofermentu przed jego wywiezieniem na pole.

Gromadzenie i magazynowanie pofermentu może odbywać się także w zbiornikach naziemnych (Fot. 1), lagunach (poniżej poziomu gruntu, Fot. 2) lub tzw. *slurry bags* (Fot. 3), czyli elastycznych zbiornikach ze specjalnej membrany, które częściowo znajdują się pod ziemią.

Najtańszym rozwiązaniem są otwarte (nie przykryte) laguny. Wykopuje się je w ziemi, dodatkowo otaczając wałem ziemnym, co podwyższa ściany boczne. Dno i ściany uszczelnia się i betonuje lub pokrywa specjalną membraną, co znacznie obniża koszty inwestycji. Fragmenty membrany są łączone na gorąco, tak aby zachować jej szczelność. Wadą takiego rozwiązania jest stosunkowo mała odporność na uszkodzenia mechaniczne.



Fot. 2. Zakryta laguna przy biogazowni w Skrzatuszu

Źródło: [www.biogaz.com.pl](http://www.biogaz.com.pl)



Fot. 3. Zbiornik z elastycznego tworzywa sztucznego (*slurry bag*). Charakteryzuje się stosunkowo niskimi nakładami inwestycyjnymi oraz szybką instalacją

Źródło: [www.wiefferink.nl/silocover.html](http://www.wiefferink.nl/silocover.html)

Stosowanie otwartych lagun jest znacznie tańszym, ale nie najlepszym rozwiązaniem. Otwarte laguny zbierają opady atmosferyczne, dlatego konieczne jest zaprojektowanie odpowiednio większych pojemności tych zbiorników. W dużych lagunach trudno zapewnić efektywne mieszanie magazynowanego pofermentu i na dnie zbiornika osadzają się części stałe. W konsekwencji ciecz pobierana do aplikacji na grunty nie jest jednorodna. Dlatego laguny muszą być okresowo mechanicznie oczyszczane. Kolejną wadą stosowania otwartej laguny jest możliwość

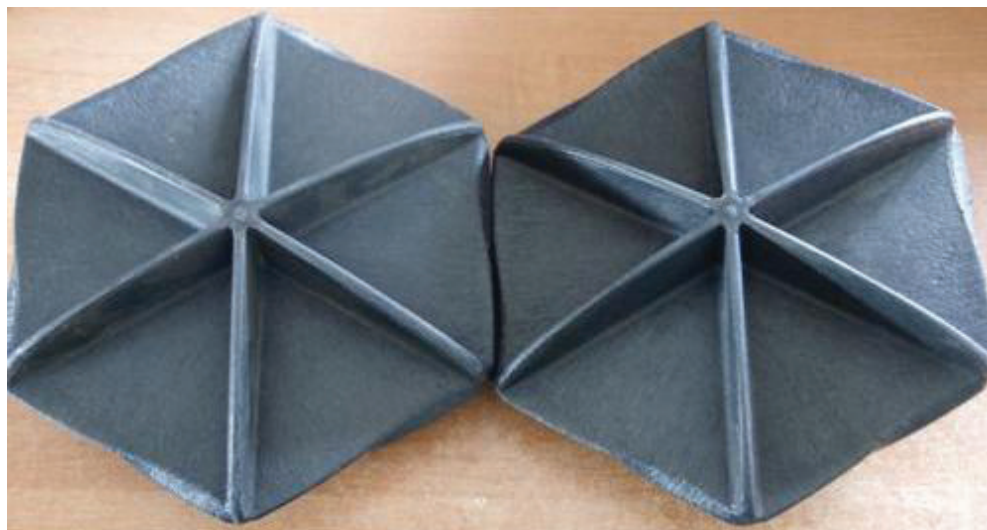
rozprzestrzeniania się odorów. Problem odorów pojawia się wtedy, gdy proces fermentacji trwa zbyt krótko i słabo przefermentowana masa jest usuwana z reaktora biogazowni. Procesy fermentacyjne są kontynuowane w zbiornikach magazynowych i dochodzi wówczas do uwolnienia amoniaku ( $\text{NH}_3$ ), metanu oraz innych gazów, z czym wiążą się uciążliwości zapachowe. Emisję gazów ogranicza częściowo naturalny kożuch tworzący się na powierzchni magazynowanego pofermentu (Fot. 4), stosowane celowo pokrywy pływające różnego rodzaju (Fot. 5) lub nawet warstwa siewki wysypanej na powierzchnię.

