

INSTYTUT ZOOTECHNIKI
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Ewa Sosnówka-Czajka, Iwona Skomorucha,
Katarzyna Połtowicz, Jolanta Calik, Józefa Krawczyk,
Joanna Nowak, Joanna Obrzut

**METODY OGRANICZENIA
SZKODLIWEGO WPŁYWU CHOWU
KUR NIEŚNYCH I KURCZĄT BROJLERÓW
NA ŚRODOWISKO**

MONOGRAFIA

Grupa operacyjna:
„Redukcja GHG w chowie drobiu i produkcji jaj”

Projekt:
*„Przyjazna dla klimatu technologia produkcji wysokiej jakości jaj
i mięsa drobiowego w oparciu o innowacyjne metody redukcji
emisji szkodliwych gazów
z fermy do środowiska”*

Kraków 2025

**INSTYTUT ZOOTECHNIKI
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

32-083 Balice, ul. Krakowska 1 tel. +48 12 3572700
www.iz.edu.pl e-mail: sekretariat@iz.edu.pl

DYREKTOR INSTYTUTU ZOOTECHNIKI PIB
dr inż. Tomasz Jacek

Praca zbiorowa pod redakcją:
dr inż. Ewy Sosnówki-Czajki
dr inż. Iwony Skomoruchy

Recenzenci monografii:
prof. dr hab. Anna Wójcik
prof. dr hab. Eugeniusz Herbut

Autor zdjęć na okładce:
dr inż. Ewa Sosnówka-Czajka

Ark. wyd: 6,8

ISBN 978-83-7607-460-3

ZESPÓŁ WYDAWNICTW IZ PIB

Opracowanie redakcyjne: *mgr Magdalena Bielska*
Projekt okładki i skład tekstu: *mgr Bogusława Krawiec*

Druk: Poligraficzny Zakład Usługowy DRUKMAR, Zabierzów

WSTĘP

Działalność człowieka, w tym nowoczesne rolnictwo, przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych. Gazy cieplarniane (GHG – ang. greenhouse gases) to związki chemiczne obecne w atmosferze, które zatrzymują i emitują ciepło przyczyniając się do efektu cieplarnianego i zmian klimatu. Gazy te pozwalają na przenikanie większości promieniowania słonecznego docierającego do Ziemi i jednocześnie mogą zapobiegać promieniowaniu lub odbijaniu ciepła od Ziemi, a tym samym powodować ocieplenie atmosfery. W wyniku zdolności do zatrzymywania energii słonecznej w atmosferze dochodzi do zmian bilansu energetycznego i wzrostu temperatury na powierzchni Ziemi. Naturalny efekt cieplarniany jest niezbędny do utrzymania życia na Ziemi, jednak jego nasilenie prowadzi do globalnego ocieplenia i poważnych konsekwencji dla środowiska. Wpływ GHG na efekt cieplarniany mierzony jest za pomocą współczynnika globalnego ocieplenia (GWP). Do najważniejszych gazów cieplarnianych należą: dwutlenek węgla (CO_2), metan (CH_4), podtlenek azotu (N_2O), para wodna (H_2O) oraz fluorowane gazy cieplarniane (F-gazy), takie jak: wodorofluorowęglowodory (HFC), perfluorowęglowodory (PFC) oraz sześćiofluorek siarki (SF_6).

Zmiany stężenia GHG w atmosferze mogą być zarówno wynikiem procesów naturalnych jak i działalności człowieka, przy czym F-gazy to jedyna grupa gazów cieplarnianych objętych Protokołem z Kioto, które nie występują naturalnie, lecz są sztucznie wytwarzane przez człowieka. Fluorowane gazy cieplarniane są stosowane między innymi jako czynniki chłodnicze w chłodnictwie i klimatyzacji, w elektronice i w przemyśle chemicznym, zawierają w swej cząsteczce fluor oraz odznaczają się wysokim lub bardzo wysokim współczynnikiem globalnego ocieplenia (GWP), przez co istotnie wpływają na zmiany klimatu.

Gazy cieplarniane budzące szczególne obawy to dwutlenek węgla, podtlenek azotu, metan, wodorofluorowęglowodory i sześćiofluorek siarki. Najważniejszym gazem cieplarnianym, odpowiadającym za około 75% globalnych emisji jest dwutlenek węgla. Powstaje on głównie w wyniku spalania paliw kopalnych, wylesiania i procesów przemysłowych. Globalne stężenie CO_2 w atmosferze wzrosło od czasu rewolucji przemysłowej o około 36%, a wzrost ten wynika przede wszystkim ze spalania paliw kopalnych. Metan emitowany jest głównie podczas hodowli zwierząt (np. w wyniku fermentacji w układzie pokarmowym bydła), upraw ryżu, składowania odpadów oraz wydobywania paliw kopalnych. Gaz ten w perspektywie 100 lat ma około 28 razy większy potencjał cieplarniany niż CO_2 . Podtlenek azotu pochodzi głównie z rolnictwa (jest uwalniany np. przy stosowaniu nawozów azotowych), spalania biomasy oraz procesów przemysłowych. Głównymi gazami cieplarnianymi emitowanymi przez

działalność rolniczą są dwutlenek węgla, metan i podtlenek azotu (Johnson i in., 2007).

Wzrost emisji gazów cieplarnianych ma istotny wpływ na klimat i środowisko naturalne przyczyniając się do wzrostu średnich temperatur i globalnego ocieplenia, co w konsekwencji prowadzi np. do topnienia lodowców, podnoszenia się poziomu mórz i oceanów oraz zakłóceń w globalnych systemach klimatycznych. Coraz częściej mają też miejsce ekstremalne zjawiska pogodowe takie jak fale intensywnych upałów, susze, powodzie, burze i huragany, które zagrażają ekosystemom i infrastrukturze. Zmiany w ekosystemach niosą za sobą zakłócenia w rozmieszczeniu wielu gatunków roślin i zwierząt, utratę siedlisk, zmianę źródeł pożywienia, zaburzenia w migracjach i cyklach rozrodczych. Niektóre gatunki mogą mieć też duże trudności w przystosowaniu się do szybko zmieniających się warunków, co może doprowadzić do zmniejszenia bioróżnorodności i destabilizacji całych ekosystemów. Gazy cieplarniane, zwłaszcza dwutlenek węgla, metan i podtlenek azotu, mają złożony wpływ na rośliny (Parmesan i Hanley, 2015). Zwiększone stężenie CO₂ może na krótką metę pobudzać fotosyntezę, co może skutkować większym przyrostem biomasy. Jednak długoterminowo skutki zmian klimatu indukowanych przez GHG są głównie negatywne. Badania pokazują, że wzrost temperatur prowadzi do wcześniejszego rozpoczęcia sezonu wegetacyjnego, zmian fenologicznych i przesunięć zasięgu gatunków roślin ku wyższym szerokościom geograficznym i większym wysokościami n.p.m. Zmiany terminów rozwoju roślin i wcześniej rozpoczęta wegetacja może prowadzić do niedostosowania się do lokalnych warunków klimatycznych i zakłócenia relacji ekologicznych, takich jak zapylanie. Wzrost temperatur i zmiany opadów pogarszają warunki wodne i cieplne, a także sprzyjają rozwojowi chorób oraz szkodników. Przykładowo, owady roślinożerne zwiększają liczbę pokoleń i odporność na pestycydy, a zmiany w metabolizmie roślin obniżają ich odporność na żerowanie (Juroszek i Tiedemann, 2013). Gazy cieplarniane wpływają także na epigenom roślin, co może prowadzić do trwałych zmian w ekspresji genów, wpływających na odporność i produktywność upraw, co jest szczególnie istotne w kontekście bezpieczeństwa żywnościowego (Mishra i in., 2022). Ogólnie, zmiany klimatyczne prowadzą do przesunięć zasięgów geograficznych gatunków, przekształceń ekosystemów i zwiększonego ryzyka wyginięcia niektórych roślin, co ma fundamentalne znaczenie dla rolnictwa, bioróżnorodności i ekosystemów.

