

Wpłynęło 8.03.2019 r.  
Zrecenzowano 27.03.2019 r.  
Zaakceptowano 27.03.2019 r.  
A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

# OCENA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH GLEBY NAWOŻONEJ MASĄ POFERMENTACYJNĄ

Milena PIĄTEK<sup>1)</sup> ABCDEF, Anna BARTKOWIAK<sup>2)</sup> AEF

<sup>1)</sup> Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, doktorantka

<sup>2)</sup> [orcid.org/0000-0002-3778-7869](https://orcid.org/0000-0002-3778-7869); Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

## Streszczenie

Masa pofermentacyjna z biogazowni rolniczej jest doskonałym nawozem organicznym w uprawie roślin. Wzbogaca glebę w łatwiej przyswajalne składniki pokarmowe, a także korzystnie wpływa na środowisko przyrodnicze poprzez zmniejszenie emisji szkodliwych gazów i odorów. Przeprowadzone badania miały na celu analizę właściwości fizykochemicznych gleby pod kątem zawartości azotu, fosforu, potasu oraz pH gleby nawożonej płynną masą pofermentacyjną i uzyskanymi z niej granulatami. W doświadczeniu vegetacyjnym wykorzystany został do nawożenia poferment z dwóch fermentatorów w formie świeżej masy (MPF1 oraz MPF2) oraz pozyskanych z niej granulatów (odpowiednio GCF1 i GCF2). Do badań użyto gleby z wieloletnich doświadczeń nawozowych: 0 (gleba nienawożona), NPK oraz CaNPK. W glebach nawożonych różnymi formami pofermentu stwierdzono istotne statystycznie zwiększenie zawartości azotu, fosforu i potasu oraz zmniejszenie kwasowości gleb. Analiza wykazała, że zarówno świeży poferment, jak i granulaty wpływają korzystnie na właściwości fizykochemiczne gleby i mogą być stosowane jako nawóz w uprawie roślin.

**Słowa kluczowe:** *granulaty z pofermentu, masa pofermentacyjna, nawożenie, właściwości fizykochemiczne gleby*

## WSTĘP

W Polsce, dzięki licznym działaniom prośrodowiskowym w produkcji rolnej, powstało 96 biogazowni rolniczych, ujętych w „Rejestrze wytwórców biogazu rolniczego” [KOWR 2019], które są wielofunkcyjnymi rozwiązaniami w zakresie zrównoważonego rozwoju rolnictwa [BARTKOWIAK, BARTKOWIAK 2017; WĘGLA-

**Do cytowania For citation:** Piątek M., Bartkowiak A. 2019. Ocena wybranych właściwości fizykochemicznych gleby nawożonej masą pofermentacyjną. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 19. Z. 1 (65) s. 55–66.

RZY, PODKÓWKA 2010; WĘGLARZY, SKRZYŻAŁA 2013]. Ich wielofunkcyjność polega na różnorodności wykorzystywanych do procesu fermentacji substratów oraz powstających produktów, w tym biogazu, który stanowi źródło ciepła i energii elektrycznej. W procesie fermentacji powstaje także masa pofermentacyjna, która uważana jest za doskonały nawóz dla roślin uprawnych [KOWALCZYK-JUŚKO, SZYMAŃSKA 2015; WĘGLARZY, SKRZYŻAŁA 2012]. Produkt pofermentacyjny jest płynną lub stałą substancją organiczną powstającą w wyniku procesu produkcji biogazu rolniczego. Stosowanie masy pofermentacyjnej jako nawozu regulowane jest „Ustawą o nawozach i nawożeniu” [2007], „Ustawą o odpadach” [2013] oraz „Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie procesu odzysku R10” (obróbka na powierzchni ziemi przynosząca korzyści dla rolnictwa lub poprawę stanu środowiska) [Rozporządzenie ... 2015]. Masa pofermentacyjna spełniająca warunki określone w aktach prawnych może być zatem stosowana jako środek poprawiający właściwości fizykochemiczne gleby.

