

Opracowanie metod redukcji tlenków azotu z obornika kurzego i świńskiego

Joanna Pawłowska,¹ Agata Szewczyk², Natasza Dobrowolska¹, Jacek Walczak¹

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, ¹Zakład Systemów i Środowiska Produkcji,

²Zakład Hodowli Bydła, 32-083 Balice k. Krakowa

Globalne spożycie mięsa wzrasta wraz ze zwiększeniem populacji ludności na Ziemi i społeczno-ekonomiczną poprawą standardu życia. Tendencja ta utrzymuje się także w Polsce mimo ujemnego przyrostu naturalnego. Dane Eurostatu (2019) przedstawiają Polskę jako lidera produkcji drobiu – wynoszącej aż 16,8% produkcji Unii Europejskiej, natomiast w przypadku wieprzowiny – 8% produkcji UE, plasując tym samym produkcję krajową na czele rankingu europejskiego. Jednocześnie, jak powszechnie wiadomo, fermy drobiu oraz świń są znacznymi emiterami zanieczyszczeń do atmosfery, zwłaszcza że charakteryzują się coraz większym uprzemysłowieniem.

Fermy wielkotowarowe o intensywnej produkcji i zagęszczeniu wpływają na środowisko poprzez produkcję znacznych ilości nawozu zwierzęcego. Główną kwestię w aspekcie środowiskowym stanowi fakt, że inwentarz metabolizuje paszę i deponuje wiele składników pokarmowych do otoczenia w postaci odchodów. Według Oenema i in. (2008), zwierzęta gospodarskie, w zależności od gatunku, przekształcają od 5 do 45% białka zawartego w paszy, tym samym pozostała jej część jest wydalana wraz z moczem i kałem w formie organicznego azotu. W przypadku intensywnej produkcji trzody chlewnej i drobiu straty NH_3 , NO , N_2O i N_2 mogą sięgać ponad 40%. Informacje dotyczące koncentracji produkcji zwierzęcej na poziomie regionów stały się indykatorem wskazującym czy dany obszar może mieć problemy środowiskowe. Źródło zanieczyszczeń stanowią w głównej mierze fermy

przemysłowe zdefiniowane jako instalacje wymagające pozwoleń zintegrowanych, na podstawie którego intensywną produkcję inwentarza określa się poprzez utrzymanie:

- 1) powyżej 40 000 stanowisk dla drobiu;
- 2) powyżej 2000 stanowisk dla tuczników (>30 kg);
- 3) powyżej 750 stanowisk dla macior

– wskazane w Dyrektywie IPPC (ang. *Integrated Pollution Prevention and Control*) – Dyr. Rady UE 96/61/WE.

Wspomniana dyrektywa stanowi najważniejszy akt prawny Unii Europejskiej w dziedzinie ochrony środowiska, definiując tym samym Najlepsze Dostępne Techniki (ang. *Best Available Technique*, BAT) opisane w dokumentach referencyjnych (BREF) przygotowanych w ramach tzw. Paktu Sewilskiego. W odniesieniu do intensywnego chowu drobiu i świń w lutym 2017 r. opublikowano decyzję Komisji UE dotyczącą najlepszych dostępnych praktyk. Zawarte w niej konkluzje odnoszą się do metod ograniczania emisji amoniaku, odorów oraz pyłów wyemitowanych z ferm oraz sposobu ich ograniczania (np. system żywienia zwierząt, zarządzanie obornikiem i gnojowicą) (Decyzja wykonawcza Komisji UE, 2017/302).

Prawidłowe zarządzanie obornikiem wpływa na wielkość strat gazowych oraz możliwości ich redukcji. Gospodarowanie obornikiem jest etapem ciągłym i rozpoczyna się w momencie wytworzenia odchodów przez zwierzęta, poprzez ich przechowywanie, obróbkę aż po nawożenie (Pawłowska i in., 2018). Dlatego, celem pre-

przewodzonych badań było określenie możliwości redukcji emisji tlenków azotu z miejsc przechowywania odchodów pochodzących od tuczników, kur niosek i kurcząt brojlerów przy zastosowaniu modyfikacji/surowców redukujących.