Odseparowana frakcja stała pofermentu, o właściwościach zbliżonych do obornika, powinna być przechowywana w odpowiedniej hali, na zewnątrz na szczelnej płycie magazynowej zabezpieczonej przed opadami atmosferycznymi lub w specjalnych silosach.



Fot. 4. Kożuch na powierzchni zbiornika z pofermentem

Źródło: Jadcyszyn T.



Fot. 5. Kształtki tworzące pływającą pokrywę

Źródło: Jurga B.

### **Rolnicze wykorzystanie pofermentu w świetle uwarunkowań prawnych**

W Polsce zasady stosowania odpadów w rolnictwie regulują przepisy Ministra Środowiska. Rozporządzenie w sprawie procesu odzysku R10 określa warunki, jakie muszą być spełnione przy wykorzystaniu pofermentu do nawożenia. Rozporządzenie z 2015 r. teoretycznie umożliwia stosowanie bez ograniczeń pofermentu powstałych w procesie fermentacji materiału roślinnego i produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego. Treść rozporządzenia jest jednak na tyle niejednoznaczna i nieczytelna, że w rzeczywistości zniechęca zarówno wytwórców, jak i potencjalnych odbiorców pofermentu do korzystania z tej możliwości. W praktyce właściciele biogazowni dążą do uzyskania pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi na wprowadzenie do obrotu pofermentu jako nawozu lub środka poprawiającego właściwości gleby. Pozwolenie wydawane przez Ministra określa zawartość składników pokarmowych w danym nawozie lub środku oraz instrukcję stosowania: dopuszczalną dawkę, sposób i termin stosowania, a także sposób przechowywania. Nabywca pofermentu jest zobligowany do jego stosowania zgodnie z instrukcją.

### **Właściwości i wartość nawozowa pofermentu**

Właściwości pofermentu zależą od rodzaju surowców stosowanych w procesie produkcji biogazu oraz ich wzajemnych proporcji. Poferment pochodzący z biogazowni stosujących w cyklu produkcyjnym stały skład surowców charakteryzują się relatywnie stabilnym (w czasie) składem chemicznym. W przypadku zmiany rodzaju surowców lub ich proporcji właściwości pofermentu mogą ulegać istotnym

zmianom. Dlatego podstawą racjonalnego wykorzystania pofermentu w rolnictwie jest analiza jego składu chemicznego. Zawartość składników pokarmowych w próbkach pofermentu analizowanych w laboratorium IUNG-PIB w Puławach przedstawiono w tabelach 1-3. Próbki pochodziły najczęściej z biogazowni przetwarzających kiszonkę kukurydzy lub kiszonkę z dodatkiem nawozów naturalnych (gnojowica, obornik).

Zawartość suchej masy w płynnym pofermencie (nie poddanym separacji) może wahać się od 1 do ok. 9%, a przeciętnie wynosi ok. 4%. W niektórych biogazowniach stosuje się separację pofermentu na frakcję stałą i płynną. Frakcja stała może być transportowana na większe odległości do wykorzystania rolniczego, natomiast frakcja płynna, ze względów ekonomicznych i logistycznych, musi być stosowana w pobliżu biogazowni. Odseparowana frakcja stała zawiera przeciętnie ok. 25% suchej masy, a płynna pozostałość tylko 2,8%. Skład pofermentu „surowego” (niepoddanego separacji) oraz stosunek N:P:K są podobne jak w gnojowicy. W procesie separacji następuje częściowy rozdział składników, w efekcie którego uzyskuje się frakcję stałą bardziej zasobną w azot organiczny, fosfor, wapń i magnez oraz frakcję płynną bardziej zasobną w rozpuszczalne związki potasu i amoniak. Szczególnie ważne znaczenie z punktu widzenia racjonalnego zagospodarowania pofermentu ma duży udział azotu amonowego w płynnej frakcji pofermentu.