Skład chemiczny pofermentu jest zbliżony do nawozów naturalnych: obornika, gnojówki i gnojowicy. Stosowany w nawożeniu może pokryć zapotrzebowanie roślin na składniki mineralne oraz zapobiegać negatywnym skutkom przenawożenia nawozami mineralnymi [KOWALCZYK-JUŚKO, SZYMAŃSKA 2015; PILARSKA i in. 2015]. W produkcji roślinnej nawożenie jest jednym z najważniejszych zabiegów agrotechnicznych. Wpływa przede wszystkim na plonowanie i jakość odżywcza roślin. Podczas nawożenia istotnym zabiegiem jest równomierna i w odpowiedniej dawce aplikacja nawozów. Zbyt małe dawki mogą znacznie obniżyć efekt plonotwórczy [CHYLIŃSKA, NOWAK 2006; JASKULSKA i in. 2015; KLIMA, ŁABZA 2010]. Z kolei przenawożenie może powodować gromadzenie się w roślinach substancji szkodliwych dla zdrowia, głównie azotanów (V i III), spływ powierzchniowy składników do rzek i jezior, doprowadzając do ich eutrofizacji, może także dochodzić do emisji szkodliwych i uciążliwych gazów do atmosfery [BŁASZKIEWICZ 2012; CHYLIŃSKA, NOWAK 2006; JASKULSKA i in. 2015; KLIMA, ŁABZA 2010].

Masa pofermentacyjna jest mieszaniną bakterii metanowych, nieprzefermentowanych związków organicznych i składników mineralnych [WĘGLARZY, SKRZYŻAŁA 2012]. Skład chemiczny masy zależy od rodzaju użytych w procesie fermentacji substratów. Podczas fermentacji metanowej zachodzą zmiany w proporcji węgla i azotu, spowodowane tym, że węgiel zostaje wbudowany w powstający biometan, przez co zwiększa się zawartość azotu i związków mineralnych. Powstają formy znacznie łatwiej przyswajalne przez rośliny: azot ulega przekształceniu do formy  $\text{NH}_4^+$ , fosfor natomiast do  $\text{PO}_4^{3-}$  [PONTUS 2014].

KOWALCZYK-JUŚKO i SZYMAŃSKA [2015] porównały skład chemiczny masy pofermentacyjnej ze składem nawozów naturalnych (tab. 1). Wykazały, że zawartość suchej masy w nieodwodnionym pofermencie wynosi 4–7%, co odpowiada w przybliżeniu zawartości suchej masy w gnojowicy (5–9,5%). Ilość N w pofermencie odpowiada zawartości tego pierwiastka w oborniku, zawartość  $\text{P}_2\text{O}_5$  jest zbliżona do określonej w gnojowicy, a  $\text{K}_2\text{O}$  do gnojówki.

**Tabela 1.** Skład chemiczny nawozów naturalnych (obornik, gnojówka, gnojowica) oraz pofermentu**Table 1.** The chemical composition of natural fertilizers (manure, liquid manure, slurry) and digestate

Produkt Product	Sucha masa Dry mass %	Zawartość składników, g·kg <sup>-1</sup> świeżej masy The content of the components, g·kg <sup>-1</sup> of fresh mass		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> O
Obornik Manure	21–24	4,6–5,4	2,7–4,4	6,5–6,7
Gnojówka Liquid manure	3–5	1,2–3,5	0,1–0,2	2,8–8,0
Gnojowica Slurry	5–9,5	0,6–8,2	0,2–9,6	0,1–5,1
Poferment Digestate	4–7	3,0–5,0	1,0–1,5	3,5–5,5

Źródło: KOWALCZYK-JUŚKO, SZYMAŃSKA [2015]. Source: KOWALCZYK-JUŚKO, SZYMAŃSKA [2015].

Jedną z najistotniejszych właściwości gleby jest jej odczyn. W dużej mierze odpowiada za rozpuszczalność składników mineralnych, które mają bezpośredni wpływ na wzrost i rozwój roślin oraz mikroorganizmów glebowych [KAROŃ, KULCZYCKI 2003]. W wyniku fermentacji w biogazowni zmienia się odczyn masy pofermentacyjnej. W zależności od stosowanego substratu w świeżej masie określany jest jako zasadowy – pH wynosi od 7,5–8,7. Gnojowica i gnojówka charakteryzują się odczynem kwaśnym (pH 4,0–4,8), natomiast obornik – odczynem obojętnym lub zasadowym (pH ok. 6,9).

Analiza właściwości fizykochemicznych masy pofermentacyjnej pozwala uznać ją za cenne źródło masy organicznej w nawożeniu roślin. Wymierne korzyści stosowania pofermentu jako nawozu można uzyskać między innymi dzięki: wzbogaceniu gleby w łatwiej przyswajalne składniki pokarmowe, ograniczeniu stosowania nawozów mineralnych, możliwości stosowania pofermentu zarówno w formie płynnej, jak i granulatu, pozytywnemu oddziaływaniu na środowisko przyrodnicze poprzez ograniczenie ilości odpadów oraz przeciwdziałaniu emisji gazów i odorów pochodzących z produkcji rolniczej. Prowadzone zatem badania z zakresu właściwości masy pofermentacyjnej i efektów jej stosowania stanowią istotną wiedzę dla rolników oraz motywację do zmiany praktyk rolniczych w nawożeniu użytków rolnych.