Materiały i metody

Materiał doświadczalny stanowił obornik w ilości 5 t/pryzmę, łącznie 75 t odchodów pochodzących od drobiu i trzody chlewnej. Obornik pochodził od 1600 kurcząt brojlerów linii Cobb, 1500 niosek zestawu towarowego Isa Brown i 1400 tuczników mieszańców pbz x wbp. W skład obornika, poza odchodami, wchodziły w zależności od zastosowanego systemu utrzymania zwierząt także trociny oraz nie cięta słoma pszenna wykorzystywana w pomieszczeniach gospodarskich jako ściółka. Zwierzęta żywiono w oparciu o normy żywieniowe dla poszczególnych gatunków (Normy żywienia drobiu, 2005;

Normy żywienia świń, 2014). Przez cały okres odchowu zwierzęta miały stały i nieograniczony dostęp do poidel z wodą. Układ doświadczenia uwzględniał powszechnie stosowany system oraz czas odchowu drobiu i trzody chlewnej, analogiczny do warunków produkcji towarowej. Przechowywanie obornika odbywało się na płycie gnojowej w przyzmach odpowiadających poszczególnym grupom zwierząt, o wymiarach 3,0 x 2,0 x 1,5 m. Czas przechowywania odchodów wynosił 3 miesiące i przypadał na okres wiosenno-letni (od maja do lipca).

Doświadczenie wykonano w 3 powtórzeniach, a przyzmy obornika poddano odpowiednim modyfikacjom. Pierwsza stanowiła grupę kontrolną bez modyfikacji, a pozostałe 4 zostały pokryte odpowiednio: folią kiszonkarską (kolor: czarno-czarna; grubość: 120 μ), słomą pszenną, filmem olejowym oraz poddane wapnowaniu. Schemat doświadczenia zamieszczono poniżej.

Układ doświadczenia – Experimental design

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Liczba powtórzeń <i>Number of repetitions</i>	Obornik (t) – <i>Manure (tonnes)</i>		
		tuczniaki (pbz x wbp) <i>fattening pigs (PL x PLW)</i>	nioski (Isa Brown) <i>laying hens (Isa Brown)</i>	brojlery (Cobb) <i>broilers (Cobb)</i>
Kontrola – <i>Control</i>	3	15	15	15
Folia kiszonkarska – <i>Silage wrap</i>	3	15	15	15
Olej roślinny – <i>Vegetable oil</i>	3	15	15	15
Wapnowanie – <i>Liming</i>	3	15	15	15
Słoma pszenna – <i>Wheat straw</i>	3	15	15	15

Podczas wykonywania poszczególnych pomiarów przyzmy były pokryte tunelami aerodynamicznymi własnego pomysłu, tzw. *climatic tunnels*. Wlot zastosowanych tuneli był szczelnie połączony z wolnoobrotowym wentylatorem o średnicy 1,0 m oraz wydajności przepływu 1 m/s. Dopływ „świeżego” i usuwanie „zużytego” powietrza były w pełni sterowane poprzez mechaniczny system wentylacji. Dzięki temu szczegółowy monitoring obejmował zarówno skład powietrza wlotowego, jak i wylotowego. Szczegółowe dane pomiarowe

dotyczące mikroklimatu (temperatury zewnętrznej, wilgotności względnej, ruchu powietrza) oraz temperatury wewnętrznej przyzmy zostały zebrane przy pomocy miernika elektronicznego firmy Testosterm – Testo 9610, natomiast poziom emisji tlenków azotu w powietrzu został określony za pomocą fotojonizacyjnego miernika gazowego (ME-XA-1170HCLD) firmy Horiba. Emisja wspomnianych tlenków w jednostce czasu, w przeliczeniu na tonę, została obliczona z objętości przepływu powietrza i występującego w nim stężenia gazu,

podzielonej przez ilość ton obornika.

