

AGNIESZKA ANNA PILARSKA¹, TOMASZ PIECHOTA², MAGDALENA SZYMAŃSKA³,
KRZYSZTOF PILARSKI⁴, AGNIESZKA WOLNA-MARUWKA⁵

¹Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

²Katedra Agronomii

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³Katedra Nauk o Środowisku Glebowym

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

⁴Instytut Inżynierii Biosystemów

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

⁵Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

OCENA WARTOŚCI NAWOZOWEJ POFERMENTÓW Z BIOGAZOWNI ORAZ WYTWORZONYCH Z NICH KOMPOSTÓW*

EVALUATION OF THE FERTILIZER VALUE OF DIGESTATE PULP
FROM BIOGAS PLANT AND ITS COMPOSTS

Streszczenie. Artykuł niniejszy stanowi kontynuację pracy tych samych autorów (Pilariska i in., 2015), w której przedstawiono charakterystykę składu chemicznego oraz aktywności enzymatycznej różnych pofermentów uzyskanych w wyniku fermentacji metanowej gnojowicy z różnymi dodatkami organicznymi i kompostów z tych pofermentów. Drugi etap doświadczenia, którego wyniki przedstawiono w obecnej publikacji, polegał na aplikacji uzyskanych materiałów oraz ocenie ich wartości nawozowej. W tym celu wiosną 2012 roku założono doświadczenie wazonowe, w którym wykorzystano jałową glebę pobraną z gruntów rolnych znajdujących się na terenie Wielkopolski. Wartość nawozową badanych materiałów organicznych oceniano na podstawie ich wpływu na właściwości gleb oraz plony suchej masy tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.). W wykonanym doświadczeniu wykazano korzystny wpływ stosowania przefermentowanych i kompostowanych odpadów na badane parametry gleb. Oddziaływanie użytych materiałów na

*Pracę zrealizowano w ramach grantu badawczego Narodowego Centrum Nauki na lata 2010–2013 nr N N313 432539: „Ocena wartości nawozowej i wpływu na glebę pulpy pofermentacyjnej powstającej w procesie wytwarzania biogazu z wykorzystaniem różnych substratów organicznych”.

plony tymotki łąkowej było zróżnicowane. Zastosowanie surowej gnojowicy nieznacznie wpłynęło na zwiększenie plonów rośliny w stosunku do kontroli (z 12,5 g s.m. na wazon do 14,0 g s.m. na wazon). Z kolei aplikacja gnojowicy po fermentacji znacznie zwiększyła działanie plonotwórcze: z 12,5 g s.m. na wazon do 19,3 g s.m. na wazon. Największy plon otrzymano po zastosowaniu pulpy pofermentacyjnej z dodatkiem buraka cukrowego (21,50 g s.m. na wazon). Wykorzystanie pofermentu z gliceryną oraz z wywarem gorzelnianym spowodowało zmniejszenie plonu suchej masy. Reakcja tymotki łąkowej na nawożenie kompostami wytworzonymi na bazie pofermentów była porównywalna z jej reakcją na nawożenie świeżymi pulpami pofermentacyjnymi.

Słowa kluczowe: poferment, komposty z pofermentu, wartość nawozowa pofermentu, tymotka łąkowa, plon suchej masy, właściwości gleby

Wstęp

Gleba jest nie tylko ośrodkiem wzrostu i rozwoju roślin, lecz także środowiskiem dla zróżnicowanej i powiązanej ze sobą wzajemnie społeczności biotycznej złożonej z ogromnej ilości organizmów. Jedną z podstawowych cech dobrej kondycji gleby jest bogata mikroflora glebowa, warunkująca prawidłowy rozwój roślin. Współdziałanie mikroorganizmów i roślin tworzy rodzaj równowagi w układach biocenotycznych środowisk glebowych (Natywa i in., 2010), którą może zakłócić dopływ substancji chemicznych lub gwałtowna zmiana właściwości fizykochemicznych gleby. Przyczyną zmian w składzie i naturalnej różnorodności form życia gleby są, obok jej rolniczego zagospodarowania, również czynniki pośrednie, takie jak: erozja, wypłukiwanie substancji odżywczych, zasolenie, skażenie pestycydami, ściekami, itd.

Niedobór składników pokarmowych w glebie jest uzupełniany poprzez nawożenie. Stosowanie nawozów powinno sprzyjać poprawie jakości i żyzności gleby, kształtowanych m.in. aktywnością drobnoustrojów. Zbyt małe dawki nawozów mogą jednak powodować konkurencję między roślinami i mikroorganizmami, co niekorzystnie wpływa na plon roślin. Z kolei zbyt duże – doprowadzą do nagromadzenia m.in. amoniaku, który toksycznie wpływa na rośliny i inhibituje rozwój pewnych grup drobnoustrojów bądź przyspiesza procesy nityfikacji, powodując zakwaszenie gleby. Podstawą racjonalnego nawożenia jest ocena stanu agrochemicznego gleby. Wyniki badań agrochemicznych gleb są prezentowane w wartościach bezwzględnych, a także w postaci oceny testów glebowych (Jadczyzyn i in., 2010). Obliczone dawki azotu mogą podlegać korekcie na podstawie wyniku testu N_{\min} (zawartość azotu mineralnego w glebie): w zależności od uzyskanej wartości N_{\min} można dokonać zmniejszenia lub zwiększenia planowanej dawki nawozów. Punkt odniesienia stanowią również średnie zawartości azotu w formie mineralnej w glebach, które są wyznaczane dla poszczególnych kategorii agronomicznych gleb (Jadczyzyn i in., 2010; Pietrzak, 2015). Dawkę nawozu szacuje się, uwzględniając wymagania pokarmowe roślin oraz potrzeby nawozowe gleby.

Stosowanie nawozów naturalnych (obornika, gnojowicy) wymaga ich uzdatniania. Za najbardziej ekologiczną oraz ekonomicznie uzasadnioną metodę neutralizacji uznaje się fermentację beztlenową i kompostowanie (Pilarska i in., 2014). Zastępowanie świeżych nawozów naturalnych przefermentowaną masą lub kompostami w znacznym stopniu ogranicza emisję uciążliwych odorów i rozprzestrzenianie patogenów, a także

zmniejsza przemywanie azotanów(V) w głąb profilu glebowego, z uwagi na fakt, że po procesie fermentacji dominującą formą azotu mineralnego jest N-NH₄ (Paavola i Rintala, 2008; Pilarska i in., 2015). Badania prowadzone przez Szymańską i in. (2015) wskazują, że udział azotu N-NH₄ w azocie ogólnym w pofermencie może wynosić około 65–75%. Uwzględniając dużą wartość pH pofermentu (zazwyczaj powyżej 7), trzeba mieć na uwadze, iż istnieje ryzyko emisji amoniaku, dlatego po aplikacji pofermentu na pole niezwłocznie należy go przykryć glebą w celu ograniczenia strat azotu na drodze emisji NH₃.