Celem badań była analiza właściwości fizykochemicznych gleby pod kątem zawartości azotu, fosforu, potasu oraz pH gleby nawożonej świeżą masą pofermentacyjną i uzyskanymi z niej granulatai.

## METODY BADAŃ

W przeprowadzonych w latach 2016–2017 badaniach zastosowano masy pofermentacyjne pozyskane z dwóch fermentatorów o pojemności 147 dm<sup>3</sup> każdy. Fermentatory znajdowały się w specjalnie przystosowanym do tego magazynie w Stacji Doświadczalnej Wydziału Rolnictwa i Biologii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (SGGW) w Skierniewicach. W pierwszym fermentatorze sub-

stratami były kiszonka z kukurydzy oraz wywar gorzelniany. Powstały poferment nazwano MPF1. W drugim fermentatorze użyto kiszonki z kukurydzy i gnojowicy świńskiej, a powstałą masę pofermentacyjną oznaczono jako MPF2. Pozyskane pofermenty dodatkowo zostały poddane granulacji, w wyniku której uzyskano granulaty z masy MPF1 o nazwie GCF1 oraz z masy MPF2 – granulaty GCF2 (tab. 2). Rośliną testową w doświadczeniu był rzepak ozimy, odmiany Sherlock, zaprawiony zaprawą Cruiser 70 WS.

**Tabela 2.** Schemat doświadczenia

**Table 2.** Experiment scheme

Fermentator Fermenter	Substrat Substrate	Świeża masa Fresh mass	Granulat Granule
1	kukurydza + wywar gorzelniany corn + moist distillers	MPF1	GCF1
2	kukurydza + gnojowica świńska corn + pig slurry	MPF2	GCF2

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Glebę do doświadczenia wazonowego pobrano z wieloletnich doświadczeń nawozowych, prowadzonych w Wydziałowej Stacji Doświadczalnej SGGW w Skierniewicach, według schematu:

- obiekt 0 – gleba nienawożona,
- obiekt NPK – gleba nawożona azotem, fosforem i potasem,
- obiekt CaNPK – gleba wapnowana, nawożona azotem, potasem i fosforem.

Właściwości fizykochemiczne gleb użytych do doświadczeń przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3.** Zawartość azotu, fosforu i potasu w glebie użytej w doświadczeniu oraz jej pH

**Table 3.** Content of nitrogen, phosphorus and potassium of the soil chosen for the experiment and its pH

Obiekt Object	Odczyn gleby Soil reaction pH	Zawartość w glebie Content in soil		
		N g·kg <sup>-1</sup>	P mg·kg <sup>-1</sup>	K mg·kg <sup>-1</sup>
0	4,65	0,84	42,79	41,50
NPK	4,62	1,04	49,21	67,77
CaNPK	6,03	1,11	60,87	60,94

Objaśnienia: 0 = gleba nienawożona, NPK = gleba nawożona azotem, fosforem i potasem, CaNPK = gleba wapnowana, nawożona azotem, potasem i fosforem.

Explanations: 0 = non-fertilized soil, NPK = fertilized with nitrogen, potassium and phosphorus soil, CaNPK = limed soil, fertilized with nitrogen, potassium and phosphorus.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

W nawożeniu stosowane były nawozy mineralne, takie jak: saletra amonowa w dawce  $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , superfosfat potrójny –  $26 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ , sól potasowa wysoko-procentowa –  $91 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$  oraz nawóz magnezowo-wapniowy w ilości  $1,14 \text{ kg Mg} + \text{Ca}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Doświadczenie wegetacyjne przeprowadzone zostało w szklarni SGGW w Warszawie. Otrzymane pofermenty i granulaty zastosowano w dawce odpowiadającej  $170 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Efekt nawozowy testowanych produktów porównywano z obiektami kontrolnymi 0, NPK i CaNPK, nienawożonymi pofermentem.