Wzrost emisji gazów cieplarnianych ma również wpływ na zdrowie ludzi. Zmiany klimatyczne zwiększają ryzyko występowania chorób układu oddechowego i układu krążenia oraz mają wpływ na zdrowie psychiczne. Mogą też wpływać na występowanie chorób zakaźnych np. przez zmieniające się warunki sanitarne lub poprzez zmiany w rozprzestrzenianiu się wektorów chorób. Ponadto, ekstremalne zjawiska pogodowe mogą powodować klęski żywiołowe, które zagrażają życiu i zdrowiu ludzi, a także wzniesąć problemy społeczne i ekonomiczne wynikające z migracji klimatycznej czy strat w plonach.

Wzrost emisji gazów cieplarnianych wpływa także na dostępność zasobów naturalnych, takich jak woda i gleba. Zmiany klimatyczne mogą prowadzić do zmian w cyklach opadowych, zmniejszenia dostępności wody pitnej czy przyspieszenia procesów erozyjnych. To z kolei może mieć negatywny wpływ na produkcję rolną powodując obniżenie plonów, zaburzenia w cyklach upraw, wzrost kosztów produkcji oraz ograniczenie dostępności żywności i zaburzenia w zrównoważonym wykorzystaniu zasobów naturalnych.

Uważa się, że hodowla zwierząt gospodarskich jest jednym z głównych czynników przyczyniających się do globalnej ilości emisji gazów cieplarnianych (GHG) emitowanych w wyniku działalności człowieka. Produkcja mięsa (zwłaszcza wołowiny i baraniny) wiąże się z wysokimi emisjami metanu i N_2O . Przemysł mleczarski również emituje znaczne ilości GHG, głównie przez fermentację jelitową i obornik. Produkcja zwierzęca powoduje także znaczne zużycie zasobów – pochłania około 30% globalnej powierzchni ziemi (pastwiska i uprawy pasz) oraz znaczne ilości wody (15 000 litrów wody do produkcji 1 kg wołowiny). Przyczynia się też znacząco do degradacji środowiska: wylesiania, szczególnie w Amazonii (np. pod pastwiska i uprawy soi na paszę), zanieczyszczenia wód (spływy azotanów i fosforanów z obornika) oraz zubożenia bioróżnorodności (przekształcanie naturalnych siedlisk w grunty rolne).

Produkcja zwierzęca przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych do atmosfery zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio (IPCC, 2006). Szacowane emisje w tym sektorze wynoszą ponad 7,1 Gt ekwiwalentu CO_2 rocznie, co stanowi 14,5% całkowitych antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych (Gerber i in., 2013a; Rojas-Downing i in., 2017). Emisje te można sklasyfikować w oparciu o ich źródło. Większość bezpośrednich emisji CO_2 z produkcji zwierzęcej pochodzi zazwyczaj z wykorzystania paliw kopalnych w piecach lub spalarniach oraz wykorzystanych do obsługi różnego rodzaju sprzętu i generatorów. Wykorzystanie energii elektrycznej w gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą skutkuje emisjami pośrednimi, ponieważ emisje te nie występują na miejscu. Bezpośrednie emisje z sektora hodowlanego to np. fermentacja jelitowa, gospodarowanie obornikiem czy zużycie energii. Emisje pośrednie powstają przy produkcji paszy czy obsłudze urządzeń uczestniczących w procesach koniecznych do uzyskania produktu końcowego. Emisje te to głównie dwutlenek węgla (5–9%), metan (35–44%) i podtlenek azotu (53–65%) (Rojas-Downing in., 2017).

Obecnie największe zaniepokojenie budzi sektor przeżuwaczy (bydło, kozy i owce), a zwłaszcza produkcja wołowiny i mleka ze względu na ich największy udział w emisjach gazów cieplarnianych pochodzących od zwierząt gospodarskich (odpowiednio 41% i 21%). Jednak gatunki monogastryczne takie jak drób i świnie również w znacznym stopniu przyczyniają się do tych emisji. Wiele gatunków tych zwierząt charakteryzuje się zdolnością do szybkiego wzrostu, co zwiększa ich zastosowanie w uprzemysłowionych systemach chowu. Należą do nich kurczęta brojlery,

cenione ze względu na szybki wzrost i preferencje żywieniowe konsumentów, oraz kury nioski.

Produkcja drobiarska poprzez dostarczanie jaj i mięsa drobiowego stanowi istotne źródło zaopatrzenia ludzi w białko. Produkty drobiarskie odgrywają znaczącą rolę w diecie, a wielu konsumentów rezygnuje z mięsa czerwonego na rzecz drobiu. Również i jaja stanowią ceniony surowiec i produkt spożywczy. Chociaż sektor drobiarski jest dobrze rozwinięty na całym świecie, istnieje błędne przekonanie, że ma on niewielki wpływ na środowisko i potencjalne globalne ocieplenie (ekwiwalent CO_2), gdyż w przeciwieństwie do przeżuwaczy, w procesach trawiennych ptaków nie jest wytwarzany metan. Jednak rozwój przemysłowych technologii chowu i hodowli drobiu w wymiarze lokalnym, jak i globalnym negatywnie wpływa na stan środowiska naturalnego (Piotrowicz-Cieślak i in., 2023). Problemy związane z użytkowaniem drobiu odnoszą się do takich zagrożeń, jak emisja amoniaku i gazów cieplarnianych, stymulowanie procesu eutrofizacji oraz trudności w racjonalnym zagospodarowaniu obornika, pomiotu i odpadów poubojowych. Produkcja drobiarska, choć niezwykle efektywna pod względem zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego, wiąże się z licznymi wyzwaniem środowiskowymi, szczególnie w zakresie emisji gazów cieplarnianych, zanieczyszczeń oraz gospodarowania odpadami. Główne emisje pochodzące z ferm drobiu to amoniak (NH_3), siarkowodór (H_2S), dwutlenek węgla (CO_2), metan (CH_4), podtlenek azotu (N_2O), kwasy organiczne i inne związki odorowe (Augustyńska-Prejsnar i in., 2018), z których każdy ma znaczący wpływ na zmiany klimatu, eutrofizację oraz zakwaszenie środowiska. Według Gerber i in. (2013b) sektor drobiarski odpowiada za 8% emisji w całym sektorze hodowlanym. Emisje te są jednak wyższe, jeśli dotyczą konkretnych krajów, takich jak Korea Południowa czy Chiny. Zgodnie z wcześniejszymi badaniami około 50% emisji pochodzących z sektora drobiarskiego powstaje na etapie chowu (produkcja jaj lub żywca drobiowego) (Akmati i in., 2023). Przeprowadzono też wiele badań dotyczących wpływu sektora drobiarskiego (produkcja jaj/mięsa) na środowisko, biorąc pod uwagę różne systemy chowu i metody szacowania. Według Nielsena i in. (2011) produkcja 1 kg brojlerów dodaje 3,85 kg ekwiwalentu CO_2 do potencjału tworzenia efektu cieplarnianego. Najniższą emisją charakteryzowała się produkcja jaj wylęgowych (0,39 kg ekwiwalentu CO_2) w porównaniu z produkcją brojlerów lub procesem uboju (odpowiednio 2,94 kg i 0,52 kg ekwiwalentu CO_2). W innych badaniach wskazano na podobne wartości, ale wyniki nie są łatwo porównywalne ze względu na różne metody oceny, wielkość badanego obszaru, skalę produkcji i liczbę badanych cykli produkcyjnych lub granice systemu rolniczego stosowane podczas oceny. Dobrą praktyką jest określenie odpowiedniej metody szacowania poziomu emisji dla każdej kategorii źródeł, a następnie oparcie jej na najbardziej szczegółowych danych określonych dla każdego gatunku, typu użytkowego i grupy technologicznej zwierząt (Penman i in., 2000).