Pozytywne efekty aplikacji pofermentu czy kompostu są szczególnie zauważalne w okresie intensywnej vegetacji roślin, w którym dynamika czynników wzrostu, takich jak: przyswajalność składników pokarmowych, wymiana gazowa i retencja wody, może bezpośrednio wpływać na rozwój upraw (Debosz i in., 2002). W konsekwencji aplikacji materiału organicznego uprzednio poddanego procesowi fermentacji i kompostowania, zgodnie z wykonanymi badaniami, następuje m.in.: zmniejszenie efektu tzw. fitotoksyczności utylizowanych w glebie odpadów (Abdullahi i in., 2008), zwiększenie zawartości węgla organicznego, azotu ogólnego, fosforu ogólnego, poprawa biochemicznych i mikrobiologicznych właściwości gleby. Zmiany niniejsze zależą od warunków prowadzenia procesu stabilizacji, użytej dawki czy rodzaju gleby (Inubishi i in., 2000).

Stosowanie kompostów z osadów ściekowych, jak dowodzą najnowsze badania, skutecznie podnosi aktywność biologiczną gleby przez humifikację i mineralizację glebowej materii organicznej (Wolna-Maruwka i Pilarski, 2010). Perez-Lomas i in. (2010) po 90 dniach od zastosowania nawozu na śródziemnomorskich gruntach rolnych (południowa Hiszpania) oraz inkubacji gleby w temperaturze 35°C odnotowali zwiększenie ilości kwasów huminowych, kwasów fulwowych, humin, materii organicznej i wolnych lipidów. Z kolei Yang i in. (2013) potwierdzili, że zastosowanie kompostu bydlęcego obornika przyczynia się do zwiększenia wartości pH, ilości P, materii organicznej, sprzyja metabolizmowi mikroorganizmów glebowych oraz zmniejszeniu toksyczności.

Ze względu na tak liczne korzyści autorzy pracy podjęli próbę weryfikacji wartości nawozowej pofermentów z gnojowicy świńskiej i z gnojowicy z dodatkami organicznymi, a także ich kompostów. Dla poszerzenia skali porównawczej testom poddano również surową gnojowicę. Wartość nawozową badanych materiałów organicznych oceniono, biorąc pod uwagę ich wpływ na właściwości gleb i na plony suchej masy tymotki łąkowej. Uzyskane wyniki porównano z obiektem kontrolnym, na którym nie stosowano nawożenia.

Materiał i metody

W pierwszej części pracy (Pilarska i in., 2015) w rozdziale „Materiał i metody” przedstawiono metodykę realizacji pierwszego etapu doświadczenia, dotyczącego wytwarzania oraz kompostowania pulpy pofermentacyjnej (tzw. pofermentu), a także wykonania: analizy składu chemicznego oraz aktywności enzymatycznej pulpy pofermentacyjnej i jej kompostów. Metodyka drugiego etapu pracy obejmuje niżej przedstawione czynności.

W celu zbadania wartości nawozowej uzyskanych pofermentów i kompostów, wiosną (w połowie kwietnia 2012 roku) założono dwuczynnikowe doświadczenie wazonowe z uprawą tymotki łąkowej, w układzie całkowicie zrandomizowanym, w czterech powtórzeniach. Czynniki doświadczenia były rodzaj oraz dawka zastosowanego materiału. Wazony typu „Wagnera” napełniano 7 kg gleby pobranej z gruntów rolnych znajdujących się na terenie Wielkopolski, na których nie stosowano od wielu lat żadnego nawożenia. Gleba (grupa granulometryczna: piasek gliniasty lekki, pgl) wykazywała odczyn obojętny, słabą zasobność w przyswajalny fosfor oraz średnią w magnez, a także bardzo małą zawartość węgla organicznego (tab. 1). Doświadczenie trwało przez jeden sezon wegetacyjny. Wilgotność gleby w tym czasie utrzymywano na poziomie 70–80% ppw (metoda podsiąkowa na stołach zalewowych); nie stosowano przerywki roślin. Zbiór dokonano jednorazowo wraz z końcem realizacji eksperymentu, tj. jesienią, w drugiej połowie września.

Tabela 1. Właściwości chemiczne gleby przed założeniem oraz po zakończeniu doświadczenia wazonowego w zależności od rodzaju i dawki nawozu organicznego

Table 1. Chemical properties of soil before starting and after completion of the pot experiment vs. type and dosage of organic fertilizer

Próba Sample	Dawka azotu na wazon Dose of nitrogen per pot (g)	pH	Zawartość dostępnych form fosforu i potasu (mg/kg gleby) Content of available forms of phosphorus and potassium (mg/kg of soil)		Kwasowość hydrolytyczna (cmol(+)/kg)	Zawartość kationów wymiennych Content of exchangeable cations (cmol(+)/kg)	Azot ogólny Total nitrogen (g/kg)	Węgiel organiczny Organic carbon (g/kg)	N-NH ₄ (mg/kg s.m.) (mg/kg d.m.)
			P	K					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Obiekt nawożony przed doświadczeniem Object fertilized before the experiment	–	6,88	3,45	11,9	2,44	1,09	0,68	6,6	16,5
Kontrola – bez nawożenia Control – without fertilization	–	7,05	3,01	9,4	2,38	1,08	0,63	6,2	18,2
ON_GS_N1	0,16	6,98	3,22	10,8	2,55	1,20	0,70	6,5	16,9
ON_1P_N1		7,05	4,84	16,4	2,86	1,36	0,66	6,1	17,2
ON_2P_N1		7,11	5,01	15,4	2,74	1,30	0,69	6,3	17,6
ON_3P_N1		6,95	3,99	15,2	2,66	1,31	0,71	6,2	16,9
ON_4P_N1		6,99	3,95	16,1	2,54	1,27	0,71	6,4	18,1
ON_5P_N1		7,01	4,11	14,9	2,68	1,19	0,76	6,2	18,3