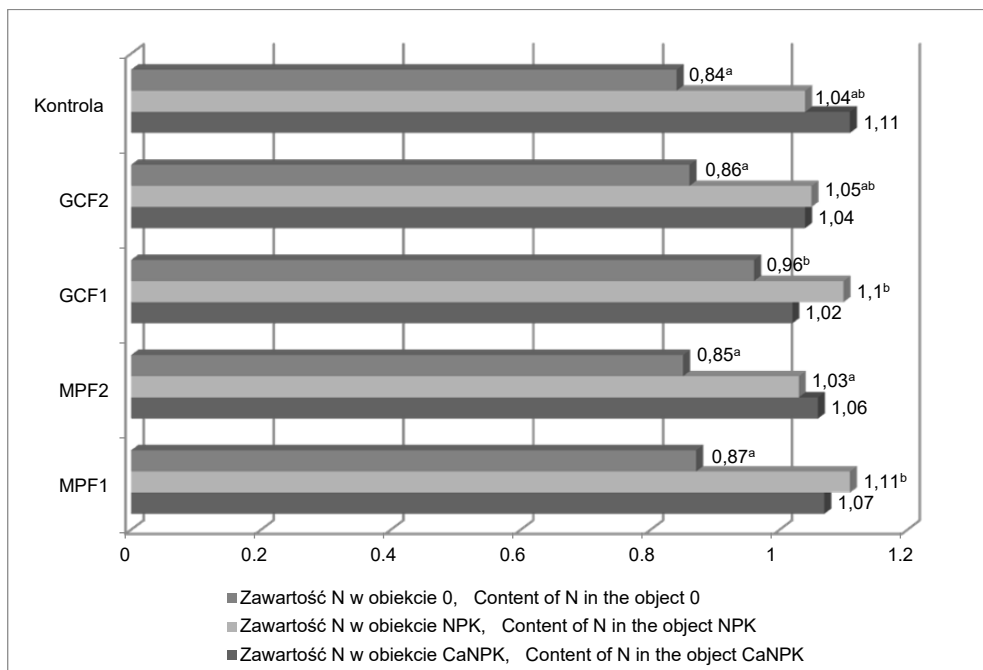
Po zakończonym okresie wegetacyjnym z każdego wazonu pobrano próbki gleby, które następnie przesiano przez sito o średnicy 2 mm. W powietrznie suchych próbach glebowych oznaczono:

- zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla,
- przyswajalne formy P i K metodą Egnera–Riehma,
- pH metodą potencjometryczną w 1-molowym roztworze KCl.

Uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji ANOVA, a podziału grup jednorodnych dokonano testem Tukeya na poziomie istotności  $p < 0,05$ . Analizy statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica 10.0.

## WYNIKI I Dyskusja

Jednym z podstawowych pierwiastków niezbędnych do poprawy jakości gleby i wzrostu roślin jest azot. W przeprowadzonych doświadczeniach (rys. 1) największą statystycznie ( $p < 0,05$ ) zawartość azotu stwierdzono w obiekcie NPK po zastosowaniu pofermentu MPF1 i granulatu GFC1. W obiekcie 0 wykazano istotne statystycznie zwiększenie zawartości azotu po użyciu pofermentu w formie granulatu GFC1. Natomiast w obiekcie CaNPK nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic. Wykazano jedynie tendencję spadkową zawartości azotu w obiektach doświadczalnych w porównaniu z obiektem kontrolnym, czyli nienawożonym pofermentem. Na podstawie obserwacji stwierdzono intensywny wzrost rośliny testowej, co może świadczyć o zwiększonym pobieraniu składników mineralnych, w tym azotu z gleby przez rośliny. Podobne badania przeprowadzili SZYMAŃSKA i in. [2016], którzy badali wpływ dwóch rodzajów pofermentu oraz granulatów z kompostów w formie stałej na wybrane parametry gleb, m.in. pH, azot ogólny, dostępne formy fosforu i potasu. Wykazali istotne zwiększenie plonowania kukurydzy, a zawartość badanych składników była na niezmienionym lub wyższym poziomie. Interesujące wyniki otrzymali również inni autorzy, np. KOUŘIMSKÁ i in. [2012], CHIEW i in. [2015], którzy, na podstawie badań z zastosowaniem pofermentu stwierdzili poprawę jakości roślin i ich odporności na czynniki biotyczne i abiotyczne, zwiększenie zawartości makro- i mikroelementów w glebie i roślinach, a w efekcie większy plon roślin.