Gazy cieplarniane emitowane są z pomieszczeń drobiarskich, w których odbywa się produkcja jaj, mięsa drobiowego oraz z miejsc składowania i stosowania

obornika jako nawozu. Największy udział w całkowitej emisji GHG w produkcji drobiarskiej stanowi produkcja paszy, w tym podtlenek azotu pochodzący z upraw roślin paszowych. Największe emisje w samym gospodarstwie są natomiast wynikiem wykorzystywania paliw płynnych do ogrzewania kurnika oraz gospodarowania obornikiem (Dunkley i Dunkley, 2013). W przypadku kurcząt brojlerów produkcja paszy odpowiada za 78% emisji GHG, bezpośrednie zużycie energii w gospodarstwie 8%, przetwórstwo i transport mięsa 7% oraz przechowywanie/przetwarzanie obornika 6%. W przypadku kur nieśnych produkcja paszy odpowiada za 69% emisji, bezpośrednie zużycie energii w gospodarstwie 4%, przetwórstwo i transport mięsa 6% oraz składowanie i przetwarzanie obornika 20%. Według innych szacunków, emisje GHG po zakończeniu cyklu produkcyjnego brojlerów stanowią ponad połowę emisji związanych z produkcją mięsa drobiowego, podczas gdy w odniesieniu do kur nieśnych i produkcji jaj mniej niż jedną czwartą.

Produkcja drobiarska, choć istotna dla gospodarki, może negatywnie wpływać na środowisko m.in. poprzez emisję gazów cieplarnianych, zanieczyszczenie wód i gleby, a także generowanie odpadów. Odpady organiczne, takie jak pomiot i ściółka, są nośnikami licznych zanieczyszczeń i patogenów. W wyniku ich niewłaściwego składowania lub wykorzystania może dojść do zanieczyszczenia gleby, wód gruntowych i powietrza, a także do rozwoju wielolekoopornych szczepów bakterii (Piotrowicz-Cieślak i in., 2023). Szacuje się, że intensywne systemy chowu, skupione przestrzennie, produkują znacznie więcej odpadów, niż mogą bezpiecznie zutylizować w miejscu ich powstania. Co więcej, intensyfikacja produkcji wiąże się z wysokim stężeniem pyłu zawierającego cząstki skóry, piór, odchodów i paszy, co negatywnie wpływa na zdrowie ludzi i zwierząt. I chociaż produkcja organiczna drobiu postrzegana jest jako bardziej zrównoważona, także ona wiąże się z emisjami i zagrożeniami dla środowiska, a jej kontrola może być trudniejsza niż w systemach przemysłowych.

Produkcja drobiarska w Polsce podlega rygorystycznym przepisom mającym na celu ograniczenie zanieczyszczenia środowiska – gleby, powietrza i wód. Regulacje te wynikają zarówno z prawa krajowego, jak i unijnego, a ich przestrzeganie jest kluczowe dla zrównoważonego rozwoju sektora. Kluczowe akty prawne z tego zakresu to Dyrektywa 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych i emisji pochodzących z chowu zwierząt gospodarskich (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola). Określa ona obowiązek stosowania najlepszych dostępnych technik (BAT) w celu ograniczenia emisji zanieczyszczeń z ferm drobiu. Dyrektywa NEC (2016/2284/UE) w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zobowiązuje państwa członkowskie do redukcji emisji amoniaku (NH_3), tlenków azotu (NO_x), pyłów $\text{PM}_{2,5}$ i innych zanieczyszczeń powietrza. W Polsce implementowana została ustawą z 4 lipca 2019 r. Emisje do powietrza, hałas, ochronę wód i gleby oraz gospodarowanie odpadami reguluje Ustawa Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2021 poz. 1973). Ustawa o nawozach i nawożeniu (Dz.U.

2020 poz. 796) określa zasady stosowania nawozów naturalnych, w tym pomiotu kurzego, z uwzględnieniem ochrony wód gruntowych i powierzchniowych. Wymogi środowiskowe dla ferm drobiu są także regulowane następującymi przepisami prawa: Pozwolenie zintegrowane – obowiązkowe dla ferm powyżej 40 000 stanowisk dla drobiu. Określa ono m.in. dopuszczalne emisje, sposób postępowania z odpadami i ściekami oraz warunki poboru wód. Już na etapie planowania inwestycji, szczególnie dla dużych ferm, wymagana jest ocena oddziaływania na środowisko (OOS) uwzględniająca m.in. wpływ inwestycji na wody gruntowe i powierzchniowe.

Aby zminimalizować negatywne oddziaływanie ferm drobiu na środowisko, stosuje się szereg zaleceń i dobrych praktyk, zgodnych z unijnymi i krajowymi regulacjami. Należą do nich m.in. zarządzanie odpadami i nawozami naturalnymi, efektywne zarządzanie zasobami, praktyki ograniczające zanieczyszczenia, w tym optymalizacja żywienia, tworzenie zielonych stref buforowych, edukacja i podnoszenie świadomości ekologicznej producentów. Strategiczne podejście do gospodarowania pomiotem (np. kompostowanie, fermentacja beztlenowa) oraz technologiczne usprawnienia przetwarzania mogą znacząco zredukować wpływ branży drobiarskiej na środowisko. Przechowywanie pomiotu drobiowego powinno się odbywać w zadaszonych, szczelnych magazynach, aby ograniczyć emisję amoniaku i zanieczyszczenie wód gruntowych. W celu utylizacji pomiotu stosuje się metody takie jak kompostowanie, fermentacja beztlenowa czy granulowanie, które przekształcają odpady w bezpieczne nawozy organiczne. Nawozy naturalne powinny być stosowane w odpowiednich terminach i dawkach, z uwzględnieniem warunków pogodowych, aby zminimalizować ich spływ do wód powierzchniowych. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych możliwe jest także poprzez zarządzanie emisją amoniaku. W produkcji rolnej zaleca się stosowanie niskoemisyjnych technik rozprowadzania nawozów oraz systemów utrzymywania zwierząt, które ograniczają emisję amoniaku do atmosfery. Stosowanie dodatków mikrobiologicznych wprowadzanych do środowiska fermy może redukować emisję szkodliwych gazów, takich jak amoniak czy siarkowodor. Niezmiernie ważne jest także należyte zbilansowanie składu pasz w celu zmniejszenia wydalania azotu i fosforu przez drób. Przy ograniczaniu zanieczyszczenia środowiska produkcją drobiarską bardzo istotne jest efektywne zarządzanie zasobami. Dla ochrony zasobów wodnych kluczowym jest optymalizacja zużycia wody poprzez recykling i kontrolę jej jakości. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, takich jak energia słoneczna czy biogaz, zmniejsza zależność od paliw kopalnych i redukuje emisję CO₂. Ważną rolę odgrywa tu także ochrona bioróżnorodności, lokalizacja i planowanie przestrzenne. Aby zapobiec zanieczyszczeniu środowiska, przy zakładaniu ferm drobiu, należy uwzględnić poziom wód gruntowych, kierunki ich przepływu oraz rodzaj gleby. Należy też stosować najlepsze z dostępnych technik, takich jak biofiltry czy systemy oczyszczania powietrza, w celu redukcji emisji zanieczyszczeń. Tworzenie pasów zieleni (zielonych stref buforowych) wokół ferm również może ograniczyć rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń (zapachów, pyłów) i chronić

lokalne ekosystemy. Równocześnie fermy są zobowiązane do monitorowania emisji amoniaku i wdrażania planów zarządzania zapachami, zwłaszcza w pobliżu obszarów wrażliwych, takich jak szkoły czy szpitale. Kluczowe dla wdrażania praktyk ograniczających zanieczyszczenia jest ciągłe podnoszenie świadomości ekologicznej wśród hodowców, szkolenia i dostęp do aktualnych informacji. Fermy drobiu podlegają regularnym kontrolom ze strony Inspekcji Weterynaryjnej oraz organów ochrony środowiska. Naruszenia przepisów mogą skutkować sankcjami administracyjnymi, w tym cofnięciem pozwoleń czy karami finansowymi.

