

POTENCJAŁ BIOGENNY OBORNIKA JAKO ŹRÓDŁO EMISJI AMONIAKU I ZAGROŻENIA ŚRODOWISKA

Wojciech Krawczyk, Jacek Walczak

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej, 32-083 Balice k. Krakowa

Celem doświadczenia było określenie koncentracji związków biogenych (N,P,K) i wielkości emisji NH_3 z obornika pochodzącego od niosek, tuczników oraz krów, przechowywanego w okresie zimowo-wiosennym. Stwierdzono brak występowania fazy termofilnej w zachodzących przemianach biochemicznych. Najmniejsze straty azotu odnotowano w oborniku bydłowym (0,45 kg /t. św. m.) o dużej zawartości jego formy organicznej. Jednocześnie poziom strat P (1,5 kg /t. św. m.) i K (kg /t. św. m.) był tu najwyższy. Największy poziom emisji i strat związków azotowych określono dla obornika kurzego (2,94 kg /t. św. m.).

Stosowane obecnie systemy utrzymania zwierząt mają znaczny wpływ nie tylko na produktywność i jakość wytwarzanego produktu czy dobrostan zwierząt, ale także mogą stanowić źródło zagrożenia środowiska (Siegford i Powers, 2008). Zastosowanie ściółki, podłóg rusztowych w systemach alkierzowych czy rozwiązania technologiczne dotyczące wentylacji wpływają nie tylko na komfort zwierząt, ale także na wielkość emisji szkodliwych domieszek gazowych, m.in. amoniaku czy dwutlenku węgla. Szkodliwe domieszki gazowe emitowane do atmosfery z fermowego utrzymania zwierząt oraz związki biogenne stosowane doglebowo jako nawozy mogą niekorzystnie oddziaływać lokalnie oraz globalnie na powstawanie kwaśnych deszczy i efekt cieplarniany, eutrofizację wód oraz ich jakość higieniczną (Sommer i in., 2001; Azam i in., 2002). System ściółkowy należy do jednych z najpopularniejszych krajowych rozwiązań pozwalających na utrzymanie różnych gatunków zwierząt, biorąc pod uwagę choćby zagadnienie ich dobrostanu. W przechowywanym oborniku dochodzi do licznych przemian połączeń azotu w szeregu procesów, przede wszystkim amonifikacji, jak również nityfikacji czy denityfikacji. Kierunek tych przemian zależy od wielu czynników fizycznych i chemicznych, a realizowany jest z jednej strony poprzez aktywność ureazy, z drugiej przez mikroflorę obecną w odchodach zwierząt, decydując o nawozowej jakości obornika. Szybkie przeprowadzenie fazy termofilnej, przy jednoczesnym stosunku C:N w zakresie 40–50:1 skutkuje powstaniem wolnodziałających organicznych połączeń pierwiastków biogenych (Goyal i in., 2005;

Rose, 2003; Sasaki i in., 2003; Bicudo i in., 2002; McCrory i Hobbs, 2001; McCulloch i in., 1998). Niekorzystny stosunek C:N w odchodach i oborniku wpływa na zbyt szybką jego mineralizację i słabą retencję azotu w kompleksie sorpcyjnym gleby.

Celem doświadczenia było określenie koncentracji związków biogenych i wielkości emisji NH_3 z obornika pochodzącego od kur, trzody chlewnej i bydła w okresie zimowo-wiosennym, jako potencjalnego zagrożenia środowiskowego.

Material i metody

Materiał doświadczalny stanowił obornik w ilości 5 t/pryzmę, pochodzący od niosek Isa Brown (nieśność 320 jaj), tuczników mieszańców ras pbz × wbp (przyrosty 750 g) oraz od krów mlecznych rasy czb (70% hf) o wydajności 6 tys. litrów mleka. W skład obornika, obok odchodów, wchodziła słoma pszenna nie cięta będąca ściółką w pomieszczeniach inwentarskich. Zwierzęta żywione były zgodnie ze standardami wynikającymi z aktualnych norm żywienia IZ INRA według schematu obowiązującego na fermie. Wartości pokarmowe dla poszczególnych gatunków zwierząt przedstawiono w tabeli 2.