Zebrane dane opracowano statystycznie przy użyciu pakietu komputerowego Statgraphics 13.0 z zastosowaniem jednoczynnikowej analizy wariancji. Istotność różnic pomiędzy średnimi ustalono testem Duncana.

Wyniki i ich omówienie

W tabeli 1 zawarto wyniki monitoringu zewnętrznych parametrów mikroklimatycznych z okresu przechowywania obornika zwierzęcego w okresie wiosenno-letnim dla kompleksowej oceny bioklimatu w trakcie trwania doświadczenia.

Tabela 1. Średnie wartości parametrów mikroklimatycznych otoczenia w trakcie trzymiesięcznego przechowywania pryzm obornika

Table 1. Mean outdoor climate values during manure heaps storage

Temperatura Temperature (°C)	Prędkość ruchu powietrza Rate of air movement (m/s)	Wilgotność zewnętrzna Outdoor humidity (%)
17,67	2,97	64,55

Dane dotyczące redukcji tlenków azotu z miejsc przechowywania obornika pochodzące od drobiu i trzody chlewnej przedstawia tabela 2. Zgodnie z postawioną hipotezą badawczą, we wszystkich pryzmach zastosowane pokrycia/surowce posiadały potencjał redukcyjny. Najwyższe emisje gazów zaobserwowano w grupie kontrolnej bez modyfikacji we wszystkich rodzajach badanego obornika. W przypadku emisji NO z obornika przykrycie pryzm folią kiszonkarską spowodowało istotne statystycznie zmniejszenie emisji tego gazu we wszystkich grupach. Wykorzystanie folii kiszonkarskiej pozwoliło na ograniczenie emisji NO z obornika świńskiego o 10,63%, z obornika pochodzącego od kur niosek o 11,82%, natomiast od brojlerów o 9,12%. Najniższym potencjałem redukcyjnym, w przypadku tego gazu, charakteryzowała się zastosowana do pokrycia pryzm – słoma. Zastosowanie zabiegów modyfikujących redukcję tlenków azotu z pryzm we wszystkich grupach okazało się bardziej skuteczne w przypadku emisji NO₂. Folia kiszonkarska, olej roślinny, wapnowanie i słoma pszenna wysoko istotnie ograniczyły emisję ditlenku azotu z obornika pochodzącego od poszczególnych grup zwierząt. Najskuteczniejszą metodą redukcji emisji tego gazu w przypadku odchodów pochodzących od trzody chlewnej okazało się zastosowanie wapnowania i przykrycie pryzm warstwą słomy, co ograniczyło emisję odpowied-

nio o 48 i 40% ($P \leq 0,01$). Wapnowanie ograniczyło także istotnie ($P \leq 0,01$) emisję NO₂ z obornika kur niosek, ale największą redukcję z obornika tej grupy, sięgającą 56%, zaobserwowano w pryzmie przykrytej warstwą filmu olejowego. Podobne obserwacje jak w przypadku obornika świńskiego odnotowano w grupie technologicznej brojlerów. Najwyższym potencjałem redukcyjnym ditlenku azotu w tej grupie charakteryzował się zabieg wapnowania, w niewielkim stopniu ustępując pokryciu ze słomy pszennej ($P \leq 0,01$). Zabiegi/modyfikacje te istotnie ograniczyły emisję NO₂ – odpowiednio o 53 i 50%.

Wartości dotyczące średniej emisji tlenków azotu łącznie (NO_x) z obornika pochodzącego od wszystkich grup zwierząt zawarto w tabeli 2. Skuteczność redukcyjną zastosowanych surowców/pokryć, potwierdzoną statystycznie ($P \leq 0,01$) zaobserwowano wyłącznie w grupie technologicznej niosek. Największą redukcję tej frakcji gazowej stwierdzono w przypadku poddania obornika wapnowaniu, który to zabieg wysoko istotnie statystycznie ograniczył emisję NO_x. Pomimo braku statystycznego potwierdzenia wapnowanie wykazywało także tendencję do niższej emisji tlenków azotu łącznie w przypadku obornika świńskiego (18%), natomiast czynnikiem redukującym NO_x w grupie technologicznej brojlerów było pokrycie pryzm folią kiszonkarską (15%) ($P > 0,05$).