Piśmiennictwo

Akamati K., Laliotis G.P., Bizelis I. (2023). Greenhouse gas emissions of the poultry sector in greece and mitigation potential strategies. *Gases*, 3: 47–56.

Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Sokołowicz Z., Topczewska J., Lechowska J. (2018). Oddziaływanie ferm trzody chlewnej i drobiu na środowisko. *Proc. ECOpole*, 12: 117–129.

Dunkley C.S., Dunkley K.D. (2013). Greenhouse gas emissions from livestock and poultry. *Agric. Food Anal. Bacteriol*, 3: 17–29.

Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A., Tempio G. (2013a). Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, xii pp.

Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet, A., Opio C., Dijkman, J., Falcucci A., Tempio G. (2013b). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy, 37 pp.

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, eds. H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe. Japan: IGES.

Johnson J.M., Franzluebbers A.L., Weyers S.L., Reicosky D.C. (2007). Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environ. Pollut.*, 150: 107–124.

Juroszek P., von Tiedemann A. (2013). Plant pathogens, insect pests and weeds in a changing global climate: a review of approaches, challenges, research gaps, key studies and concepts. *J. Agric. Sci.*, 151: 163–188.

Mishra A., Vishwakarma K., Malaviya P., Kumar N., Pavón L.R., Shandilya C., Sharma R., Bisht A., Takkar S. (2022). Chapter 18 – Influence of greenhouse gases on plant epigenomes for food security. *Biomass, Biofuels, Biochemicals*, 421–450.

Nielsen N.I., Jorgensen M., Bahrndorff S. (2011). Greenhouse gas emission from the danish broiler production estimated via LCA methodology. *Knowledge Centre for Agriculture*, 29 pp.

Parmesan C., Hanley M.E. (2015). Plants and climate change: complexities and surprises. *Ann. Bot.*, 116: 849–864.

Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (2000). Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Chapter 4. Agriculture. IPCC/IGES, Hayama, Japan.

Piotrowicz-Cieślak A., Klimkowicz-Pawlas A., Górny R.L., Ławniczek-Wałczyk A., Piechowicz L., Olkowska E., Potrykus M., Tankiewicz M., Krupka M., Siebielec G., Wolska L. (2023). Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Sci. Total Environ.*, 858: 160014.

Rojas-Downing M.M., Nejadhashemi A.P., Harrigan T., Woznicki, S.A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Clim. Risk Manag.*, 16: 145–163.

KATEGORIA
KURY NIEŚNE

Strategia 1

Ograniczanie bakterii w powietrzu i ściółce oraz pyłów zawieszonych (PM) poprzez opryskiwanie ściółki kwaśną wodą elektrolizowaną o pH 3 w dawce 25 ml/kg suchej ściółki/dzień

Opis metody

W kurnikach (bez klatkowych) duży problem stanowi wysoka zawartość bakterii unoszących się w powietrzu powiązana z aktywnością kur (np. kąpiele w ściółce czy grzebanie). Kwaśna woda elektrolizowana (AEW) jest skutecznym środkiem dezynfekującym, który ma szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym.

Określono wpływ opryskiwania ściółki kwaśną wodą elektrolizowaną o pH 3 w dawce 25 ml/kg suchej ściółki/dzień na ograniczanie bakterii w powietrzu i ściółce oraz pyłów zawieszonych (PM). W eksperymencie wykorzystano komory emisji dynamicznej (DEC), każda o długości 860 mm, szerokości 460 mm i wysokości 660 mm, umieszczone w pomieszczeniu o kontrolowanym środowisku. Ściółkę zebraną z komercyjnego kurnika (CF) umieszczono wewnątrz każdego DEC, po 6 kg suchej masy na pojemnik. W badaniach laboratoryjnych oceniano redukcję bakterii ściółkowych przenoszonych przez powietrze poprzez oprysk kwaśną wodą elektrolizowaną w dawce i stałym stężeniu wolnego chloru (FC) wynoszącym 200 mg/l. Ściółkę opryskiwano w ciągu 10 minut raz dziennie pomiędzy 11:30 a 12:00 przez pięć kolejnych dni. Przeprowadzono 3 powtórzenia. Temperaturę powietrza, wilgotność względną i stopień wentylacji w komorach emisji dynamicznej DEC utrzymywano w podobnych warunkach przed opryskiwaniem AEW. Wszystkie DEC wentylowano przy przepływie 6 l/min. Próbkę powietrza i ściółki pobierano w 3 dniu doświadczenia (po dwóch opryskach) i w 5 dniu (po czterech opryskach) oraz przed opryskami (około 11:30). Oznaczono liczbę bakterii oraz stężenie pyłów zawieszonych w powietrzu (Chai i in., 2018).

Efekt zastosowanej metody

Wykazano redukcję PM o 66–72%, zmniejszenie całkowitej liczby bakterii w ściółce o 50–60% oraz całkowitą liczbę bakterii unoszących się w powietrzu o 57% w porównaniu z kontrolą (Chai i in., 2018).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Badania wstępne stanowią podstawę do przeprowadzenia testu terenowego w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Chai L., Zhao Y., Xin H., Wang T., Soupir M.L. (2018). Mitigating airborne bacteria generations from cage-free layer litter by spraying acidic electrolysed water. *Biosyst. Eng.*, 170: 61–71.

Strategia 2

Redukcja poziomu bakterii w ściółce i w powietrzu poprzez opryskiwanie ściółki kwaśną wodą elektrolizowaną o pH 3 w dawce 25 ml/kg suchej ściółki/dzień oraz stężeniu wolnego chloru (FC) wynoszącym 200 mg/l

Opis metody

Kwaśna woda elektrolizowana (AEW) jest skutecznym środkiem dezynfekującym, który ma szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym. pH cieczy oraz stężenie wolnego chloru (FC) to dwa czynniki wpływające na poziom redukcji bakterii.

Zbadano wpływ opryskiwania ściółki kwaśną wodą elektrolizowaną o pH 3 w dawce 25 ml/kg suchej ściółki/dzień oraz o stężeniu wolnego chloru wynoszącym 200 mg/l na poziom bakterii w ściółce oraz w powietrzu. W eksperymencie wykorzystano komory emisji dynamicznej (DEC), każda o długości 860 mm, szerokości 460 mm i wysokości 660 mm, umieszczone w pomieszczeniu o kontrolowanym środowisku. Ściółkę zebraną z komercyjnego kurnika umieszczono w pojemniku wewnątrz każdego DEC, po 6 kg suchej masy na pojemnik. W badaniach laboratoryjnych oceniano redukcję bakterii ściółkowych oraz przenoszonych przez powietrze poprzez oprysk kwaśną wodą elektrolizowaną w dawce 25 ml/kg suchej ściółki/dzień oraz dwa stężenia wolnego chloru 100 i 200 mg/l. Ściółkę opryskiwano w ciągu 10 minut raz dziennie pomiędzy 11:30 a 12:00 przez pięć kolejnych dni. Przeprowadzono 4 powtórzenia. Temperaturę powietrza, wilgotność względną i stopień wentylacji w komorach emisji dynamicznej DEC utrzymywano w podobnych warunkach przed opryskiwaniem AEW. Wszystkie DEC wentylowano przy przepływie 6 l/min. Próbkę powietrza i ściółki pobierano w 1., 3. i 5. dniu przed opryskiem około 11:30 oraz po oprysku około 12:30. Mierzono stężenie bakterii oraz pyłów zawieszonych w powietrzu (PM) (Chai i in., 2018).