Tabela 1

Skład chemiczny pofermentu z biogazowni rolniczej

Parametr	Wartość przeciętna	Zakres
Zawartość suchej masy (%)	4,0	1,0-9,0
Azot ogółem (N) (%)	0,5	0,2-0,8
Azot amonowy (N-NH <sub>4</sub> ) (%)	0,2	0,04-0,6
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	0,2	0,1-0,39
Potas (K <sub>2</sub> O) (%)	0,4	0,18-0,69
Wapń (CaO) (%)	0,3	0,07-1,2
Magnez (MgO) (%)	0,07	0,03-0,26
Zawartość materii organicznej (%)	3,2	0,9-8,1

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2

Skład chemiczny frakcji stałej pofermentu z biogazowni rolniczej

Parametr	Wartość przeciętna	Zakres (po separacji)
Zawartość suchej masy (%)	25	14-36
Azot ogółem (N) (%)	0,5	0,3-2,9
Azot amonowy (N-NH <sub>4</sub> ) (%)	0,2	0,05-0,25
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	0,2	0,2-1,8
Potas (K <sub>2</sub> O) (%)	0,3	0,12-0,7
Wapń (CaO) (%)	0,3	0,2-0,6
Magnez (MgO) (%)	0,2	0,05-0,49
Zawartość materii organicznej (%)	17,4	10,3-65,9

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3

Skład chemiczny frakcji płynnej pofermentu z biogazowni rolniczej

Parametr	Wartość przeciętna	Zakres (po separacji)
Zawartość suchej masy (%)	2,8	1,6-3,9
Azot ogółem (N) (%)	0,3	0,3-0,9
Azot amonowy (N-NH <sub>4</sub> ) (%)	0,2	0,2-0,8
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	0,1	0,03-0,2
Potas (K <sub>2</sub> O) (%)	0,4	0,1-0,6
Wapń (CaO) (%)	0,14	0,03-0,42
Magnez (MgO) (%)	0,02	0,01-0,09
Zawartość materii organicznej (%)	2,8	1,1-2,8

Źródło: opracowanie własne

Z uwagi na potrzeby pokarmowe roślin uprawnych najbardziej optymalnym składem chemicznym charakteryzuje się poferment „surowy” zawierający podstawowe makroelementy w proporcjach zbliżonych do zawartości w produktach roślinnych. Zawiera on zarówno składniki w formie łatwo dostępnej dla roślin (rozpuszczone w wodzie), jak i w postaci wolnodziałających związków organicznych związanych z frakcją stałą. Jego wartość nawozową można porównać do gnojowicy. Frakcję płynną po separacji pofermentu należy traktować jako szybko działający nawóz azotowo-potasowy, właściwościami zbliżony do gnojówki. Wartość nawozowa odseparowanej frakcji stałej może być porównana do obornika, o wydłużonym w stosunku do płynnych nawozów naturalnych, działaniu.

Poferment jest także źródłem cennej materii organicznej. W odseparowanej frakcji stałej zawartość materii organicznej wynosi przeciętnie ok. 17,4%. To znaczy, że w 10 tonach zastosowanego pofermentu stałego wnosimy do gleby 1,7 t materii organicznej. Poferment płynny „surowy” zawiera przeciętnie ok. 3,2 % materii organicznej (320 kg w 10 m<sup>3</sup>), a pozostałość płynna po separacji – ok. 2,8% (280 kg w 10 m<sup>3</sup>). Materia organiczna pofermentu charakteryzuje się wąskim stosunkiem C:N, przeciętnie ok. 4:1 (7), co wskazuje że relatywnie szybko podlega procesom mineralizacji w środowisku glebowym uwalniając składniki mineralne dostępne dla roślin. Poferment jest zatem istotnym źródłem składników mineralnych w żywieniu roślin. Dopływ materii organicznej do gleby w postaci pofermentu ma istotne znaczenie także dla utrzymania żyzności gleby, szczególnie w warunkach gleb lekkich dominujących w Polsce. Stosowanie pofermentu przeciwdziała ubytkowi glebowej materii organicznej, a w dłuższym okresie czasu sprzyja jej akumulacji, tym samym przyczyniając się do poprawy właściwości sorpcyjnych, buforowych i retencyjnych gleby, a także do zwiększenia jej aktywności biologicznej.