Tabela 2. Średnia emisja dobową tlenków azotu z trzymiesięcznego okresu przechowywania obornika dla tuczników, niosek i brojlerów (kg/t)

Table 2. Mean daily emission of nitrogen oxides from fattening pigs, layer hens and broilers manure stored for a three-month period (kg/t)

Wyszczególnienie Item	Grupa technologiczna – Technological group								
	tuczniki – fattening pigs			nioski – layer hens			brojlery – broilers		
	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x
Kontrola Control	0,0301 ^a	0,0106 ^{Aa}	0,0407	0,0296 ^a	0,0123 ^{Aa}	0,0419 ^{Aa}	0,0318 ^a	0,0113 ^{Aa}	0,0430
Folia kiszonkarska Silage wrap	0,0269 ^b	0,0073 ^{Bb}	0,0342	0,0261 ^b	0,0062 ^{BDCb}	0,0332 ^{Ab}	0,0289 ^b	0,0075 ^{Bb}	0,0364
Olej roślinny Vegetable oil	0,0284 ^a	0,0075 ^{Bb}	0,0359	0,0292 ^a	0,0054 ^{Cb}	0,0346 ^{ABab}	0,0314 ^a	0,0069 ^{BCb}	0,0383
Wapnowanie Liming	0,0279 ^{ab}	0,0055 ^{Bc}	0,0334	0,0263 ^{ab}	0,0059 ^{BDCb}	0,0322 ^{Bb}	0,0318 ^a	0,0057 ^{Cc}	0,0375
Słoma pszenna Wheat straw	0,0299 ^a	0,0064 ^{Bbc}	0,0363	0,0296 ^a	0,0075 ^{Dc}	0,0371 ^{ABb}	0,0317 ^a	0,0053 ^{Cc}	0,0370
SEM	0,001	0,0003	0,001	0,001	0,0002	0,001	0,001	0,0002	0,002

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

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

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

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

Analiza średnich wartości temperatury wewnątrz pryzm wykazała różnice między dodatkami/modyfikacjami w obrębie grup doświadczalnych (tab. 3). Największe zróżnicowanie w poziomie średnich temperatur odnotowano w przypadku obornika pochodzącego od trzody chlewnej. W przypadku tej grupy najwyższą średnią temperaturą charakteryzowała się pryzma, która została pokryta folią kiszonkarską, a najniższą pryzma pokryta słomą. Różnica między nimi kształtowała się na poziomie $9,7^{\circ}\text{C}$ ($P \leq 0,01$). Zastosowane czynniki doświadczalne wpłynęły redukująco na temperaturę wewnątrz pryzm w grupie kur niosek. Pomimo braku statystycznego zróżnicowania w tej grupie zaobserwowano wzrost temperatury wewnątrz pryzm po przykryciu ich folią kiszonkarską, olejem roślinnym, słomą czy wapnem (średnio o 2°C). W przypadku obornika od brojlerów najwyższą średnią temperaturą charakteryzowały się pryzmy pokryte

słomą, a najniższą bez zastosowanego neutralizatora. Różnice w obu tych przypadkach były statystycznie wysoko istotne. Według Niraula i in. (2018), temperatura obornika znacznie wpływa na emisję amoniaku (NH_3) i gazów cieplarnianych (GHG). Autorzy wykazali, że emisja NH_3 i GHG wzrasta wraz z temperaturą obornika; najwyższą zaobserwowano w temperaturze 25°C . Według Monteny i in. (2006), obniżenie temperatury składowanego obornika $<10^{\circ}\text{C}$ i przechowywanie go w zimnym klimacie może zmniejszyć emisję CH_4 . Zmiany temperatury osłoniętego obornika mogą mieć wpływ na tempo zachodzących w nim procesów i namnażanie drobnoustrojów. W pryzmach doświadczalnych pochodzących od tuczników i kur niosek, pokrytych folią kiszonkarską odnotowano najwyższe temperatury wewnętrzne. Zjawisko to spowodował fakt, że folia jest materiałem syntetycznym i nieprzepuszczalnym, natomiast powierzchnia materiału kryjącego była koloru