Efekt zastosowanej metody

Opryski ściółki kwaśną wodą elektrolizowaną w dawce 25 ml/kg suchej ściółki/dzień pH 3 oraz stężeniach FC 100 mg/l i 200 mg/l wykazały redukcję bakterii przenoszonych przez powietrze odpowiednio o: 69,5% i 82,1% w 1. dniu, 64,5% i 79,2% w 3. dniu oraz 63,3% i 81,8% w 5. dniu doświadczenia. Średnia dzienna skuteczność redukcji bakterii przenoszonych przez powietrze w ciągu 5 dni stosowania preparatu raz dziennie w stężeniu FC 200 mg/l i 100 mg/l wyniosła odpowiednio: $81 \pm 1,6\%$ oraz $65,8 \pm 3,2\%$. Nie stwierdzono znaczącej różnicy w redukcji PM pomiędzy opryskami kwaśną wodą elektrolizowaną w dawce 25 ml/kg suchej ściółki/dzień pH 3 oraz stężeniach FC 100 mg/l i 200 mg/l. Średnie dzienne stężenia bakterii (w 1., 3. i 5. dniu) w grupie FC 200 mg/l były niższe o 45,2% niż te z grupy FC 100 mg/l. Ponadto stężenie bakterii ogółem i bakterii Gram-ujemnych w ściółce przy oprysku FC 200 mg/l było istotnie niższe w porównaniu z opryskiem FC 100 mg/l (Chai i in., 2018).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Badania wstępne stanowią podstawę do przeprowadzenia testu terenowego w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Chai L., Zhao Y., Xin H., Wang T., Soupir M.L. (2018). Mitigating airborne bacteria generations from cage-free layer litter by spraying acidic electrolysed water. Biosyst. Eng., 170: 61–71.

Strategia 3

Zmniejszenie obsady kur nieśnych

Opis metody

Wykazano negatywny wpływ zwiększania obsady ptaków na 1 m² na produkcję i masę jaj, spożycie paszy, upierzenie oraz behavior. Dodatkowo wraz ze wzrostem obsady zwiększa się wilgotność i ilość zbrylonej ściółki, co wpływa na produkcję amoniaku. Badanie przeprowadzono na 34-tygodniowych kurach nieśnych Hy-Line Brown, które były utrzymywane na ściółce z łusek ryżowych przy różnych gęstościach obsady: 5, 6, 7 i 10 ptaków/m². Podczas 8-tygodniowego okresu doświadczalnego kury otrzymywały paszę i wodę *ad libitum*. Program świetlny obejmował 16 godzin światła i 8 godzin ciemności. Temperaturę i wilgotność w kurniku utrzymywano odpowiednio na poziomie 20±3°C i 65–70%. W trakcie odchowu mierzono wilgotność ściółki i emisje gazów (CO₂ i NH₃) w 4 punktach w każdym kurniku (Kang i in., 2016).

Efekt zastosowanej metody

Stwierdzono występowanie znaczących różnic w emisji gazów w zależności od gęstości obsady. Wilgotność ściółki i emisja gazów (CO₂ i NH₃) były większe w przypadku obsady 10 ptaków/m² niż dla gęstości 5, 6 i 7 ptaków/m². Najniższą emisję CO₂ stwierdzono przy obsadzie wynoszącej 6 ptaków/m² (6,56 ppm mniej niż przy 10 ptakach/m²), a emisja NH₃ była niższa o 155,6 ppm przy gęstości obsady wynoszącej 5 ptaków/m², w porównaniu do 10 ptaków/m². Większa gęstość obsady zwiększa poziom azotu i wilgotności ściółki, a tym samym sprzyja aktywności mikrobiologicznej, powstawaniu szkodliwych gazów (w tym amoniaku). Najmniejszą wilgotność ściółki stwierdzono w przypadku obsady wynoszącej 6 ptaków/m² (o 43,9 punktów procentowych niższa niż przy obsadzie 10 szt./m²) (Kang i in., 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Kang H.K., Park S.B., Kim S.H., Kim C.H. (2016). Effects of stock density on the laying performance, blood parameter, corticosterone, litter quality, gas emission and bone mineral density of laying hens in floor pens. *Poultry Sci.*, 95: 2764–2770.

Strategia 4

Zastosowanie alternatywnego wywiewu powietrza w budynkach dla drobiu

Opis metody

Mikroklimat jest istotnym czynnikiem wpływającym na dobrostan zwierząt oraz na wyniki produkcyjne. Dużą rolę w kształtowaniu mikroklimatu w budynkach dla drobiu odgrywa zastosowany system wentylacji. Wentylacja konwencjonalna nie zawsze zapewnia wystarczającą wymianę powietrza, co może wpływać na większą wilgotność odchodów, co z kolei powoduje intensyfikację powstawania szkodliwych gazów. Zastosowanie nowoczesnych technologii dotyczących wentylacji kurnika może wpłynąć na obniżenie emisji szkodliwych gazów do środowiska.

Oceniano alternatywny sposób usuwania zanieczyszczeń z kurników wyposażonych w baterie klatek wzbogaconych, gdzie powietrze zasysane jest z pomieszczeń rurami znajdującymi się pod kłatkami ze zwierzętami. Zastosowano dwa różne sposoby usuwania zanieczyszczonego powietrza:

1. tradycyjny z wentylatorem umieszczonym w ścianie ($263 \text{ m}^3/\text{h}$ w sezonie letnim i $139 \text{ m}^3/\text{h}$ jesienią, zimą i wiosną)
2. rurami umieszczonymi pod podłogą klatki połączonymi z tym samym wentylatorem ($153 \text{ m}^3/\text{h}$ w sezonie letnim i $109 \text{ m}^3/\text{h}$ w sezonie jesień, zima i wiosna).

Oceniono stężenie szkodliwych gazów: dwutlenku węgla (CO_2), podtlenku azotu (N_2O), amoniaku (NH_3), siarkowodoru (H_2S) i metanu (CH_4), w każdej porze roku przez 6 kolejnych dni dla każdego rodzaju wentylacji (Mihina i in., 2015).

Efekt zastosowanej metody

Średnie stężenie CO_2 przy regularnej wentylacji umieszczonej w ścianie budynku było zróżnicowane od $832,063 \text{ mg}/\text{m}^3$ w okresie zimowym do $1000,75 \text{ mg}/\text{m}^3$ latem. Niższe wartości odnotowano dla systemu rurowego odpowiedni $813,405 \text{ mg}/\text{m}^3$ zimą oraz $957,590 \text{ mg}/\text{m}^3$ latem. Dane uzyskane z powietrza na poziomie głów ptaków w systemie utrzymania z wentylacją pod podłogą klatki były zimą, wiosną i latem znacznie niższe niż w systemie z wentylatorem umieszczonym w ścianie. Średnie stężenie N_2O przy regularnej wentylacji wentylatorem umieszczonym w ścianie kurnika doświadczalnego wahało się od $0,951 \text{ mg}/\text{m}^3$ jesienią do $1,076 \text{ mg}/\text{m}^3$ zimą. W układzie odprowadzania powietrza pod podłogą klatki stężenie N_2O wahało się od $0,972 \text{ mg}/\text{m}^3$ wiosną do $1,055 \text{ mg}/\text{m}^3$ zimą. Średnie stężenia N_2O na poziomie głów ptaków w systemie utrzymania z wentylacją przestrzeni pod podłogą klatki były znacznie niższe niż w systemie z wykorzystaniem regularnej wentylacji przez wentylator umieszczony w ścianie tylko w okresie zimowym i letnim. Wiosną różnica nie była znacząca, a jesienią stężenie N_2O było jeszcze wyższe w układzie z wentylatorem umieszczonym w ścianie. Średnie stężenie NH_3 przy regularnej wentylacji wentylatorem umieszczonym w ścianie kurnika wahało się od $0,013 \text{ mg}/\text{m}^3$ w okresie jesiennym do $0,092 \text{ mg}/\text{m}^3$ w okresie letnim. Jeżeli zastosowano system wywiewu znajdujący się pod podłogą klatki, stężenie NH_3 było znacznie niższe we wszystkich porach roku (od $0,007 \text{ mg}/\text{m}^3$ jesienią do $0,069 \text{ mg}/\text{m}^3$ latem). Zarówno stężenie H_2S , jak i CH_4 w próbkach powietrza pobranych na wysokości głów ptaków wykazywało podobną tendencję. Niemal we wszystkich przypadkach była ona znacznie niższa

w przypadku wywiewu powietrza z przestrzeni pod podłogą klatki niż przy wykorzystaniu regularnej wentylacji za pomocą wentylatora umieszczonego w ścianie (Mihina i in., 2015).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Badania wstępne.