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ON_6K_N1		7,02	4,61	15,8	2,91	1,21	0,61	6,4	17,8
ON_7K_N1		7,03	3,69	15,3	2,84	1,21	0,63	6,6	17,9
ON_8K_N1		6,98	3,56	13,2	2,71	1,17	0,71	6,5	17,7
ON_9K_N1		7,01	3,52	15,1	2,53	1,19	0,68	6,1	18,1
ON_10K_N1		7,04	4,86	14,6	2,64	1,20	0,70	6,3	18,0
ON_GS_N2	0,32	6,98	3,21	11,8	2,31	1,21	0,76	6,5	17,6
ON_1P_N2		7,05	4,98	16,8	3,01	1,31	0,68	6,3	17,9
ON_2P_N2		7,11	5,11	15,1	2,91	1,32	0,79	6,2	18,3
ON_3P_N2		6,95	4,02	15,4	2,61	1,33	0,81	6,4	18,5
ON_4P_N2		6,99	4,03	15,9	2,86	1,30	0,69	6,6	16,8
ON_5P_N2		7,01	4,09	15,1	2,74	1,21	0,71	6,1	17,5
ON_6K_N2		7,02	4,68	15,9	2,84	1,21	0,72	6,3	17,4
ON_7K_N2		7,03	3,61	15,8	2,89	1,20	0,79	6,8	17,9
ON_8K_N2		6,98	3,49	13,6	2,69	1,18	0,78	5,9	17,8
ON_9K_N2		7,01	3,44	15,4	2,54	1,16	0,79	6,7	18,0
ON_10K_N2		7,04	4,81	14,1	2,69	1,17	0,78	6,1	17,8

ON – obiekt nawożony, GS – surowa gnojowica świńska, 1P – pulpa z gnojowicy świńskiej, 2P – pulpa z gnojowicy świńskiej i buraka cukrowego, 3P – pulpa z gnojowicy świńskiej i gliceryny, 4P – pulpa z gnojowicy świńskiej i wywaru gorzelnianego, 5P – pulpa z gnojowicy świńskiej i osadu ściekowego, 6K – kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie gnojowicy świńskiej, 7K – kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie buraka cukrowego, 8K – kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie gliceryny, 9K – kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie wywaru gorzelnianego, 10K – kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie osadu ściekowego, N1 – pojedyncza dawka azotu, N2 – podwójna dawka azotu.

ON – fertilized object, GS – raw pig manure, 1P – pulp of pig manure, 2P – pulp of pig manure and sugar beet, 3P – pulp of pig manure and glycerine, 4P – pulp of pig manure and stillage, 5P – pulp of pig manure and sewage sludge, 6K – composted with a pig manure based fermented pulp, 7K – composted with a sugar beet based fermented pulp, 8K – composted with a glycerine based fermented pulp, 9K – composted with a stillage based fermented pulp, 10K – composted with a sewage sludge based fermented pulp, N1 – single dose of nitrogen, N2 – double dose of nitrogen.

W doświadczeniu zbadano wpływ różnych dawek pulpy pofermentacyjnej oraz kompostów na właściwości chemiczne gleb, w tym na zawartość metali ciężkich i wybranych makroelementów. Uzyskane wyniki porównano z wynikami dla obiektów odniesienia, którymi były: gnojowica świńska oraz nienawożona gleba (próba kontrolna). Dawki nawozów ustalono na podstawie zawartości azotu ogólnego, przyjmując dwa poziomy nawożenia: 0,16 i 0,32 g N na wazon, co odpowiada 85 i 170 kg N na 1 ha.

Po zebraniu zielonej masy tymotki łąkowej cały plon z wazonów suszono i oznaczano plon suchej masy. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji. Do oceny istotności różnic posłużono się testem Tukeya, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Efektywność

agronomiczną azotu wyliczono, dzieląc przyrost plonu po zastosowaniu nawozu przez wielkość zastosowanej dawki azotu.

W badaniach zastosowano następujące pofermenty i komposty:

- surową gnojowicę świńską (ang. *raw pig manure*), **GS**,
- pulpę z gnojowicy świńskiej (ang. *pulp of pig manure*), **1P**,
- pulpę z gnojowicy świńskiej i buraka cukrowego (ang. *pulp of pig manure and sugar beet*), **2P**,
- pulpę z gnojowicy świńskiej i gliceryny (ang. *pulp of pig manure and glycerine*), **3P**,
- pulpę z gnojowicy świńskiej i wywaru gorzelnianego (ang. *pulp of pig manure and stillage*), **4P**,
- pulpę z gnojowicy świńskiej i osadu ściekowego (ang. *pulp of pig manure and sewage sludge*), **5P**,
- kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie gnojowicy świńskiej (ang. *compost of pig manure pulp*), **6K**,
- kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie buraka cukrowego (ang. *compost of sugar beet pulp*), **7K**,
- kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie gliceryny (ang. *compost of glycerine pulp*), **8K**,
- kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie wywaru gorzelnianego (ang. *compost of stillage pulp*), **9K**,
- kompost z pulpy pofermentacyjnej na bazie osadu ściekowego (ang. *compost of sewage sludge pulp*), **10K**.

Zgodnie z nadanym każdemu odpadowi symbolem (GS, 1P, 2P... itd.) oznaczono kolejne obiekty nawożone. Przedstawione skróty funkcjonują w tekście pracy oraz w tabelach:

- **ON** – obiekt nawożony (ang. *fertilized object*),
- **N1, N2** – aplikacja, odpowiednio, pojedynczej i podwójnej dawki nawozu w glebie (ang. *single and double dose of fertilizer in soil, respectively*),
- **ON_GS_N1/N2** – obiekt nawożony surową gnojowicą świńską (ang. *object fertilized with raw pig manure*),
- **ON_1P_N1/N2** – obiekt nawożony pulpą z gnojowicy świńskiej (ang. *object fertilized with pulp of pig manure*),
- **ON_2P_N1/N2** – obiekt nawożony pulpą z gnojowicy świńskiej i buraka cukrowego (ang. *object fertilized with pulp of pig manure and sugar beet*),
- **ON_3P_N1/N2** – obiekt nawożony pulpą z gnojowicy świńskiej i gliceryny (ang. *object fertilized with pulp of pig manure and glycerine*),
- **ON_4P_N1/N2** – obiekt nawożony pulpą z gnojowicy świńskiej i wywaru gorzelnianego (ang. *object fertilized with pulp of pig manure and stillage*),
- **ON_5P_N1/N2** – obiekt nawożony pulpą z gnojowicy świńskiej i osadu ściekowego (ang. *object fertilized with pulp of pig manure and sewage sludge*),
- **ON_6K_N1/N2** – obiekt nawożony kompostem z pulpy pofermentacyjnej na bazie gnojowicy świńskiej (ang. *object fertilized composted with a pig manure based fermented pulp*),