## Nawożenie pofermentem

Racjonalne nawożenie z wykorzystaniem pofermentu musi uwzględniać jego rzeczywisty skład chemiczny, dzięki czemu możliwe jest precyzyjne określenie ilości wnoszonych składników pokarmowych. Wśród nich najważniejszą rolę spełniają azot i fosfor z uwagi na plonotwórcze znaczenie tych biogenów, jak też ich oddziaływanie środowiskowe.

Poferment w postaci stałej nadaje się wyłącznie do nawożenia przedsięwzięcia, ponieważ wymaga on wymieszania z glebą. W przypadku pofermentów o przeciętnej zawartości azotu 0,5% N zaleca się stosowanie ok. 30-40 ton na 1 ha. W takiej ilości pofermentu wnosi się na 1 ha ok. 150-200 kg azotu ogółem, z czego 60-80 kg stanowi azot amonowy bezpośrednio dostępny dla roślin. Pozostała część wnoszonego azotu uwalnia się stopniowo w procesie mineralizacji.

Dawkowanie pofermentu płynnego, z uwagi na większy dział azotu amonowego, wymaga szczególnej ostrożności, bowiem aplikacja przedsięwzięcia zbyt dużej ilości może utrudniać wschody roślin uprawnych. Ilość azotu amonowego w przedsięwzięciu dawce pofermentu nie powinna być większa od zalecanej przedsięwzięcia dawki azotu w nawozach mineralnych. Pogłównie stosowanie pofermentu wiąże się jednak z ryzykiem strat gazowych azotu, dlatego zaleca się stosować technikę wgłębnej aplikacji pod rośliny uprawiane w szerokich rzędach. W przypadku przedsięwzięcia nawożenia ozimin dawka pofermentu powinna być tak skalkulowana aby ilość łatwo dostępnego azotu ( $N-NH_4$ ) nie była większa niż 30-40 kg  $N \cdot ha^{-1}$ . Wyższe dawki składnika mogą osłabiać zimotrwałość roślin. Na polach, gdzie pozostawia się słomę zbóż, rzepaku lub kukurydzy można stosować większe dawki pofermentu (80 kg  $N-NH_4 \cdot ha^{-1}$ ).

Warunkiem optymalnego nawożenia jest rozpoznanie zasobności gleby w składniki pokarmowe. Szczególne znaczenie ma zawartość fosforu, bowiem jego nadmierna akumulacja w glebie może skutkować emisją do wód, a w konsekwencji ich eutrofizacją. W warunkach gleb o wysokiej lub bardzo wysokiej zawartości  $P_2O_5$  czynnikiem o pierwszorzędym znaczeniu dla planowania nawożenia jest koncentracja fosforu w pofermencie. Zawartość składnika w planowanej dawce pofermentu nie może być większa niż zalecana w tych warunkach dawka fosforu w nawozach mineralnych (3). Ilości azotu, fosforu i potasu wnoszone w postaci pofermentu muszą być uwzględnione w planie nawożenia. Zmniejszenie zużycia nawozów mineralnych dzięki rolniczemu wykorzystaniu pofermentu ma duże znaczenie środowiskowe. Przyczynia się do zmniejszenia eksploatacji surowców nieodnawialnych (sole potasowe, fosforyty, gaz ziemny) i ogranicza emisję gazów cieplarnianych związaną z produkcją nawozów mineralnych.

## Aplikacja pofermentu

Poferment może być aplikowany metodą deszczowania, poprzez rozlewanie na powierzchnię gleby przy pomocy maszyn rolniczych wykorzystywanych do stosowania gnojowicy lub bezpośrednio do gleby poprzez wstrzykiwanie (iniekcję); (1). Ze względu na emisję amoniaku do atmosfery oraz uciążliwości odorowe, deszczowanie nie jest metodą zalecaną przez IUNG-PIB.