Piśmiennictwo

Mihina S., Bodo S., Galik R., Broucek J. (2015). Impact of alternative air exhaustion in housing for poultry on concentration of harmful gases in the air. Agric. Eng. Int. CIGR Journal, Spec. Issue, 2015: 105–109.

Strategia 5

Redukcja szkodliwych gazów poprzez zastosowanie paszy z dodatkiem środka zakwaszającego CaSO₄, zeolitu i o obniżonym poziomie białka

Opis metody

Emisja gazów z kurnika powstających w wyniku zastosowania różnych pasz dla kur nieśnych może mieć potencjalnie negatywny wpływ na środowisko oraz zdrowie ludzi i ptaków. Receptury opracowane w celu zmniejszenia nadmiaru białka w paszy zmniejszają wydalanie N, co skutkuje niższą emisją NH₃. Materiały kwasogenne zmniejszają pH odchodów, powodując protonowanie NH₃ do NH₄⁺, który jest mniej lotny. Gips jest jednym z przetestowanych związków kwasotwórczych i może również częściowo zastąpić wapń jako źródło Ca w diecie kur niosek, nie zmniejszając wydajności kur niosek. Również zeolit jest korzystnym dodatkiem paszowym, który wykazuje silną preferencję do wiązania kationów azotowych, takich jak NH₄⁺, co skutkuje niższą emisją NH₃.

Oceniano wpływ paszy z dodatkiem środka zakwaszającego CaSO₄, zeolitu i o obniżonym poziomie białka na emisję szkodliwych gazów z kurnika. 640 kur Hy-Line W-36 przydzielono do dwóch grup badawczych i umieszczono w komorach środowiskowych na okres 3 tygodni w 21. (badanie 1), 38. (badanie 2) oraz 59. tygodniu (badanie 3) życia kur. Kury karmiono paszą doświadczalną (RE) zawierającą 17,0; 15,5 i 15,6% białka surowego, 0,99; 1,20 i 1,10% S (siarki) oraz 6,80; 6,94 i 7,08 mieszanki CaSO₄ i zeolitu w zależności od wieku ptaków. Pasza kontrolna zawierała: 18,0, 17,0 i 16,2% białka oraz 0,25, 0,18 i 0,20% S odpowiednio w 21., 38. oraz 59. tygodniu życia kur. Diety zostały opracowane, tak aby zawierały podobną zawartość Ca i P. W komorach (kalorymetrach pośrednich) prowadzono ciągłe monitorowanie emisji gazów pochodzących kur utrzymywanych w klatkach. Monitorowano stężenie NH₃, H₂S, NO, NO₂, CO₂, CH₄ na wlocie i wylocie kanałów wentylacyjnych. Ptaki utrzymywano w standardowych warunkach klimatycznych. Średnią dobową emisję gazów w każdej z komór wyrażono jako wielkość emisji (mg/min), skumulowaną masę całkowitą (mg), masę dzienną (mg), masę nocną (mg), miligramy na kilogram masy ciała i miligramy na kurę (Wu-Haan i in., 2007).

Efekt zastosowanej metody

Dieta doświadczalna zmniejszyła dzienny poziom emitowanego NH₃ (mg/kurę) o 39%. W badaniach 1, 2 i 3 dzienna emisja NH₃ z kur karmionych dietą RE (185,5; 312,2 i 333,5 mg/ptaka) była znacząco mniejsza niż emisja z kur karmionych dietą CM (255,1; 560,6 i 616,3 mg/ptaka). Żywienie dietą RE zmniejszyło również dobową emisję NH₃ we wszystkich 3 grupach wiekowych (16,3 vs. 26,9 mg/min). Dieta RE zmniejszyła także skumulowaną masę emisji NH₃ (mg) z 3 badanych grup wiekowych o 39% (22 628 w porównaniu z 37 269 mg). Dzienna emisja NH₃ w przeliczeniu na całkowitą żywą masę ciała od kur karmionych dietą RE (203,4 mg/kg mc) była mniejsza niż dobową emisję NH₃ od kur karmionych dietą CM (334,1 mg/kg mc). Dzienna emisja H₂S u kur karmionych dietą RE (1,6, 7,1 i 3,7 mg/kurę) była większa niż u kur karmionych dietą CM (0,5, 1,9 i 0,8 mg/kurę) w 21., 38. i 59. tygodniu odchowu. Karmienie dietą RE również zwiększyło 3-krotnie skumulowaną

masę emisji H_2S we wszystkich 3 grupach wiekowych (322,8 vs. 104,9 mg). Dzienna emisja H_2S w przeliczeniu na całkowitą masę ciała u kur karmionych dietą RE (2,9 mg/kg mc) była większa niż u kur karmionych dietą CM (0,9 mg/kg mc).

W każdym wieku żywienie dietą RE zmniejszyło dzienną emisję CH_4 (mg/kurę) o 17%. Dzielne emisje CH_4 od kur karmionych dietą RE wynosiły 66,4 mg/kurę i były mniejsze niż emisje od kur karmionych dietą CM (80,2 mg/kurę). Dieta RE zmniejszyła także skumulowaną masę emisji CH_4 (5 272 vs. 6394 mg/d). Dzienna emisja skorygowana o całkowitą masę żywą kur utrzymywanych w każdej komorze od kur karmionych dietą RE (47,1 mg/kg mc) była mniejsza niż dobową emisja CH_4 od kur karmionych dietą CM (57,1 mg/kg mc).

Dzienna emisja CO_2 od kur karmionych dietą RE (74 548 mg/kurę) była mniejsza niż w przypadku kur karmionych dietą CM (78 432 mg/kurę), podobnie jak dzienna emisja skorygowana o całkowitą żywą masę w komorze 53 013 mg/kg m.c. i 55 900 mg/kg m.c. dla kur karmionych odpowiednio dietą RE i dietą CM. Dzienna emisja NO od kur karmionych dietą RE (0,2 mg/kurę) była mniejsza niż emisja NO od kur karmionych dietą CM (0,4 mg/kurę).

Wyniki wykazały, że dieta i wiek niosek mają wpływ na poziom powstających szkodliwych gazów w kurnikach i ich emisję do środowiska. Prawdopodobnym sposobem ograniczenia emisji NH_3 i CH_4 jest dieta z dodatkiem zakwaszającym ($CaSO_4$) i dodatkiem absorbującym (zeolitem). Jednak dodany środek zakwaszający przyczynił się do dodatkowej zawartości siarki w diecie, stąd zaobserwowano większą produkcję H_2S . W związku z powyższym, przy opracowywaniu receptury mieszanki paszowej należy uwzględnić niższy poziom siarki (Wu-Haan i in., 2007).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Badania wstępne.

Piśmiennictwo

Wu-Haan W., Powers W.J., Angel C.R., Hale C.E., Applegate T.J. (2007). Effect of an acidifying diet combined with zeolite and slight protein reduction on air emissions from laying hens of different ages. *Poultry Sci.*, 86: 182–190.