Obornik kurzy, bydłocy i świński przechowywany był przez 3 miesiące w czasie rosnących temperatur, tj. od lutego do kwietnia na płytach obornikowych o identycznych wymiarach $3,0 \times 5,0 \times 2,5$ m. Doświadczenie zostało przeprowadzone w 4 powtórzeniach.

W czasie trwania poszczególnych powtórzeń zbierano dane pomiarowe dotyczące mikroklimatu zewnętrznego oraz właściwości fizyko-chemicznych pryzm: temperatura, wilgotność względna oraz pH. Pomiarzy mikroklimatyczne zostały wykonane za pomocą elektronicznego miernika firmy Testosterm, Testo 9610 w sposób ciągły. Określano także stężenie amoniaku mierzone codziennie o godzinie 8.00, 13.00 i 19.00. Pomiar emisji przeprowadzono fotojonizacyjnym miernikiem gazowym Multi PID II przy wykorzystaniu tuneli aerodynamicznych tzw. "climatic respiration chamber". Konstrukcja oraz wykonanie tuneli pozwalały na uzyskanie w pełni kontrolowanych przepływów na poziomie 1,0 m/s. Dopływ i usuwanie powietrza odbywały się poprzez komputerowo sterowany, nadciśnieniowy system wentylacji. Monitoringowi poddano zarówno skład powietrza wlotowego jak i wylotowego. Dokonano także pomiarów składu obornika (NPK, sucha masa) na początku i na końcu 3-miesięcznego okresu przechowywania.

Uzyskane dane poddano jednoczynnikowej analizie wariancji przy użyciu programu Statgraphics.

Wyniki

Analizując uzyskane w ramach badań wyniki stwierdzono wysoką istotność różnicowania składu początkowego pod względem NPK (tab. 1).

Tabela 1. Początkowa zawartość związków biogennych w oborniku oraz początkowa zawartość suchej masy i wartość pH (N, P, K kg/t św. m.)

Table 1. Initial content of biogenic compounds in manure and initial values of dry matter and pH (N, P, K kg/t fresh matter)

Wyszczególnienie Item	N – całkowity N – total	N – organiczny N – organic	P	K	C:N	s.m. d.m. (%)	pH
Obornik – nioski Layer manure	7,62 aA	4,01 a	0,17 A	0,18 A	20:1	29,5	8,6
Obornik – tuczniaki Fattening pig manure	10,34 bB	5,80 bA	8,35 B	9,58 B	11,95:1	28,44	7,8
Obornik – krowy Cow manure	3,35 cC	2,85 cB	2,35 C	4,92 C	25,09:1	27,00	7,5

a, b, c – wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$).

A, B, C – wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,01$).

a, b, c – values in columns with different letters differ significantly ($P \leq 0,05$).

A, B, C – values in columns with different letters differ significantly ($P \leq 0,01$).

Tabela 2. Wartości dawki pokarmowej dla poszczególnych gatunków zwierząt
Table 2. Rations for different animal species

Wyszczególnienie Item	EM (MJ) ME (MJ)	BO CP (%)
Nioski Layers	11,5	17,50
Tuczniaki Fattening pigs	18,67	16,11
Krowy mleczne Dairy cows	17,5	18,11

Jak wynika z tabeli 2, zapotrzebowanie EM i BO wszystkich gatunków kształtowało się na zbliżonym poziomie.