czarnego, co przy ekspozycji słonecznej może powodować nagrzewanie pryzm. Badania VanderZaag i in. (2010) wskazują, że temperatura gnojowicy w izolowanych zbiornikach w okresie jesienno-zimowym była istotnie wyższa niż w zbiornikach nieosłoniętych. Badania wpływu temperatury

wewnętrznej pryzm na tempo przemian zachodzących w oborniku zwierząt gospodarskich oraz wielkość emisji tlenków azotu i rodzaj stosowanych metod redukcyjnych wymagają kontynuacji badań i przeprowadzenia dodatkowych doświadczeń także w okresie jesiennym i zimowym.

Tabela 3. Średnia temperatura wewnętrzna pryzm obornika z trzymiesięcznego okresu jego przechowywania (°C)
Table 3. Mean temperature range inside manure heaps over a three-month storage period (°C)

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Grupa technologiczna – <i>Technological group</i>		
	tuczniki <i>fattening pigs</i>	kury nioski <i>layer hens</i>	brojlery <i>broilers</i>
Kontrola – <i>Control</i>	36,40 ^{ABab}	29,70	32,00 ^{Aa}
Folia kiszonkarska – <i>Silage wrap</i>	42,90 ^{Aa}	32,83	32,15 ^{Aab}
Olej roślinny – <i>Vegetable oil</i>	36,47 ^{ABab}	30,85	38,33 ^{ABa}
Wapnowanie – <i>Liming</i>	40,50 ^{ABa}	32,40	33,02 ^{Aabc}
Słoma pszenna – <i>Wheat straw</i>	33,18 ^{Bb}	30,88	41,06 ^{Bd}
SEM	1,11	0,61	1,04

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

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

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

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

Tlenki azotu pochodzenia rolniczego należą do związków chemicznych silnie reagujących z parą wodną w powietrzu, tworząc tym samym kwasy azotowe, które wraz z opadami atmosferycznymi przedostają się do gleby wywołując eutrofizację ekosystemów (Marcinkowski, 2010). Wyraźna intensyfikacja i maksymalizacja produkcji zwierzęcej ma znaczący wpływ na depozycje szkodliwych zanieczyszczeń do środowiska. Dotyczy to ferm przemysłowych, gdzie chów i hodowla opierają się o utrzymanie bezściołowe (rusztowe), intensywne skarmianie inwentarza paszami wysokobiałkowymi oraz wysokie zagęszczenie zwierząt na jednostce powierzchni. W praktyce rolniczej istnieje wiele typów surowców/okryw stosowanych do redukcji szkodliwych gazów pochodzących ze składowania odchodów zwierzęcych (Montes i in., 2013). Wiadomo bowiem, że skuteczność wykorzystanych reduktorów jest powiązana z właściwo-

ściami użytych materiałów. Powszechnie stosowanymi surowcami naturalnymi są: słoma, oleje roślinne, ekspandowana glina, a także syntetyczne osłony półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne. Badania wykonane w Instytucie Zootechniki PIB wskazują, że w przypadku odchodów bydłych okrywanie pryzm obornikowych może być skuteczną metodą kontrolowania ilości uwalnianych gazów. W zależności od rodzaju pokrycia oraz grupy technologicznej zwierząt redukcja tlenków sięgała nawet 70% (Pawłowska i in., 2018).