Strategia 6

Dodatek 0,1% ekstraktu z roślin: mięty polnej (*Mentha arvensis*) i bodziszka Thunberga (*Geranium thunbergii*) do wody dla kur nieśnych

Opis metody

Ważnym czynnikiem determinującym emisję NH_3 z odchodów zwierząt jest pH odchodów. Niższe pH kału ogranicza konwersję azotu amonowego do NH_3 , co zmniejsza emisję NH_3 do atmosfery. Emisje NH_3 z ferm drobiu stanowią alarmujący problem ze względu na zanieczyszczenie środowiska. Istnieją badania sugerujące, że uwalnianie NH_3 z kurników można zminimalizować poprzez manipulacje żywieniowe ptaków bez wpływu na ich wydajność produkcyjną. Stąd działanie przeciwdrobnoustrojowe ekstraktów roślinnych może również przyczyniać się do obniżenia pH odchodów i zmniejszania emisji amoniaku do atmosfery.

Oceniano wpływ dodatku do wody 0,1% ekstraktu wodnego z mięty polnej (*Mentha arvensis*) i bodziszka Thunberga (*Geranium thunbergii*) dla kur nieśnych na emisję NH_3 z kurnika. Badaniami objęto 28-tygodniowe nioski Hy-Line Brown, które w trakcie doświadczenia trwającego 16 tygodni utrzymywano w systemie klatkowym. Kury przydzielono losowo do dwóch grup: kontrolna oraz grupa doświadczalna, która przez 16-tygodni otrzymywała w wodzie ekstrakt z roślin mięty polnej (*Mentha arvensis* – MA) i bodziszka Thunberga (*Geranium thunbergii* – GT) w stężeniu 0,1% – 1 MA: 1 GT. Zbadano pH kału po pobraniu i 48-godzinnym przechowywaniu oraz stężenie amoniaku od razu po pobraniu oraz po 6-, 12-, 24- i 48-godzinnym przechowywaniu odchodów (Dilawar i in., 2021).

Efekt zastosowanej metody

Suplementacja badanych ekstraktów roślinnych na poziomie 0,1% znacząco obniżyła pH odchodów, co skutkowało istotnym zmniejszeniem powstawania amoniaku (NH_3). Niższe pH kału ogranicza konwersję azotu amonowego do NH_3 , czyli ogranicza emisję NH_3 do atmosfery (Dilawar i in., 2021).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia. Ekstrakty wodne powinny zostać przygotowane przy użyciu metody opisanej przez Dilawar i in. (2019).

Piśmiennictwo

Dilawar M.A., Saturno J.F.L., Mun H.S., Kim, D.H., Jeong M.G., Yang C.J. (2019). Influence of two plant extracts on broiler performance, oxidative stability of meat and odorous gas emissions from excreta. *Ann. Anim. Sci.*, 19: 1099–1113.

Dilawar M.A., Mun H.S., Rathnayake D., Yang E.J., Seo Y.S., Park H.S., Yang C.J. (2021). Egg quality parameters, production performance and immunity of laying hens supplemented with plant extracts. *Animals*, 11: 975.

Strategia 7

Zastosowanie obniżonego poziomu białka ogólnego w żywieniu kur nieśnych

Opis metody

Metoda ta polega na obniżeniu poziomu białka ogólnego w paszy, przy jednoczesnym pokryciu potrzeb żywieniowych drobiu każdej grupy technologicznej. Wymaga ona nie tylko zmiany składu paszy, ale również jej strawności. Dostosowanie koncentracji białka w paszy do zapotrzebowania drobiu oznacza 10–15% redukcję zawartości BO w dawce pokarmowej. Do bilansowania dawki na poziom N zazwyczaj używa się dodatku aminokwasów syntetycznych, enzymów rozkładających związki białkowe paszy, niedostępne zazwyczaj dla ptaków. Pasza jest wtedy droższa, ale jej zużycie mniejsze, co w dużym stopniu kompensuje wzrost kosztów żywienia. Wyższa jest też wtedy produktywność drobiu. Zapotrzebowanie ptaków na białko powinno być pokryte na podstawie zawartości aminokwasów limitujących, to znaczy tych najczęściej brakujących w mieszance paszowej. W metodzie ważne jest bilansowanie receptur mieszanek paszowych z zastosowaniem aminokwasów strawnych, których zawartość oblicza się wykorzystując tabelaryczne współczynniki strawności dla poszczególnych materiałów paszowych. Oparty na strawnych aminokwasach system bilansowania powinien być stosowany zwłaszcza w przypadku receptur ze znacznym udziałem alternatywnych źródeł białka, w tym nasion krajowych roślin bobowatych, które często charakteryzują się niską strawnością składników pokarmowych. Bilansowanie receptur z uwzględnieniem jelitowej strawności aminokwasów daje możliwość obniżenia poziomu białka ogólnego w mieszkankach bez negatywnego wpływu na wskaźniki produkcyjne i uzyskiwane efekty ekonomiczne (Kodeks dobrej praktyki rolniczej..., 2019).

Zalecana koncentracja białka w paszy dla kur nieśnych, obniżająca emisję amoniaku:

- 18–40. tydzień życia – koncentracja białka 15,5–16,5%
- powyżej 40. tygodnia życia – koncentracja białka 14,5–15,5%

Efekt zastosowanej metody

Badania wskazują, że obniżenie zawartości białka w paszy o 1% zmniejsza emisję amoniaku z budynków inwentarskich w zakresie 5–10%. Istnieje możliwość – w stosunku do komercyjnych standardów – obniżenia zawartości białka w mieszkankach paszowych dla kurcząt brojlerów i kur nieśnych o maksymalnie 2–3%. Jednak nawet przy intensywnej suplementacji diety aminokwasami krystalicznymi istnieją biologiczne limity takiego zabiegu, które przy przekroczeniu prowadzą do pogorszenia wskaźników produkcyjnych. Zabiegi, które zwiększają strawność składników pokarmowych, to hydrotermiczne preparowanie materiałów paszowych, a także optymalny (dostosowany do wieku ptaków) dobór komponentów mieszanek pełnoporcjowych, charakteryzujących się niską zawartością związków antyżywniowych. Liczy się nie tylko ilość dostarczanego w paszy białka, lecz także jego jakość, czyli zawartość i proporcje poszczególnych aminokwasów. Szczególnie ważne są te z nich, które noszą miano egzogennych, a więc nie mogą być syntetyzowane w organizmach ptaków. Z racji braku odpowiednich enzymów niektóre rodzaje białka dostarczanego w paszy nie ulegają strawieniu i wydalone są do środowiska. Stąd duża rola dodatków

paszowych o działaniu zwiększającym rozkład białka i dostępność jego aminokwasów z przewodu pokarmowego, co pozwala na obniżenie poziomu białka ogólnego dawki pokarmowej i ograniczenie w ten sposób wydalania azotu. Są to np. dodatki paszowe o charakterze enzymów proteolitycznych pochodzenia mikrobiologicznego czy kwasy organiczne. Należy pamiętać, że praktyczne efekty dodatków paszowych bywają zmienne i najlepiej stosować gotowe pasze pełnodawkowe. Podsumowując, w tej metodzie redukcja emisji amoniaku jest szacowana na 10–15% (Kodeks dobrej praktyki rolniczej..., 2019).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Kodeks dobrej praktyki rolniczej w zakresie ograniczania emisji amoniaku. (2019). Praca zbiorowa pod redakcją ITP w Falentach. Rozdział II. Żywieniowe metody ograniczania emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej. C. Drób: 1. Zastosowanie obniżonego poziomu białka w żywieniu drobiu. Walczak J., Sowuła-Skrzyńska E., Borecka A., Kraczyk W., Tyra M., Pieszka M., Knapik J., Połtowicz K., Karpowicz A., Kowalska D., Wrona I. (*autorzy rozdziału II*). Inst. Technol. w Falentach, 2019.