Znaczny odsetek N-całkowitego stanowi przy tym jego forma organiczna. Najwyższy poziom osiąga ona w oborniku bydlęcym, bo aż 2,85 kg/t św.m. Zasadniczą rolę odgrywa też stosunek C:N. Jego wartość decydowała bowiem o efektywności zachodzących w oborniku przemian mikrobiologicznych i wielkości emisji szkodliwych domieszek gazowych. Optymalny stosunek C:N wynosi 20–30:1, pozwala bowiem na uzyskanie dużej ilości szybko przyswajalnych form azotu. W oborniku pochodzącym od niosek i krów wynosił on odpowiednio 20:1 i 25,09:1. W przypadku obornika tuczniaków był natomiast niższy i jego wartość osiągnęła 11,95:1, o czym zdecydowała wielkość ściółkowania. Ten niekorzystny stosunek C:N miał poważny wpływ na tempo i kierunek zachodzących w przyzmacach przemian. Po 3-miesięcznym okresie przechowywania w okresie zimowo-wiosennym zwiększył się on nieznacznie i wynosił 12,08.

Świadczy to o niewielkim nasileniu pożądaných przemian mikrobiologicznych w oborniku od tuczniaków związanych głównie z namnażaniem mikroflory psychro- i mezofilnej w miejsce termofilnej.

Dowodem tego kierunku przemian jest znaczna redukcja zawartości azotu całkowitego (2,00 kg/t. św. m.), której towarzyszą straty pozostałych obu form tego pierwiastka. Zawartość azotu organicznego zmniejsza się przy tym zaledwie o 0,06 kg/t. św. m., natomiast ogólnego o 2,00 kg/t. św. m. Straty azotu powstają zatem we frakcji mineralnej.

Największym wzrostem wartości C:N odznaczał się obornik niosek, który osiągnął 53,5:1. W oborniku kurzym aktywność przemian biochemicznych osiągnęła najwyższy poziom a konsekwencją była największa emisja amoniaku (2,94 kg/t. św. m.) – blisko dwukrotnie wyższa od tej charakteryzującej obornik tuczników i znacznie przewyższająca wielkość emisji oznaczoną dla obornika krów (0,45 kg/t. św. m.). Jednocześnie w równym udziale spadła zawartość azotu organicznego i mineralnego. Wzrost C:N wskazuje na pozostawanie zasobów węgla na tym samym poziomie, a więc brak aktywności mikroflory tlenowej.

Skład obornika trzody chlewnej charakteryzuje się wysokim udziałem azotu organicznego, stosunkowo trudniej dostępnego dla mikroflory i gorzej rozkładanego przez ureazę. Tym samym to w nim mają miejsce najmniejsze straty azotu przy dużym udziale organicznych form tego pierwiastka (tab. 3). Wszystkie rodzaje obornika odznaczały się natomiast spadkiem zawartości fosforu i potasu oraz suchej masy.

Tabela 3. Straty zawartości związków biogenych w oborniku oraz końcowa zawartość suchej masy i wartość pH (N, P, K kg/t. św. m.)

Table 3. Loss of biogenic compounds from manure and terminal values of dry matter and pH (N, P, K kg/t fresh matter)

Wyszczególnienie Item	N – całkowity N – total	N – organiczny N – organic	P	K	C:N	s.m d.m. (%)	pH
Obornik – nioski Layer manure	2,67 aA	1,72 A	0,05 A	0,04 A	53,5:1	38,5	8,6
Obornik – tuczniki Fattening pig manure	2,00 bA	0,06 B	0,13 B	1,79 aB	12,08:1	37,66	7,4
Obornik – krowy Cow manure	0,38 cB	0,27 C	1,50 C	1,15 bB	23,64:1	31,90	7,1

a, b, c – wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$).

A, B, C – wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,01$).

a, b, c – values in columns with different letters differ significantly ($P \leq 0,05$).

A, B, C – values in columns with different letters differ significantly ($P \leq 0,01$).

Tabela 4. Średnie wartości mikroklimatyczne otoczenia w trakcie przechowywania przyzmu obornika
Table 4. Mean outdoor climate values during manure heap storage

Temperatura Temperature (°C)	Prędkość ruchu powietrza Rate of air movement (m/s)	Wilgotność zewnętrzna Outdoor humidity (%)
13,52±11,2	1,5±1,3	47,18±15,2

Szczególną rolę odgrywa tu oczywiście emisja amoniaku powstającego przy współudziale ureazy. Emisja amoniaku jest głównym źródłem strat tego składnika z obornika. Generalnie straty te są w okresie zimowo-wiosennym znacząco większe niż w letnim.