- **ON_7K_N1/N2** – obiekt nawożony kompostem z pulpy pofermentacyjnej na bazie buraka cukrowego (ang. *object fertilized composted with a sugar beet based fermented pulp*),
- **ON_8K_N1/N2** – obiekt nawożony kompostem z pulpy pofermentacyjnej na bazie gliceryny (ang. *object fertilized composted with a glycerine based fermented pulp*),
- **ON_9K_N1/N2** – obiekt nawożony kompostem z pulpy pofermentacyjnej na bazie wywaru gorzelnianego (ang. *object fertilized composted with a stillage based fermented pulp*),
- **ON_10K_N1/N2** – obiekt nawożony kompostem z pulpy pofermentacyjnej na bazie osadu ściekowego (ang. *object fertilized composted with a sewage sludge based fermented pulp*).

Oznaczenia laboratoryjne gleby wykonano następującymi metodami:

- pH – potencjometrycznie w 1 M KCl,
- zawartość dostępnych form fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma,
- kwasowość hydrolityczną – w 0,5 M octanie wapnia,
- zawartość kationów wymiennych – w 1 M octanie amonu o pH 7,
- zawartość N ogółem – metodą Kjeldahla,
- zawartość N-NH₄ – metodą kolorymetrii przepływowowej z użyciem analizatora Skalar San Plus, po ekstrakcji w 0,01 M CaCl₂,
- zawartość C organicznego – metodą suchej destylacji, z użyciem aparatu CMat 5500 firmy Strohlein,
- zawartość P ogółem – spektrofotometrycznie metodą wanadowo-molibdenową, po trawieniu próbek gleb wodą królewską,
- zawartość K, Mg, Ca, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA), po trawieniu próbek gleb wodą królewską;
- zawartość Hg – techniką AAS z amalgamacją zimnych par rtęci z użyciem analizatora rtęci MA 2000.

Wyniki i dyskusja

Zastosowane nawozy organiczne wywarły wpływ na badane właściwości gleby, czego dowodzą wyniki badań zestawione w tabeli 1. Zaobserwowano różnice w zawartości dostępnych form potasu oraz azotu ogólnego.

Po zastosowaniu nawożenia, z wyjątkiem surowej gnojowicy (ON_GS_N1/N2), zwiększyła się zawartość przyswajalnego potasu (z 9,4 do około 16,5 mg/kg gleby). Aplikacja materiałów organicznych w dawce 0,32 g N na wazon sprzyjała intensyfikacji azotu ogólnego (z 0,63 do 0,76 g/kg), z wyjątkiem pulpy z gnojowicy (ON_1P_N2) oraz pulpy z wywarem gorzelnianym (ON_4P_N2), po których zastosowaniu nie obserwowano różnic. Wśród testowanych materiałów z mniejszą dawką azotu jedynie poferment z osadem ściekowym (ON_5P_N1) przyczynił się do wzrostu zawartości azotu ogólnego. Całkowita zawartość fosforu, potasu, magnezu, wapnia oraz metali ciężkich nie zależała od zastosowanego nawożenia i pozostawała na poziomie zbliżonym do wyjściowego (tab. 1, 2).

Tabela 2. Całkowita zawartość metali ciężkich oraz wybranych makroelementów w glebie przed założeniem oraz po zakończeniu doświadczenia wazonowego w zależności od rodzaju i dawki nawozu organicznego

Table 2. Total content of heavy metals and selected macroelements in soil before starting and after completion of the pot experiment vs. type and dosage of organic fertilizer

Próba Sample	Dawka azotu na wazon Dose of nitrogen per pot (g)	P (g/kg)	K (g/kg)	Mg (g/kg)	Ca (g/kg)	Cd (mg/ kg)	Cu (mg/ kg)	Ni (mg/ kg)	Pb (mg/ kg)	Zn (mg/ kg)	Hg (mg/ kg)	Cr (mg/ kg)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Obiekt nawożony przed doświadczeniem Object fertilized before the experiment	–	0,21	0,89	0,18	1,93	0,96	17,4	26	23,8	44,1	0,41	31,3
Kontrola – bez nawożenia Control – without fertilization	–	0,22	0,88	0,18	2,11	0,77	16,5	25	22,3	39,9	0,53	32,1
ON_GS_N1	0,16	0,21	0,91	0,21	2,05	0,75	16,6	12	19,2	40,1	0,52	28,6
ON_1P_N1		0,20	0,86	0,19	1,99	0,86	15,5	22	18,8	40,1	0,39	29,3
ON_2P_N1		0,22	0,91	0,23	2,22	0,81	14,2	18	15,6	36,6	0,42	25,1
ON_3P_N1		0,22	0,98	0,22	2,18	0,76	18,9	15	14,5	42,6	0,52	22,3
ON_4P_N1		0,21	0,81	0,26	2,13	0,78	15,9	21	21,2	38,6	0,36	24,2
ON_5P_N1		0,20	0,96	0,25	2,21	0,75	15,6	14	23,2	40,1	0,52	26,1
ON_6K_N1		0,21	1,04	0,21	2,05	0,69	18,8	13	20,2	41,0	0,35	25,9
ON_7K_N1		0,22	1,03	0,18	2,11	0,89	16,3	25	19,5	42,9	0,45	23,2
ON_8K_N1		0,21	1,10	0,16	2,06	0,85	15,6	23	18,6	43,3	0,65	22,9
ON_9K_N1		0,21	0,87	0,22	2,01	0,66	14,2	18	14,8	39,9	0,48	22,6
ON_10K_N1		0,20	0,96	0,25	1,98	0,81	15,8	26	16,8	34,5	0,51	29,9
ON_GS_N2	0,32	0,21	0,88	0,18	2,23	0,85	15,6	25	17,1	39,1	0,44	29,2
ON_1P_N2		0,22	1,03	0,24	2,22	0,69	19,6	18	23,5	38,4	0,46	31,1
ON_2P_N2		0,23	1,05	0,21	2,23	0,82	15,6	19	22,2	35,9	0,44	29,9
ON_3P_N2		0,21	1,09	0,18	2,41	0,81	14,5	16	25,6	36,9	0,41	28,6
ON_4P_N2		0,21	0,99	0,19	2,13	0,98	17,4	18	24,3	39,9	0,42	27,5
ON_5P_N2		0,20	1,01	0,23	2,06	0,69	16,9	22	21,0	42,1	0,44	26,5