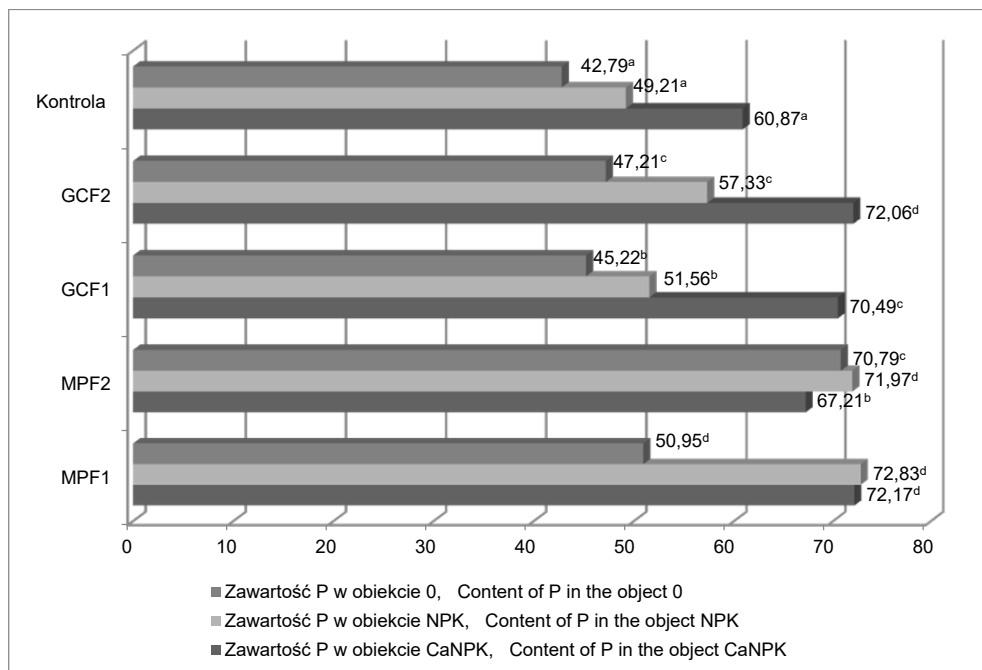


Rys. 1. Zawartość azotu (N) w obiektach 0, NPK oraz CaNPK (g kg<sup>-1</sup>); 0 = gleba nienawożona, NPK = gleba nawożona azotem, fosforem i potasem, CaNPK = gleba wapnowana, nawożona azotem, potasem i fosforem, a, b = różnice istotne statystycznie, gdy  $p < 0,05$ ; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Content of nitrogen (N) in the objects 0, NPK, CaNPK (g kg<sup>-1</sup>); 0 = non-fertilized soil, NPK = fertilized with nitrogen, potassium and phosphorus soil, CaNPK = limed soil, fertilized with nitrogen, potassium and phosphorus statistically significant differences at  $p < 0.05$ ; source: own study

Makropierwiastkami bardzo ważnymi dla wzrostu i rozwoju roślin są także fosfor i potas. Biorą udział m.in. w wielu ważnych procesach, w tym w gospodarce azotowej i wodnej oraz stymulacji asymilacji, dzięki czemu pełnią ważną rolę w odżywianiu mineralnym roślin [KRÓL 2016]. Gleby zagospodarowane pod uprawy rolnicze generalnie odznaczają się bardzo dużą zawartością fosforu ogólnego, natomiast w 20–80% fosfor glebowy występuje w formach organicznych, łatwiej dostępnych dla roślin. RICHARDSON i in. [2009] oraz GŁOWACKA i in. [2017] podają, że w Polsce jedynie ok. 19% gleb charakteryzuje się dużą zawartością fosforu przyswajalnego, a 48% wykazuje niską zasobność w ten składnik.

W badaniach własnych zawartość fosforu różniła się istotnie statystycznie ( $p < 0,05$ ) we wszystkich obiektach (rys. 2). Najmniej fosforu wykazano w obiekcie 0 (kontrolnym). Największe wartości stwierdzono natomiast w obiektach NPK i CaNPK nawożonymi pofermentem MPF1 oraz w obiekcie CaNPK po zastosowaniu granulatu GCF2. Duża zawartość była także w obiektach 0 i NPK nawożonymi świeżą masą MPF2, a także w obiekcie CaNPK, w której zastosowano GCF1.