Analiza wyników badań własnych wskazuje na najwyższy potencjał redukcyjny dla NO w przypadku zastosowania pokrycia z folii kiszonkarskiej we wszystkich grupach zwierząt. Według Rotz i Oenema (2006), pokrywy nieprzepuszczalne stanowią skuteczną technikę ograniczania GHG z obornika zwierzęcego, jednocześnie prowadząc do produkcji metanu pod warstwą szczelnego tworzywa, który stanowi potencjalne

zagrożenie. Opierając się na tym stwierdzeniu należy zauważyć, że stosowanie nieprzepuszczalnych okryć prowadzi również do procesu fermentacji beztlenowej, a tym samym degradacji materii organicznej z jednoczesnym wytworzeniem dwutlenku węgla i metanu (Marszałek i in., 2011). W innych badaniach stwierdzono z kolei, że okrywanie pryzm tworzywem syntetycznym znacznie ogranicza straty węgla i azotu (Shah i in., 2012). Warto zaznaczyć, że w omawianym doświadczeniu własnym w przypadku produkcji drobiarskiej najniższą emisją tlenków azotu łącznie charakteryzował się obornik brojlerów zabezpieczony folią kiszonkarską, natomiast w przypadku kur niosek – pokryty wapnem. Przepuszczalność, różnice w poziomie uwalnianych gazów z przechowywanego obornika drobiowego są efektem różnych systemów produkcji. Obornik kurzy stanowi kombinację ściółki z piórami, wody i resztek paszy. Zważając na powyższe, właściwości obornika są zróżnicowane nie tylko w obrębie gatunku, ale także między grupami technologicznymi. Większość zanieczyszczeń gazowych pochodzi z rozkładu odchodów, a ich stężenie jest zależne od obsady zwierząt, wydajności wentylacji czy typu ściółki (Broucek, 2018). Przyniesione rezultaty badań wskazują na to, że obornik okryty folią charakteryzuje się wyższą przydatnością w procesie technologicznym nawożenia. Jednocześnie, w praktyce agrotechnicznej nieosłonięte pryzmy nie są zalecane do długotrwałego przechowywania, ponieważ niezabezpieczone są wystawione na działanie warunków atmosferycznych (deszcz), emitują znaczne ilości odorów i gazów cieplarnianych oraz przyciągają insekty.

Zastosowanie szeroko dostępnego wapna nawozowego wykazuje działanie minimalizujące potencjalny negatywny wpływ na środowisko

(redukcja tlenków azotu), a także poprawia właściwości obornika, ograniczając jednocześnie konieczność stosowania kosztownych zabiegów technicznych. W badaniach własnych zabieg wapnowania w największym stopniu przyczynił się do redukcji tlenków azotu łącznie (NO_x) z obornika kur niosek (23%). Według Mituniewicz i in. (2016), dodatek nadtlenu wapnia do ściółki może poprawić właściwości obornika kurzego. Autorzy wspomnianych badań w celu utrzymania optymalnych parametrów fizykochemicznych ściółki zastosowali dodatek CaO_2 w ilości 2 g/l m^2 powierzchni kurnika podczas 6-tygodniowego cyklu produkcyjnego brojlerów. Wyniki badań wskazują na stabilizację mikroflory ściółki oraz poprawę wartości nawozowej wyprodukowanego obornika.

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników można przedstawić następujące uogólnienia dotyczące skuteczności zastosowanych metod redukcyjnych. Po przeprowadzeniu porównania wartości dotyczących średniej emisji wszystkich tlenków azotu należy stwierdzić, że wszystkie zastosowane pokrycia/surowce posiadały potencjał redukcyjny.

Z przeprowadzonych badań wynika, że różnice w skuteczności zastosowanych metod/surowców w redukcji tlenków azotu zależą od źródła obornika, natomiast selektywność redukcji jest spowodowana różnicą w zawartości azotu w odchodach zwierzęcych w zależności od kategorii zwierząt gospodarskich oraz technologii ich chowu. Optymalizacja zarządzania obornikiem zwierzęcym i jego efektywne wykorzystanie mogą przyczynić się do wprowadzenia praktyk redukcyjnych w produkcji rolniczej oraz zmniejszenia emisji szkodliwych gazów do środowiska.