Tabela 2 – cd. / Table 2 – cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ON_6K_N2		0,21	1,11	0,26	2,01	0,85	17,1	19	18,5	41,1	0,48	25,5
ON_7K_N2		0,22	0,95	0,28	1,98	0,81	15,8	21	17,9	36,8	0,39	24,9
ON_8K_N2		0,22	0,99	0,33	1,85	0,75	16,5	26	19,5	37,5	0,41	23,5
ON_9K_N2		0,21	0,91	0,25	1,81	0,69	14,5	23	18,6	38,6	0,35	22,6
ON_10K_N2		0,22	0,89	0,21	1,98	0,55	15,8	22	18,2	38,8	0,39	31,6

Objaśnienia – jak pod tabelą 1.

Explanations – as under Table 1.

Odczyn gleby jest jej istotnym parametrem. Decyduje bezpośrednio o możliwości wzrostu roślin, kierunku i szybkości przebiegu procesów biologicznych i fizykochemicznych w glebach, a także o kształtowaniu form kwasowości. W zależności od pH roztworu glebowego może on wykazywać albo ładunek dodatni, albo ładunek ujemny, co determinuje sorpcyjne właściwości gleby, zarówno względem kationów, jak i anionów.

Zgodnie z danymi zawartymi w tabeli 1, większość z analizowanych obiektów miała odczyn obojętny lub słabo alkaliczny (zgodnie z normami dotyczącymi gleb uprawnych). Wartości kwasowości hydrolitycznej, o których decydują jony wodorowe w glebie, dla poszczególnych prób gleby były zbliżone i relatywnie małe.

Plon suchej masy tymotki łąkowej rosnącej w glebie bez nawożenia wyniósł 12,45 g s.m. na wazon (tab. 3). Po zastosowaniu surowej gnojowicy (GS) plon wzrósł istotnie w porównaniu z obiektem kontrolnym i nie zależał od dawki zastosowanego nawozu. Nawożenie pulpą pofermentacyjną na bazie samej gnojowicy (1P), pulpą z dodatkiem buraka cukrowego (2P) oraz z dodatkiem osadu ściekowego (5P) istotnie zwiększyło plon suchej masy w stosunku do kontroli (bez nawożenia) oraz do surowej gnojowicy. Największy plon otrzymano po zastosowaniu pulpy pofermentacyjnej z buraka cukrowego w dawce wnoszącej 0,32 g N na wazon (21,50 g s.m. na wazon). Również relatywnie duży plon uzyskano po zastosowaniu tej samej pulpy w mniejszej dawce oraz przefermentowanej gnojowicy.

Pulpa z gliceryną (3P) oraz pulpa z wywarem gorzelnianym (4P) spowodowały istotną obniżkę plonu suchej masy tymotki łąkowej w porównaniu z kontrolą (bez nawożenia). Większą skalę obniżki stwierdzono po zastosowaniu pulpy z gliceryną.

Reakcja tymotki łąkowej na nawożenie kompostami (K) wytworzonymi na bazie pofermentów była praktycznie taka sama jak na świeże pulpy pofermentacyjne (P). Analiza statystyczna tylko w przypadku kompostu z pulpy z gliceryną wykazała istotnie większy plon w porównaniu z efektami nawożenia surową pulpą z gliceryną, jednak nadal były to plony na poziomie niższym niż po pozostałych aplikacjach.

Poziom plonowania tymotki łąkowej w większości analizowanych przypadków nie zależał od dawki nawozu. Jedynie po zastosowaniu pulpy z buraka cukrowego zwiększenie dawki nawozu spowodowało udowodniony, choć niewielki wzrost plonu suchej masy.

Tabela 3. Plon suchej masy tymotki łąkowej w zależności od rodzaju i dawki nawozu organicznego (g s.m. na wazon)

Table 3. Dry matter yield of timothy-grass vs. type and dosage of organic fertilizer (g d.m. per pot)

Próba* Sample*	Dawka azotu na wazon** Dose of nitrogen per pot**		
	0,16 (N1)	0,32 (N2)	średnio – average
Kontrola – bez nawożenia Control – without fertilization	12,45		x
ON_GS	14,03 ⁺ e	13,83 ⁺ e	13,93 D
ON_1P	18,98 ⁺ c	19,28 ⁺ bc	19,13 B
ON_2P	20,20 ⁺ b	21,50 ⁺ a	20,85 A
ON_3P	5,98 ⁻ h	5,18 ⁻ h	5,58 G
ON_4P	8,98 ⁻ fg	9,75 ⁻ f	9,36 E
ON_5P	16,4 ⁺ d	15,95 ⁺ d	16,18 C
ON_6K	19,25 ⁺ bc	19,90 ⁺ bc	19,58 B
ON_7K	20,60 ⁺ ab	21,35 ⁺ a	20,98 A
ON_8K	8,23 ⁻ g	7,18 ⁻ g	7,70 F
ON_9K	9,75 ⁻ f	9,23 ⁻ f	9,49 E
ON_10K	16,08 ⁺ d	16,25 ⁺ d	16,16 C
Średnio** – Average**	14,40 A	14,49 A	x

*Objaśnienia – jak pod tabelą 1.

**Wielkie litery odnoszą się do różnic pomiędzy poziomami czynników działających niezależnie, małe litery dotyczą interakcji obu czynników, '+' – plon istotnie większy niż na obiekcie kontrolnym, '-' – plon istotnie mniejszy niż na obiekcie kontrolnym.

*Explanations – as under Table 1.

**Capital letters refer to the differences between the levels of factors operating independently, small letters refer to the interaction of both factors, '+' – yield significantly higher than in the control object, '-' – yield significantly lower than in the control object.

Efektywność agronomiczna azotu z zastosowanych odpadów zawierała się w bardzo szerokich granicach, szczególnie po aplikacji mniejszej dawki – 0,16 g na wazon (tab. 4). Największa wartość to 48,43 g s.m. na 1 g po zastosowaniu pulpy pofermentacyjnej z buraka cukrowego (2P) oraz wytworzonego na jej bazie kompostu (7K), a najmniejsza wartość to -40,47 g s.m. na 1 g po zastosowaniu pulpy pofermentacyjnej z gliceryną (3P) i jej kompostu (8K).