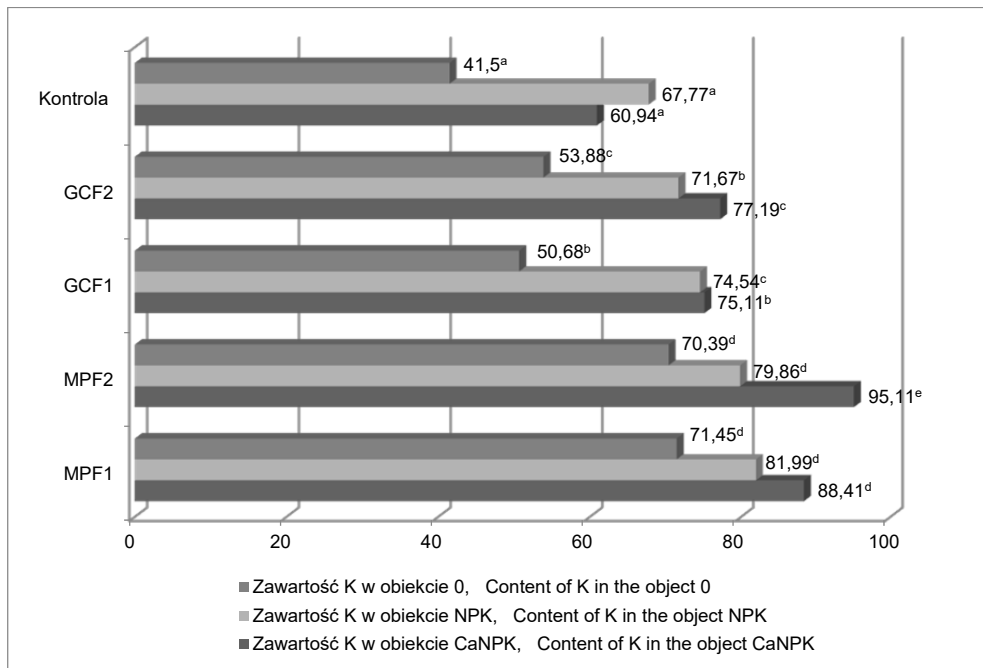


Rys. 2. Zawartość fosforu (P) w obiektach 0, NPK, CaNPK (mg·kg<sup>-1</sup>); objaśnienia jak pod rys. 1; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Content of phosphorus (P) in the objects 0, NPK, CaNPK (mg·kg<sup>-1</sup>); explanations as under Fig. 1; source: own study

Zawartość potasu, podobnie jak fosforu, różniła się istotnie statystycznie ( $p < 0,05$ ) w poszczególnych obiektach (rys. 3). Najwięcej potasu stwierdzono po aplikacji pofermentu w formie świeżej masy (MPF2 i MPF1). Zastosowanie natomiast granulatów również spowodowało zwiększenie zawartości tego pierwiastka w glebach doświadczalnych w stosunku do kontroli, jednak było go statystycznie mniej niż po użyciu świeżej masy. Na podstawie badań stwierdzono zatem, że zawartość fosforu i potasu była w większości prób większa w obiektach po zastosowaniu płynnej formy pofermentu niż po zaaplikowaniu granulatów. Przyczyną takiej sytuacji może być wolniejsza rozpuszczalność granulatów i uwalnianie jednocześnie mniejszych ilości składników. Świeży poferment ze względu na płynną formę szybciej uwalnia składniki do gleby. Może to być istotne w przypadku zastosowania różnych form pofermentu w praktyce. Dlatego granulaty mogłyby być stosowane jako nawóz dla roślin o długim okresie wegetacyjnym.

Czynnikiem determinującym przydatność rolniczą gleb jest odczyn gleby [SZWEJKOWSKA 2000], który ma wpływ na przemianę materii, przyswajalność składników pokarmowych oraz plonowanie roślin. Pożądanym jest zasadowy odczyn nawozu ze względu na ograniczenie zjawiska zakwaszenia gleby [BARTKOWIAK