Tabela 5. Łączna emisja amoniaku (kg/t. św. m.) z obornika za okres 3 miesięcy przechowywania
 Table 5. Total ammonia emissions (kg/t fresh matter) from manure over a 3-month storage period

Wyszczególnienie Item	NH ₃
Obornik – nioski Layer manure	2,94 aA
Obornik – tuczniki Fattening pig manure	2,40 bA
Obornik – krowy Cow manure	0,45 B

a, b – wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$).

A, B – wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,01$).

a, b – values in columns with different letters differ significantly ($P \leq 0.05$).

A, B – values in columns with different letters differ significantly ($P \leq 0.01$).

Niestety, emisja amoniaku wynosząca średnio 2,40 kg/t. św. m. (tab. 5) dla tego rodzaju przyz, świadczy o stosunkowo dużych stratach azotu do atmosfery.

Odczyn pH obornika krów był zasadowy i po 3-miesięcznym okresie przechowywania był taki sam, jak w momencie zakładania przyz (8,6). Potwierdza to niską aktywność mikroflory i bezpieczniejszy dla środowiska udział form organicznych NPK. W przypadku tuczników i krów pH nieznacznie się obniżyło i miało charakter obojętny.

Omówienie wyników

W trakcie przechowywania obornika pochodzącego od niosek, tuczników i krów dochodzi do znaczących strat i zmian form czynnych zawartych w nich pierwiastków biogennych. Poziom redukcji zawartości związków biogennych w oborniku związany jest ściśle z przebiegiem warunków pogodowych, a zwłaszcza termicznych (Krawczyk i in., 2010). Brak fazy termofilnej skutkuje niekorzystnym rozwojem mikroflory mezofilnej oraz utrzymaniem aktywności chemicznej ureazy, a tym samym znaczącej emisji NH₃, która osiągnęła wartość 2,94 kg/t. św. m., co tłumaczy wzrost wartości C:N w przypadku obornika niosek 53,5:1. Różnicę wielkości emisji w przypadku obornika niosek można więc tłumaczyć znaczną redukcją zawartości N-całkowitego, której towarzyszy strata pozostałych form tego pierwiastka, w tym amoniaku.

Obornik trzody chlewnej charakteryzuje się wysokim udziałem azotu organicznego, stosunkowo trudniej dostępnego dla mikroflory i gorzej rozkładanego przez ureazę. Stąd straty azotu są w tym przypadku minimalne. W przypadku zawartości P i K zmiana jest stosunkowo niewielka, w przeciwieństwie do obornika bydłowego, gdzie zmiana zawartości P i K sięga odpowiednio powyżej 50% i 25% składu początkowego, co tłumaczy występowanie w składzie łatwo wymywanych mineralnych połączeń tych pierwiastków i jednocześnie prowadzi do największych strat P i K.

Największymi stratami azotu w postaci emisji amoniaku charakteryzuje się obornik kurzy, przy jednoczesnym najniższym poziomie strat P i K. Rozpatrując zagadnie-

nie strat azotu na drodze emisji gazowych należy stwierdzić, że mają one swoje źródło zarówno w działalności ureazy rodzimej dla odchodów, jak i przemianach mikrobiologicznych zdefiniowanych w procesach amonifikacji, nitryfikacji i denitryfikacji (Petersen i in., 2001; Kim i Patterson, 2003). Każdy z gazów powstających na skutek przemian związków azotu, a wśród nich amoniak, zawartych w odchodach posiada odmienne znaczenie środowiskowe (Aneja, 2000). Amoniak lokalnie przyczynia się do powstawania kwaśnych deszczy i eutrofizacji naturalnych ekosystemów wodnych oraz glebowych. Jest on również silnym odorantem pogarszającym jakość powietrza (Herbut i in., 2010; Chapin i in., 1998).