Efektywność azotu dodanego w ilości ponad 0,16 g na wazon była znacznie mniejsza, maksymalnie osiągnęła 8,13 g s.m. na 1 g po zastosowaniu pulpy pofermentacyjnej z buraka cukrowego (2P). Wartości dodatnie wystąpiły jeszcze po zastosowaniu pulpy z gnojowicy (1P), pulpy z wywarem gorzelnianym (4P) oraz kompostów z pulpy z gnojowicy (6K), z pulpy z buraka (7K) i z pulpy z osadów ściekowych (10K). W pozostałych przypadkach stwierdzono wartości ujemne.

Tabela 4. Efektywność agronomiczna nawożenia azotem w zależności od rodzaju i dawki nawozu organicznego (g s.m. na 1 g)

Table 4. Agronomic efficiency of nitrogen fertilization vs. type and dosage of organic fertilizer (g d.m. per 1 g)

Próba Sample	Dawka azotu na wazon (g) – Dose of nitrogen per pot (g)		
	0–0,16 (N1)	0,16 (N1) – 0,32 (N2)	0,00–0,32 (N2)
ON_GS	9,84	–1,25	4,30
ON_1P	40,78	1,87	21,33
ON_2P	48,43	8,13	28,28
ON_3P	–40,47	–5,00	–22,73
ON_4P	–21,72	4,84	–8,43
ON_5P	24,68	–2,81	10,94
ON_6K	42,5	4,06	23,28
ON_7K	50,93	4,69	27,81
ON_8K	–26,41	–6,56	–16,48
ON_9K	–16,88	–3,28	–10,08
ON_10K	22,65	1,09	11,88
Średnio – Average	12,22	0,53	6,37

*Objaśnienia – jak pod tabelą 1.

*Explanations – as under Table 1.

W wyniku oceny działania większej dawki azotu (0,32 g na wazon) stwierdzono największą efektywność agronomiczną tego pierwiastka (około 28 g s.m. na 1 g) wniesionego w pulpie z buraka cukrowego (2P) i w kompoście wytworzonym z tej pulpy (7K), dużą efektywność pulpy z gnojowicy (1P) i wytworzonego z niej kompostu (6K) (odpowiednio: 21,33 oraz 23,28 g s.m. na 1 g) oraz mniejszą, lecz wciąż dodatnią efektywność azotu po wniesieniu go w formie pulpy z osadu ściekowego (5P) i kompostu z tej pulpy (10K) (ok. 11-12 g s.m. na 1 g), a także w formie surowej gnojowicy (GS) (4,3 g s.m. na 1 g). Efektywność azotu wniesionego w formie nawozów z dodatkiem gliceryny lub wywaru gorzelnianego była ujemna.

Nawożenie jest jednym z najistotniejszych czynników plonotwórczych. Prawidłowe dawkowanie oraz zbilansowanie składników pokarmowych decyduje o wielkości uzyskanego plonu. Nawozy organiczne są cennym źródłem składników pokarmowych, ponieważ zawierają wszystkie niezbędne roślinom makro- i mikroskładniki i tym samym minimalizują ryzyko niedoboru któregoś z nich. Składnikiem, który zazwyczaj decyduje o poziomie plonowania roślin jest azot, którego przyswajalność z nawozów organicznych jest najczęściej mniejsza, aniżeli z nawozów mineralnych (Chambers i in., 2000). Gnojowica stanowi nawóz, z którego azot jest stosunkowo łatwo uwalniany do gleby i w większości przyswajalny przez rośliny już w pierwszym roku po zastosowaniu

(Fotyła i in., 2006). Z tej przyczyny gnojowica jest najbardziej odpowiednim materiałem porównawczym do oceny wartości płynnych pulp pofermentacyjnych z biogazowni. W przedstawionych badaniach przyrost plonowania tymotki łąkowej po aplikacji surowej gnojowicy był niewielki, natomiast zastosowanie gnojowicy po fermentacji metanowej znacznie zwiększyło jej działanie plonotwórcze: z 14 do 19 g s.m. na wazon. Plony uzyskane po zastosowaniu pulpy z dodatkiem buraka cukrowego przekraczały nawet 20 g na wazon, co pokazuje ogromny potencjał nawozów poddanych fermentacji metanowej. W badaniach Piechoty i in. (2014) kukurydza plonowała na podobnym poziomie, niezależnie od sposobu waloryzacji gnojowicy. W doświadczeniach tych autorów kukurydza nawożona surową gnojowicą plonowała na wysokim poziomie, porównywalnym z nawożeniem mineralnym. Zakładając, że roślina wykorzystwała w pełni inne zasoby środowiska, np. dostępną wodę, przypuszcza się, iż dalszy wzrost poziomu plonowania nie zależał wyłącznie od czynników nawozowych.

Nie wszystkie pulpy pofermentacyjne zastosowane w niniejszym doświadczeniu korzystnie wpływały na wzrost tymotki łąkowej. W wyniku aplikacji pulpy z gliceryną oraz pulpy z wywarem gorzelnianym nastąpiło zmniejszenie plonu suchej masy, nawet względem kontroli (bez nawożenia). W badaniach Qiana i in. (2011) oraz Tolnera i in. (2010) nad nawozowym wykorzystaniem odpadowej gliceryny stwierdzono zmniejszenie zawartości przyswajalnego azotu w glebie, mniejsze pobranie azotu przez rośliny i w efekcie zmniejszenie plonu, szczególnie po zastosowaniu gliceryny w dużych dawkach. W badaniach własnych gliceryna została poddana fermentacji metanowej, co powinno usunąć większość węgla z pofermentu i ograniczyć immobilizację azotu. W badaniach składu pofermentów (Pilarska i in., 2015) nie stwierdzono diametralnych różnic między pofermentami uzyskanymi z różnych substratów. Należy przypuszczać, że przyczyny słabego wzrostu roślin tymotki łąkowej leżą w czynnikach pozażywniowych: bardzo prawdopodobne jest ujawnienie się fitotoksyczności zanieczyszczeń znajdujących się w surowej glicerynie. Trudne jest również do wyjaśnienia negatywne oddziaływanie pulpy z wywarem gorzelnianym. Wywar z gorzelnii nie jest tak dobrym nawozem jak gnojowica (Piechota i in., 2014). Według Szulca i in. (2009) wywary gorzelniane charakteryzują się niekorzystnym stosunkiem poszczególnych makroskładników i wymagają zrównoważonego nawożenia mineralnego. Nie tłumaczy to jednak zahamowania wzrostu roślin obserwowanego w omawianych badaniach. Uzyskany wynik wymaga kolejnych tego typu badań celem jego weryfikacji.