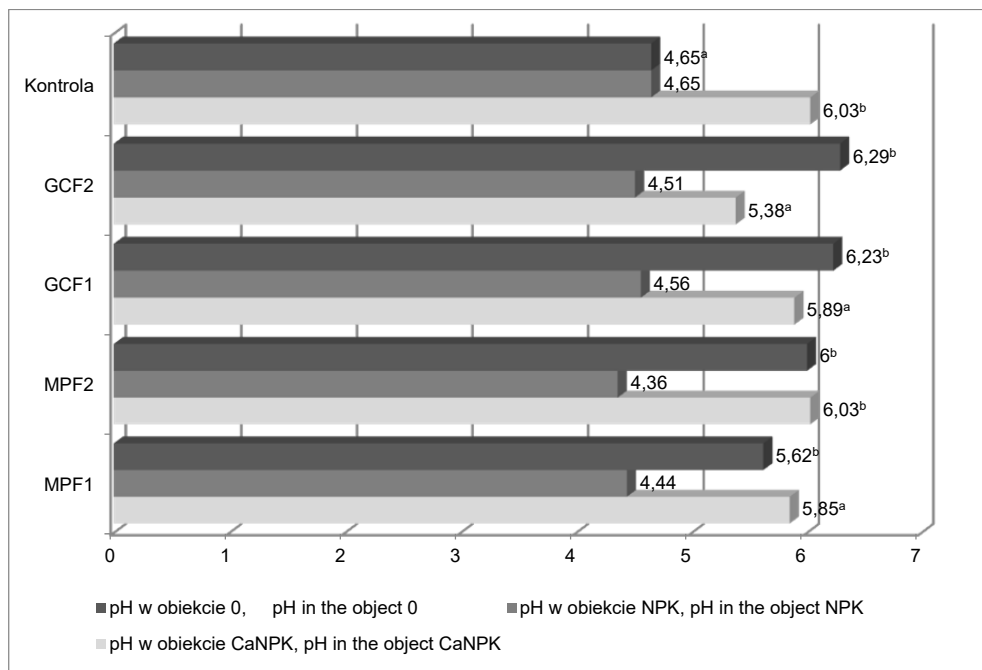


Rys. 3. Zawartość potasu (K) w obiektach 0, NPK, CaNPK (mg kg<sup>-1</sup>); objaśnienia jak pod rys. 1; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Content of potassium (K) in the objects 0, NPK, CaNPK (mg kg<sup>-1</sup>); explanations as under Fig. 1; source: own study

i in. 2017; HOŁUBOWICZ-KLIZA 2006]. Procesy zakwaszania bądź alkalizacji gleb powodowane są zarówno przez czynniki antropogeniczne, jak i przyrodnicze. Większość gleb w Polsce można zaliczyć do zakwaszonych. Udział gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych wynosi ok. 58% powierzchni gruntów ornych [SKOWROŃSKA, FILIPEK 2013]. W badaniach własnych w obiekcie NPK nie wykazano istotnych statystycznie ( $p < 0,05$ ) zmian w wartościach pH zarówno nawożonym, jak i nie-nawożonym pofermentem (rys. 4). Wzrost pH odnotowano natomiast w obiekcie 0 po zastosowaniu granulatów GCF2 i GFC1. W przypadku obiektu CaNPK nawożonego świeżą masą MPF1 oraz GFC1 i GFC2 pH obniżyło się istotnie statystycznie w porównaniu z obiektem kontrolnym, z tym że utrzymywał się na poziomie odczynu lekko kwaśnego. SPYCHAJ-FABISIAK i in. [2007] po zastosowaniu nawozów naturalnych (obornik, pomiot kurzy) nie stwierdzili zmiany wartości pH gleby, które mieściło się w granicach 4,5–4,7. Natomiast nawożenie produktami pofermentacyjnymi powoduje w większości korzystne zmiany pH gleby, zmniejszając ich zakwaszenie.





Rys. 4. pH gleby w obiektach 0, NPK oraz CaNPK; objaśnienia jak pod rys. 1; źródło: wyniki własne

Fig. 4. pH of soil in the objects 0, NPK, CaNPK; explanations as under Fig. 1; source: own study

## WNIOSKI

1. Poferment, zgodnie z oczekiwaniami, korzystnie wpłynął na ważne pod względem użyteczności rolniczej właściwości fizykochemiczne gleby, w tym zawartość azotu, dostępne formy potasu i fosforu oraz zmniejszenie poziomu zakwaszenia gleb.

2. Zastosowanie pofermentu w formie świeżej masy spowodowało istotne statystycznie zwiększenie zawartości azotu w obiekcie NPK, fosforu w obiekcie NPK i CaNPK oraz potasu w obiekcie CaNPK i NPK. Wpłynęło także na zmniejszenie zakwaszenia gleby, w szczególności w obiekcie 0 i CaNPK.

3. Zastosowanie pofermentu w formie granulatu wpłynęło istotnie statystycznie na zwiększenie zawartości azotu w obiekcie NPK i CaNPK, fosforu w obiekcie CaNPK oraz potasu w obiektach NPK i CaNPK. W większym stopniu niż w przypadku płynnego pofermentu wpłynęło na zmniejszenie zakwaszenia gleby, głównie w obiektach 0 i CaNPK.