Piśmiennictwo

- Aneja C. (2000). Characterization of atmospheric ammonia emissions from swine waste storage and treatment lagoons. *J. Geophys. Res. – Atmos.*, 105 (D9): 11535–11545.
- Azam F., Müller C., Weiske A., Benckiser G., Ottow J.C.G. (2002). Nitrification and denitrification as sources of atmospheric nitrous oxide – role of oxidizable carbon and applied nitrogen. *Biol. Fertil. Soils.*, 35: 54–61.
- Bicudo J.R., Schmidt D.R., Gay S.W., Gates R.S., Jacobson L.D., Hoff S.J. (2002). Air quality and emissions from livestock and poultry production/waste management systems. *Nat. Cent. for Manure and Animal Waste Management White Paper. North Carolina Univ.*, 57 pp.
- Goyal S., Dhull S.K., Kapoor K.K. (2005). Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresour. Tech.*, 96 (14): 1584–1591.
- Herbut E., Walczak J., Krawczyk W., Szewczyk A., Pająk T. (2010). Badania emisji odorantów z utrzymania zwierząt gospodarskich. W: *Współczesna problematyka odorów*. Wyd. WNT, pp. 1–14.
- Kim W.K., Patterson P.H. (2003). Effect of minerals on activity of microbial uricase to reduce ammonia volatilization in poultry manure. *Poult. Sci.*, 82 (2): 223–231.
- Krawczyk W., Walczak J., Szewczyk A. (2010). Effect of weather conditions on ammonia emission rates from chicken manure. *Proc. IIIrd Int. Conf.: The impact of environmental conditions – animal welfare, pollutions, economics, Cracow, 25–27.05.2010*, pp. 33–41.
- McCroory D.F., Hobbs P.J. (2001). Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes. *J. Environ. Qual.*, 30 (2): 345–355.
- McCulloch R.B., Few G.S., Murray G.C., Aneja J.P. (1998). Analysis of ammonia, ammonium aerosols and acid gases in the atmosphere at a commercial hog farm in eastern North Carolina, USA. *Environ. Pollut.*, 102: 263–268.
- Petersen S.O., Kristensen K., Eriksen J. (2001). Denitrification losses from outdoor piglet production. *J. Environ. Qual.*, 30: 1051–1056.
- Rose A.J. (2003). Development of an ammonia emission protocol and preliminary emission factor for a central Texas dairy. *Thesis*, 12 pp.
- Sasaki N., Suehara K., Kohoda J., Nakano Y., Yano T. (2003). Effects of C/N ratio and pH of raw materials on oil degradation efficiency in a compost fermentation process. *J. Bios. Bioeng.*, 96 (1): 47–52.
- Siegeford J.M., Powers W. (2008). Environmental aspects of ethical animal production. *Poult. Sci.*, 87: 380–386.
- Sommer S.G., Sogaard H.T., Noller H.B., Morsing S. (2001). Ammonia volatilization from sows on grassland. *Atmos. Environ.*, 35: 2023–2032.

WOJCIECH KRAWCZYK, JACEK WALCZAK

Biogenic potential of manure as a source of ammonia emission and environmental threat

SUMMARY

The aim of the experiment was to determine the concentration of biogenic compounds (N, P, K) and volume of NH_3 emission from laying hen, fattening pig and cow manure stored during the period of increasing ambient temperature. No thermophilic phase was observed during biochemical metabolism. The lowest nitrogen losses were found for cattle manure (0.45 kg/t fresh matter) with a high content of organic nitrogen. At the same time, cattle manure was characterized by the highest losses of P (1.5 kg/t fresh matter) and K (kg/t fresh matter). The highest level of nitrogen compound emission and losses was found for chicken manure (2.94 kg/t fresh matter).

Key words: chicken, pig and cattle manure, biogenic compounds, ammonia emission, storage period