Bezpośredni efekt plonotwórczy stałych nawozów organicznych, w tym surowych kompostów, jest zazwyczaj mniejszy niż nawozów płynnych, co wynika z szerokiego stosunku C/N i wolnego uwalniania azotu w formach mineralnych. W prezentowanych badaniach nie obserwowano takiej zależności. Rośliny nawożone świeżymi pofermentami plonowały na poziomie podobnym, jak po stosowaniu kompostów wytworzonych na ich bazie. Gleba użyta do doświadczenia nie była przez wiele lat nawożona, charakteryzowała się małą zawartością przyswajalnych form składników pokarmowych oraz węgla organicznego. Niedobór próchnicy wiąże się z wadliwymi właściwościami fizycznymi, które można poprawić przez zastosowanie dużych dawek materii organicznej (Piechota, 2005).

Efektywność agronomiczna nawożenia azotem w zakresie 0–0,16 g na wazon wynikała bezpośrednio z różnicy pomiędzy plonem na obiekcie kontrolnym a plonem po

nawożeniu, natomiast efektywność dawki azotu powyżej 0,16 g na wazon była oparta na różnicy w plonie po nawożeniu mniejszą i większą dawką. Małe lub ujemne wartości mówią o niewielkim uzasadnieniu ekonomicznym (lub jego całkowitym braku) zastosowania większej dawki azotu. Dotyczyło to większości analizowanych nawozów, z wyjątkiem pulpy z buraka cukrowego, gdzie efektywność przekroczyła 8,13 g s.m. na 1 g. Jedynie w przypadku konieczności zagospodarowania nadmiaru produkowanego nawozu i tylko tam, gdzie nie stwierdzono wartości ujemnych, można rozważać zwiększenie dawki. Szczególnym przypadkiem jest pulpa z wywarem gorzelnianym, która mimo dodatniej efektywności agronomicznej drugiej dawki nadal powoduje zmniejszenie plonu tymotki w stosunku do kontroli. Nie można zatem sformułować ostatecznego wniosku jedynie na podstawie wartości tego współczynnika.

Jednorazowa aplikacja materiału organicznego, szczególnie stosowanego w racjonalnych dawkach, rzadko zmienia w widoczny sposób właściwości gleby. Mercik i Stępień (2007), mimo czterokrotnego zastosowania pełnej dawki obornika, zaobserwowali jedynie niewielki przyrost zawartości C oraz przyswajalnych form P i K. Końcowa zawartość składników w glebie jest wypadkową ich ilości wniesionych w nawozach, wyniesionych z plonem, wypłukanych, ulotnionych do atmosfery, a w przypadku form przyswajalnych – również uwsteczniania lub uwalniania z form zapasowych. W badaniach Kalembasy i Malinowskiej (2010) w glebie nawożonej dużymi dawkami osadów ściekowych zawartość metali ciężkich była mniejsza na obiekcie kontrolnym, co wynikało z dużego ich pobrania przez uprawiane rośliny. W niniejszych badaniach nie stwierdzono wpływu nawożenia na zawartość metali ciężkich.

Wnioski

1. Zastosowane nawozy organiczne wywarły wpływ na badane właściwości gleb:
 - użycie większej dawki sprzyjało zwiększeniu zawartości azotu ogólnego (z 0,63 do 0,76 g/kg), z wyjątkiem pofermentu z gnojowicy oraz pofermentu z wywarem gorzelnianym; wzrost zawartości azotu ogólnego w glebie po zastosowaniu mniejszej dawki nastąpił tylko w przypadku pulpy z osadem ściekowym;
 - aplikacja każdego rodzaju nawozu w glebie (z wyjątkiem surowej gnojowicy) spowodowała zwiększenie ilości przyswajalnego potasu: z 9,4 (kontrola) do około 16,5 mg/kg gleby w przypadku pulpy z gnojowicy.
2. Nawożenie z zastosowaniem pulpy złożonej z gnojowicy i buraka cukrowego znacznie zwiększyło plon tymotki łąkowej (z 12 do 20 g s.m. na wazon).
3. W przypadku pofermentu z gliceryną oraz z wywarem gorzelnianym zarejestrowano zdecydowane zmniejszenie plonu: z 12 do około 5 g s.m. na wazon oraz do 9 g s.m. na wazon, odpowiednio.
4. Obliczona efektywność agronomiczna azotu zawierała się w szerokich granicach: największą wartość otrzymano w przypadku pulpy z dodatkiem buraka cukrowego, a najmniejszą – po zastosowaniu pulpy z gliceryną (odpowiednio: 48,43 i –40,47 g s.m. na 1 g, dla dawki w zakresie 0–0,16 g N na wazon).