- 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 [Preliminary research of digestate pulp from biogas plant and its composts as potential organic fertilizers] [online]. *Nauka Przyroda Technologie*. Vol. 9. Iss. 2 [Dostęp 30.09.2017]. Dostępny w Internecie: [http://www.npt.up-poznan.net/tom9/zeszyt2/art\\_19.pdf](http://www.npt.up-poznan.net/tom9/zeszyt2/art_19.pdf)
- PONTUS K. 2014. Osad pofermentacyjny oraz jego wykorzystanie. *Ekoenergetyka – biogaz*. W: *Badania, technologie, prawo i ekonomika w rejonie Morza Bałtyckiego [Post-fermentation sludge and its use. Eco-energy – biogas]*. Red. A. Cenian, J. Gołaszewski, T. Noch. Wydanie w ramach Bałtyckiego Forum Biogazu IV. Gdańsk s. 108–117.
- RICHARDSON A.E., BAREA J.M., MCNEILL A.M., PRIGENT-COMBARET C. 2009. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil*. Vol. 321 s. 305–339.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 stycznia 2015 roku w sprawie procesu odzysku R10 [Regulation of the Minister of the Environment of January 20, 2015 on the recovery process R10]. *Dz.U.* 2015 poz. 132.
- SKOWRONSKA M., FILIPEK T. 2013. Life cycle assessment of fertilizers: A review. *International Agrophysics*. Vol. 28 s. 101–110.
- SPYCHAJ-FABISIAK E., KOZERA W., MAJCHERCZAK E., RALCEWICZ M., KNAPOWSKI T. 2007. Oddziaływanie odpadów organicznych na żyzność gleby lekkiej [Oddziaływanie odpadów organicznych na żyzność gleby lekkiej]. *Agricultura*. Vol. 6(3) s. 69–70.
- SZWEYKOWSKA A. 2000. *Fizjologia roślin [Plant physiology]*. Poznań. Wydaw. Nauk. UAM. ISBN 8323208158 ss. 241.
- SZYMAŃSKA M., NOWACZEWSKA D., ŚWIERZEWSKA E., WRZOSEK-JAKUBOWSKA J., GWOREK B. 2016. Próba oceny właściwości fizykochemicznych gleb nawożonych świeżym i uzdatnionym pofermentem z biogazowni [An attempt to evaluate the physicochemical properties of soils fertilized with fresh and treated digestate from a biogas plant]. *Przemysł Chemiczny*. T. 95. Nr 3 s. 572–576.
- Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu [Act of 10 July 2007 on fertilizers and fertilization]. *Dz.U.* 2007. Nr 147 poz. 1033, tekst. jedn.
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach [The Act of 14 December 2012 on waste]. *Dz. U.* 2013 poz. 21 z późn. zmian.
- WĘGLARZY K., BEREZA M. 2012. Dywersyfikacja produkcji gospodarstwa rolnego dla poprawy rentowności [Diversification of farm production to improve profitability]. *Journal of Agribusiness and Rural Development*. Vol. 2(24) s. 253–262.
- WĘGLARZY K., PODKÓWKA W. (red.) 2010. *Agrobiogazownia [Agricultural biogas plant]*. Grodziec Śląski. Zespół Wydawnictw i Poligrafii IZ-PIB ss. 156.
- WĘGLARZY K., SKRZYŻAŁA I. 2012. Ecological and economic of production of electric Energy from biomass on example of the experimental station of National Research Institute of Animal Production in Grodziec Śląski. *J. Research and Applications in Agriculture Engineering*. Vol. 57 (4) s. 177–182.
- WĘGLARZY K., SKRZYŻAŁA I. 2013. Evaluation of the ecological on the example of biogas plant of the experimental station of National Research Institute of Animal Production in Grodziec Śląski. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 58 (4) s. 218–222.

Milena PIĄTEK, Anna BARTKOWIAK

## ASSESSMENT OF SELECTED PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF SOIL FERTILIZED WITH DIGESTATE

**Key words:** *digestate, fertilization, granulate from digestate, physicochemical properties of soil*

### S u m m a r y

The digestate from agricultural biogas plant is an excellent organic fertilizer for plants. It enriches the soil with better digestible nutrients and also beneficial effects on the natural environment, including the reduction of harmful gases and odors.

The research aimed at the analysis of the physicochemical properties of the soil, in terms of the content of nitrogen, phosphorus, potassium and soil pH fertilized with fresh digestate from agricultural biogas plant and granules obtained from it. In the vegetation experiment, a digestate from two fermenters in fresh form (MPF1 and MPF2) and granules obtained from it (GCF1 and GCF2, respectively) was used. Three soils from persistent fertilization experiments were selected for the study: 0 (non-fertilized soil), NPK and CaNPK. In soils fertilized with various forms of digestate, a statistically significant increase in the content of nitrogen, phosphorus and potassium and a decrease in soil acidity was found. The analysis showed that both the fresh digestate and the granulate obtained from it have a beneficial effect on the physicochemical properties of the soil and can be used as a fertilizer in the cultivation of plants.

**Adres do korespondencji:** dr hab. Anna Bartkowiak, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Zakład Techniki Przetwarzania Biomasy, ul. Biskupińska 67, 60-463 Poznań; tel. 692-397-545, e-mail: a.bartkowiak@itp.edu.pl