Najbardziej rozpowszechnioną w praktyce metodą aplikacji płynnego pofermentu jest rozlewanie przy użyciu płytki rozbryzkowej. Polega ona na wypuszczeniu strumienia cieczy pod dużym ciśnieniem i skierowaniu go na specjalnie wyprofilowaną płytkę/łyżkę, która powoduje rozbryzg i możliwie równomierne rozlanie substancji na powierzchni gleby. Płytkę rozbryzgową umożliwia rozlanie osadu pofermentacyjnego na szerokości do około 16 m, a w przypadku zastosowania rampy z zamontowanymi dwoma lub więcej dyszami nawet do 24 m. Wadą tego rozwiązania jest niewystarczająca równomierność pokrycia powierzchni gleby, wrażliwość na warunki atmosferyczne (wiatr) oraz zwiększona emisja odorów. Lepsze efekty daje zastosowanie wozu asenizacyjnego z rampą z wieloma dyszami, które rozpraszają ciecz blisko powierzchni ziemi, ograniczając rozwiewanie (Fot. 6). Poferment zastosowany powierzchniowo powinien być możliwie najszybciej wymieszany z glebą w celu ograniczenia strat amoniaku, które są najbardziej intensywne w czasie 4 godzin po aplikacji. Z uwagi na konieczność mieszania z glebą rozlewanie powierzchniowe z użyciem płytek rozbryzgowych zaleca się na polach nieobsianych przed wykonaniem zabiegów uprawy roli (orka, podorywka, kultywatorowanie).

Lepszym rozwiązaniem z uwagi na straty azotu jest aplikacja pofermentu za pomocą tzw. węży wleczonych. Węże są ciągnięte za beczkowszem po powierzchni gleby, dzięki czemu kontakt pofermentu z powietrzem jest ograniczony, co zmniejsza ryzyko strat amoniaku i emisji odorów. Odpowiednie dopasowanie rozstawu węży umożliwi stosowanie pofermentu podczas wegetacji roślin uprawnych w międzyrzędzia. Rozwinięta masa nadziemna roślin zakrywająca międzyrzędzia ogranicza ulatnianie amoniaku, a aplikacja pofermentu blisko roślin ułatwia im pobieranie składników pokarmowych.

Najbardziej zaawansowaną i najmniej uciążliwą dla środowiska jest iniekcja doglebowa przy pomocy specjalnych aplikatorów, w których węże rozpraszające ciecz są wyposażone w elementy robocze takie jak: redlice, lemiesz, sprężyny lub sztywne zęby czy talerze, rozcinające glebę i umożliwiające wglębną aplikację pofermentu (Fot. 8, 9), a następnie jego przykrycie glebą przez odpowiedni element maszyny. Wstrzyknięty poferment jest następnie przykrywany glebą przez odpowiedni element maszyny. Aplikacja doglebowa może być wykonywana przedsięwzięciem, jak i pogłównie na polach roślin uprawianych w szerokich rzędach,

a także na trwałych użytkach zielonych.

Aplikacja doglebowa z uwagi na wysokie koszty samych urządzeń jest dotychczas metodą mało rozpowszechnioną. Ponadto urządzenia te wymagają zastosowania ciągników rolniczych o dużej mocy. Wadą tej metody jest także często mniejsza wydajność (mniejsze szerokości robocze), a także znacznie większa masa całego zestawu.

Odseparowaną frakcję stałą pofermentu stosuje się pod uprawki późniwe lub przedsiwne wykorzystując do tego celu rozrzutniki obornika. Jeśli poferment został poddany granulacji, do jego aplikacji można wykorzystać rozsiewacze nawozów (5).

Wskazane jest, aby w celu ograniczenia uciążliwości zapachowych, pofermenty stosować w dostatecznej odległości od zabudowań mieszkalnych i miejsc użyteczności publicznej, najlepiej podczas bezwietrznej lub dżdżystej pogody i możliwie najszybciej wymieszać z glebą.