Literatura

- Abdullahi, Y. A., Akunna, J. C., White, N. A., Hallett, P. D., Wheatley, R. (2008). Investigating the effects of anaerobic and aerobic post-treatment on quality and stability of organic fraction of municipal solid waste as soil amendment. *Bioresour. Technol.*, 99, 18, 8631–8636.
- Chambers, B. J., Smith, K. A., Pain, B. F. (2000). Strategies to encourage better use of nitrogen in animal manures. *Soil Use Manage.*, 16, 157–161.
- Debosz, K., Petersen, S. O., Kure, L. K., Ambus, P. (2002). Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. *Appl. Soil Ecol.*, 19, 237–248.
- Fotyma, E., Fotyma, M., Gosek, S. (2006). Ocena produkcyjnych skutków azotu stosowanego w nawozach mineralnych i gnojowicy. *Nawozy Nawóz. / Fertil. Fertil.*, 1, 18–29.
- Inubishi, K., Goyal, S., Sakamoto, K., Wada, Y., Yamakawa, K., Arai, T. (2000). Influences of application of sewage sludge compost on N₂O production in soils. *Chemosphere*, 2, 329–334.
- Jadczyzsyn, T., Kowalczyk, J., Lipiński, W. (2010). Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. *Mater. Szkol.*, 95. Puławy: Wyd. IUNG-PIB.
- Kalembasa, D., Malinowska, E. (2010). Działanie osadu ściekowego na zawartość metali ciężkich w biomacie trawy *Miscanthus sacchariflorus* oraz w glebie. *Ochr. Środ. Zas. Nat.*, 42, 198–203.
- Mercik, S., Stępień, W. (2007). Działanie obornika na glebie bardzo kwaśnej i wyczerpanej ze składników pokarmowych przez wiele lat. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 520, 151–158.
- Natywa, M., Ambroży, K., Sawicka, A., Wolna-Maruwka, A. (2010). Aktywność respiracyjna i dehydrogenazowa gleby pod uprawą kukurydzy w zależności od różnych dawek nawozu azotowego. *Nauka Przyr. Technol.*, 4, 6, #89.
- Paavola, T., Rintala, J. (2008). Effects of storage on characteristics and hygienic quality of digestates from four co-digestion concepts of manure and biowaste. *Bioresour. Technol.*, 99, 15, 7041–7050.
- Perez-Lomas, A. L., Delago, G., Parraga, J., Delgado, R., Almendros, G., Aranda, V. (2010). Evolution of organic matter fractions after application of co-compost of sewage sludge with pruning waste to four Mediterranean agricultural soils. A soil microcosm experiment. *Waste Manage.*, 30, 1957–1965.
- Piechota, T. (2005). Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów następstwa roślin i nawożenia na fizyczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 22, 86, 2, 158–166.
- Piechota, T., Kowalski, M., Sawinska, Z., Majchrzak, L. (2014). Ocena przydatności pasowej uprawy roli do dogłębowej aplikacji płynnych nawozów organicznych w uprawie kukurydzy. *Fragm. Agron.*, 31, 1, 74–82.
- Pietrzak, S. (2015). Kształtowanie się stanu ilościowego azotu mineralnego w glebach organicznych pod użytkami zielonymi w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 15, 2, 50, 87–96.
- Pilarska, A., Pilarski, K., Dach, J., Boniecki, P., Dobrzański, K. (2014). Nowoczesne metody oraz perspektywy zagospodarowania nawozów naturalnych. *Tech. Roln. Ogron. Leśn.*, 2, 9–11.
- Pilarska, A., Wolna-Maruwka, A., Piechota, T., Pilarski, K., Szymańska, M., Wolicka, D. (2015). Wstępne badania pulpy pofermentacyjnej z biogazowni oraz jej kompostów jako potencjalnych nawozów organicznych. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 2, #19.
- Qian, P., Schoenau, J., Urton, R. (2011). Effect of soil amendment with thin stillage and glycerol on plant growth and soil properties. *J. Plant Nutr.*, 34, 14, 2206–2221.
- Szulc, W., Rutkowska, B., Łabętowicz, J., Gutowska, A. (2009). Wywar gorzelniany – odpad czy nawóz organiczny? *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 535, 423–433.
- Szymańska, M., Sosulski, T., Szara, E., Pilarski, K. (2015). Technologia przetwarzania pofermentu z biogazowni oraz właściwości fizykochemiczne otrzymanych produktów. *Przem. Chem.*, 94, 8, 1419–1423.
- Tolner, L., Czinkota, I., Sandor, G., Tolner, K. (2010). Testing the effect of redirected glycerol by-products on the nutrition providing ability of the soil. W: R. Gilkes, N. Prakongkep (red.),

Pilarska, A. A., Piechota, T., Szymańska, M., Pilarski, K., Wolna-Maruwka, A. (2016). Ocena wartości nawozowej pofermentów z biogazowni oraz wytworzonych z nich kompostów. *Nauka Przyr. Technol.*, 10, 3, #35. DOI: 10.17306/J.NPT.2016.3.35

- Proceedings 19th World Congress of Soil Sciences, Brisbane, Australia: Soil Solutions for a Changing World (s. 298–301). [DVD-ROM]. Crawley: International Union of Soil Sciences.
- Wolna-Maruwka, A., Pilarski, K. (2010). Wpływ wybranych parametrów fizykochemicznych na liczebność mikroorganizmów oraz aktywność dehydrogenaz w kompoście z osadu ściekowego. *Ochr. Środ. Zas. Nat.*, 42, 212–224.
- Yang, L., Chen, Z., Liu, T., Jiang, J., Li, B., Cao, Y., Yu, Y. (2013). Ecological effects of cow manure compost on soils contaminated by landfill leachate. *Ecol. Indic.*, 32, 14–18.

EVALUATION OF THE FERTILIZER VALUE OF DIGESTATE PULP FROM BIOGAS PLANT AND ITS COMPOSTS

Summary. This paper is Part 2 of the paper by the same authors (Pilarska et al., 2015) concerning the use of digestate pulps (so-called “digestates”) and their composts as organic fertilizers. In Part 2 of the experiment, in which the results are discussed in this paper, the resulting materials were used as organic fertilizers. The experiment was started in spring time, using samples of barren soil, obtained from agricultural land located in Wielkopolska. The effects of fertilization were referred to changes in the soil properties and to the dry matter yield of timothy-grass (*Phleum pretense* L.). The results of this study indicate a desirable effect of the use of digested and composted waste on the quality of soil. The use of raw manure resulted in a rather small increase in the crop yield of timothy-grass, relative to controls (from 12.5 to 14.0 g d.m. per pot). In turn, the use of liquid manure after fermentation, resulted in much higher crops, i.e. from 12.5 to 19.3 g d.m. per pot. The highest yields were obtained after the application of pulp fermentation with the addition of sugar beet (21.50 g d.m. per pot). However, the use of digestate glycerol and stillage, leading to reduced dry matter yields. The response of timothy-grass to fertilization with composted digestate pulps was virtually identical as in the case of fresh digestate pulps.

Key words: digestate pulp and composts, digestate fertilizer value, timothy-grass, dry matter yield, soil properties

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Agnieszka Anna Pilarska, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31/33, 60-624 Poznań, Poland, e-mail: pilarska@up.poznan.pl

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

12.05.2016

Do cytowania – For citation:

Pilarska, A. A., Piechota, T., Szymańska, M., Pilarski, K., Wolna-Maruwka, A. (2016). Ocena wartości nawozowej pofermentów z biogazowni oraz wytworzonych z nich kompostów. Nauka Przyr. Technol., 10, 3, #35. DOI: 10.17306/J.NPT.2016.3.35