Literatura

- Broucek J. (2018). Nitrous oxide release from poultry and pig housing. *Pol. J. Environ. Stud.*, 27: 467–479.
- Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2017/302 z dnia 15 lutego 2017 r. ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE (notyfikowana jako dokument nr C(2017) 688).

- Dyrektywa Rady 96/61/WE z 24 września 1996 r. w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń (Dyrektywa IPPC).
- EUROSTAT (2019). <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20190325-1>, dostęp 25.03.2019.
- Marcinkowski T. (2010) Emisja gazowych związków azotu z rolnictwa. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, t. 10, z. 3: 175-189.
- Marszałek M., Banach M., Kowalski Z. (2011). Utylizacja gnojowicy na drodze fermentacji metanowej i tlenowej – produkcja biogazu i kompost. *Czas. Tech. Chem.*, 108, 2-Ch: 143–158.
- Mituniewicz T., Piotrowska J., Sowińska J., Mituniewicz E., Iwańczuk-Czernik K., Wójcik A. (2016). Effect of calcium peroxide (CaO₂) addition to poultry litter on the parameters of its physicochemical, microbiological and fertilising quality. *J. Elem.*, 21: 1327–1341.
- Monteny G.J., Bannik A., Chadwick D. (2006). Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 112: 163–170.
- Montes F., Meinen R., Dell C., Rotz A., Hristov A., Oh J., et al. (2013). SPECIAL TOPICS: Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: II. A review of manure management mitigation options. *J. Anim. Sci.*, 91: 5070–5094.
- Niraula S., Rahman S., Chatterjee A. (2018). Temperature response of ammonia and greenhouse gas emission from manure amended silty clay soil. *Acta Agr. Scand. B-S. P.*, 68: 663–677.
- Normy żywienia drobiu (2005). Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. S. Smulikowska i A. Rutkowski (red.), wyd. 4, IFiZZ PAN, Jabłonna.
- Oenema O., Bannink A., Sommer S.G., Velthof G.L. (2008). Chapter 10. Gaseous nitrogen emissions from livestock farming systems. In: R.F. Follett & J.L. Hatfield (eds). *Nitrogen in the environment: sources, problems, and management*. Amsterdam etc., Elsevier; pp. 255–289.
- Pawłowska J., Szewczyk A., Walczak J., Krawczyk W. (2018). Opracowanie metod redukcji tlenków azotu z obornika bydła mlecznego. *Wiad. Zoot.*, LVI, 2: 23–29.
- Rotz C.A., Oenema J. (2006). Predicting management effects on ammonia emissions from dairy and beef farms. *Trans. ASABE*, 49: 1139–1150.
- Shah G.M., Groot J.C.J., Oenema O., Lantinga E.A. (2012). Covered storage reduces losses and improves crop utilization of nitrogen from solid cattle manure. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 94: 299–312.
- VanderZaag A.C., Gordon R.J., Jamieson R.C., Burton D.L., Stratton G.W. (2010). Permeable synthetic covers for controlling emissions from liquid dairy manure. *Appl. Eng. Agric.*, 26: 287–297.
- Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń (2015). Praca zbiorowa E.R. Greła i J. Skomial (red.). Wyd. II. IFiZZ PAN, Jabłonna.

DEVELOPMENT OF METHODS TO REDUCE NITROGEN OXIDES FROM STORED POULTRY AND PIG MANURE

Summary

Given the current knowledge of greenhouse gas emissions from agriculture, the purpose of this study was to determine the potential for reducing nitrogen oxides from manure storage. The study aimed to assess the effectiveness of four treatments in reducing nitrogen oxides from fertilizer from pigs, laying hens and broilers. They included: wheat straw, silage film, vegetable oil and liming. Gas emissions were measured in a wind tunnel using a gas meter. All treatments have proved effective in reducing nitrogen oxides from manure. Silage films and liming were the most effective materials. It has been observed that the effectiveness of nitrogen oxide emission reduction treatments depends on the species and technological group of animals.

Key words: manure, broilers, layer hens, pigs, nitrogen oxide, reduction of emissions