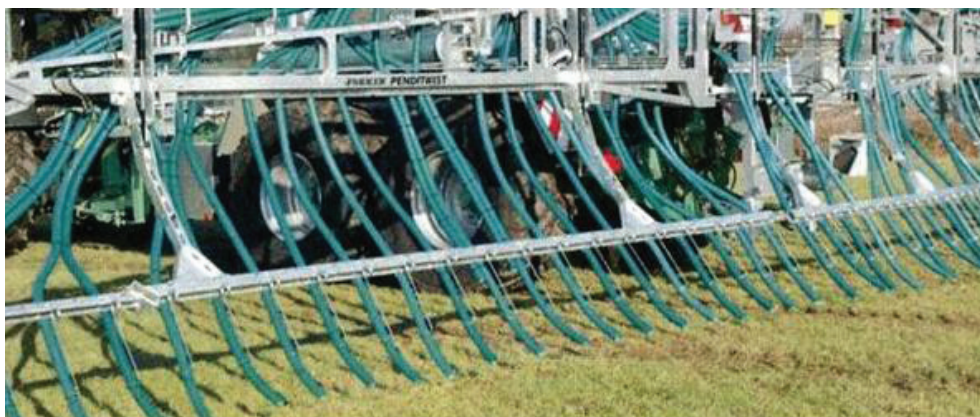
### Podsumowanie

Liczba biogazowni rolniczych w Polsce powoli zwiększa się, w związku z czym wzrasta podaż pofermentu do rolniczego wykorzystania. Pomimo niekwestionowanej wartości nawozowej zainteresowanie rolników pofermentu nie jest obecnie zbyt duże, co wynika z pewnych uciążliwości związanych z jego stosowaniem, ale także niedostatecznej wiedzy o wartości nawozowej pofermentów. Rolnicze wykorzystanie pofermentu jest zgodne z ideą „gospodarki bezodpadowej”. Poferment z biogazowni rolniczej pozwala „zamknąć” cykl obiegu składników w produkcji roślinnej (nawóz – roślina – (biogazownia) - nawóz). Rolnicze wykorzystanie pofermentu ma duże znaczenie produkcyjne (plonotwórcze) i środowiskowe. Warunkiem bezpiecznego dla środowiska i efektywnego produkcyjnie za gospodarowania pofermentu jest jego stosowanie zgodne z omówionymi w pracy zasadami, niezależnie od statusu prawnego



Fot. 6. Rampa rozlewająca wielodyszowa

Źródło: <http://www.joskin.com>



Fot. 7. Rampa z węzami wleczonymi. Szerokość robocza rozlewania 9-30 m;  
odstępny między węzami: 25 lub 30 cm

źródło: <http://www.joskin.com>

Penditwist (90/30 RT1, 90/36 RT1, 120/40 RT2, 120/48 RT2,  
150/50 RT2, 150/60 RT2, 180/60 RT2, 180/72 RT2)

Vogelsang (SwingMax3 – szer. rob. odp 21, 24 i 30 m;

SwingMax3S szer. rob. odp 24 i 27 m oraz SwingMax szer. rob. odp 27 m)



Fot. 8. Aplikator do łąk. Szerokość aplikacja 3- 7,7 m;  
zalecana głębokość robocza: 0-3 cm

Źródło: <http://www.joskin.com>



Fot. 9. Aplikator doglebowy. Szerokość robocza 2,8-5,2 m;  
zalecana głębokość robocza: 10-12 cm

źródło: <http://www.joskin.com>

Terrasoc (joskin) z zębami sztywnymi

pofermentu (odpad, produkt uboczny czy nawóz).

### Literatura

1. Czekala W., Pilarski K., Dach J., Janczak D., Szymańska M.: Analiza możliwości zagospodarowania pofermentu z biogazowni. Technika rolnicza ogrodnicza leśna, 2012, 4: 13-15.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywę 2001/77/WE oraz 2003/30/WE (Dz.U. UE L 09.140.16)
3. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W.: Zalecenia nawozowe. Nawożenia mineralne na gruntach omych i trwałych użytkach zielonych. Instrukcja upowszechnieniowa nr 207, Puławy 2015, ss. 24.
4. Jędrzak A.: Biologiczne przetwarzanie odpadów, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008.
5. Kowalczyk-Juśko A., Szymańska M.: Poferment nawozem dla rolnictwa. Warszawa 2015, ss.60.
6. Łucka I., Kołodziej A.: Rolnicze wykorzystanie masy pofermentacyjnej z biogazowni rolniczej, Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Barzkowicach, 2011.
7. Matyka M., Witorożec A., Jadczyzyn T.: Nawozowe wykorzystanie pofermentu

- (w druku).
8. Odla re M., Pell., Svensson K.: Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste Management*, 2008, **28**: 1246-1553
  9. T eg l i a C., T r e m i e r A., M a r t e l J. L.: Characterization of solid digestates. Part 1. Review of Existing indicators of assess solid digestates agricultural use, *Waste and Biomass Valorization*, 2011, **1**: 43-58.
- 

Adres do korespondencji:

*dr Tamara Jadczyzyn*  
*Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*  
*tel. 81 47 86 832*  
*e-mail: tj@iung.pulawy.pl*