Strategia 8

Suplementacja diety kur nieśnych probiotykiem *Enterococcus faecium* DSM 7134 w ilości 0,005%

Opis metody

Bakterie kwasu mlekowego takie jak *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus* i *Streptococcus* są najszerzej stosowanymi gatunkami bakterii probiotycznych. *Enterococcus faecium* jest jednym z probiotyków stosowanych jako alternatywa dla antybiotyków w przemyśle drobiarskim.

40-tygodniowe kury nieśne ISA Brown zostały losowo przydzielone do 2 grup: kontrolnej i doświadczalnej, w której ptaki otrzymywały 0,005% *E. faecium* do paszy. Preparat probiotyczny użyty w bieżącym badaniu składał się z suszonego rozpyłowo, tworzącego przetrwalniki *Enterococcus faecium*, który zawierał co najmniej $1,0 \times 10^{10}$ cfu/g *E. faecium* DSM 7134. Ptaki były utrzymywane przez 27 tygodni w klatkach po 12 sztuk w pomieszczeniu bez okien i kontrolowanym środowisku, w którym utrzymywano temperaturę 26°C. Program świetlny obejmował 16 godzin światła i 8 godzin ciemności. Natężenie światła wynosiło 20 luksów. Ptaki miały swobodny dostęp do paszy i wody. Podczas badań oceniano poziom bakterii (*Lactobacillus* i bakterie z grupy coli) w kale oraz emisję amoniaku z odchodów kur nieśnych (Park i in., 2016).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie *E. faecium* DSM 7134 jako dodatku do paszy dla kur nieśnych w ilości 0,005% wpłynęło na istotne zmniejszenie ilości bakterii coli w odchodach. Obserwowano także redukcję emisji amoniaku z odchodów średnio o 67% w porównaniu z grupą kontrolną (Park i in., 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Park J.W., Jeong J.S., Lee S.I., Kim I.H. (2016). Effect of dietary supplementation with a probiotic (*Enterococcus faecium*) on production performance, excreta microflora, ammonia emission, and nutrient utilization in ISA brown laying hens. Poultry Sci., 95: 2829–2835.

Strategia 9

Wzbogacenie diety kur nieśnych probiotykiem *Enterococcus faecium* DSM 7134 w ilości 0,01%

Opis metody

Bakterie kwasu mlekowego takie jak *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus* i *Streptococcus* są najszerzej stosowanymi gatunkami bakterii probiotycznych. *Enterococcus faecium* jest jednym z probiotyków stosowanych jako alternatywa dla antybiotyków w przemyśle drobiarskim.

40-tygodniowe kury nieśne ISA Brown zostały losowo przydzielone do 2 grup: kontrolnej i doświadczalnej, w której ptaki otrzymywały 0,01% *E. faecium* do paszy. Preparat probiotyczny użyty w bieżącym badaniu składał się z suszonego rozpyłowo, tworzącego przetrwalniki *Enterococcus faecium*, który zawierał co najmniej $1,0 \times 10^{10}$ cfu/g *E. faecium* DSM 7134. Ptaki były utrzymywane przez 27 tygodni w klatkach po 12 sztuk w pomieszczeniu bez okien i kontrolowanym środowisku, w którym utrzymywano temperaturę 26°C. Program świetlny obejmował 16 godzin światła i 8 godzin ciemności. Natężenie światła wynosiło 20 luksów. Ptaki miały swobodny dostęp do paszy i wody. Podczas badań oceniano poziom bakterii (*Lactobacillus* i bakterie z grupy coli) w kale oraz emisję amoniaku z odchodów kur nieśnych (Park i in., 2016).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie *E. faecium* DSM 7134 jako dodatku do paszy dla kur nieśnych w ilości 0,01% wpłynęło na zmniejszenie ilości bakterii coli w odchodach średnio o 5,2%. Obserwowano także redukcję emisji amoniaku z odchodów średnio o 70% w porównaniu z grupą kontrolną (Park i in., 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Park J.W., Jeong J.S., Lee S.I., Kim I.H. (2016). Effect of dietary supplementation with a probiotic (*Enterococcus faecium*) on production performance, excreta microflora, ammonia emission, and nutrient utilization in ISA brown laying hens. Poultry Sci., 95: 2829–2835.

KATEGORIA
KURCZĘTA RZEŻNE

Strategia 1

Dodatek mikrobiologiczny zawierający bakterie probiotyczne do ściółki dla kurcząt brojlerów

Opis metody

Oceniano wpływ dodatku mikrobiologicznego do ściółki na emisję szkodliwych gazów z fermy do środowiska. Badania przeprowadzono podczas ośmiu cykli produkcyjnych kurcząt brojlerów Ross 308 w różnych warunkach temperaturowych. Ferma, na której prowadzono badania, składała się z dwóch hal o takich samych wymiarach z systemem wymuszonej wentylacji mechanicznej. Obiektem kontrolnym była jedna z hal, w której prowadzono tradycyjną produkcję, natomiast w drugiej, równoległej, zastosowano dodatek mikrobiologiczny. Aplikacja dodatku mikrobiologicznego polegała na wprowadzeniu do ściółki roztworu zawierającego bakterie probiotyczne. Przed zasiedleniem budynku był to 25% roztwór wodny, następnie 10% roztwór wodny w cyklu siedmiodniowym. Dodatek aplikowano za pomocą opryskiwacza E-turbo Mgła (przeznaczonego do stosowania w polskich gospodarstwach rolnych) o pojemności zbiornika 10 litrów i wielkości kropeł do 50 mikrometrów. Zastosowany preparat zawierał: bakterie kwasu mlekowego, bakterie fotosyntetyzujące, grzyby fermentujące, drożdże, organiczną melasę z trzciny cukrowej, wodę rewitalizowaną, kompleks soli i minerałów. Znajdowały się w nim następujące bakterie: *Bifidobacterium animalis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus diacetylactis*, *Lactococcus thermotis*, *Streptococcusphilus*, *Bacillus subtilis* var. *natto*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomonas palustris*. Badano stężenie amoniaku (NH_3), siarkowodoru (H_2S) i dwutlenku węgla (CO_2) w różnych cyklach produkcyjnych (Szwedziak i in., 2018).

Efekt zastosowanej metody

Najlepszy efekt stosowania testowanego dodatku mikrobiologicznego uzyskiwany jest w umiarkowanych temperaturach 11–24°C. Na podstawie wszystkich wyników średnich stężeń gazów badanych w 8 cyklach, w 2 halach, w tych samych warunkach, stwierdzono o 73,53 ppm mniej NH_3 , o 6604,9 ppm CO_2 oraz 0,26 ppm mniej H_2S w budynku, w którym zastosowano dodatek mikrobiologiczny. Stosowanie dodatków mikrobiologicznych może skutecznie zmniejszyć stężenie szkodliwych gazów podczas produkcji kurcząt i ich emisję do środowiska (Szwedziak i in., 2018).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Badania wstępne.

Piśmiennictwo

Szwedziak K., Grzywacz Ż., Wrotkowski K. (2018). The application of microbial additive in poultry production as a way to reduce emission of harmful gases into the environment. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 20(1): 417–429.

Strategia 2

Zastosowanie dodatku Profistreu® do ściółki dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Ściółka znajdująca się w pomieszczeniach dla drobiu stanowi istotny czynnik środowiskowy, gdyż wpływa nie tylko na stan zoohigieniczny pomieszczeń, ale także pośrednio na stan zdrowia zwierząt. Utrzymywanie parametrów fizycznych ściółki (tj. temperatury, wilgotności i pH) na odpowiednim poziomie, a także ograniczanie rozwoju bakterii odpowiedzialnych za degradację substancji organicznych w ściółce prowadzi do zmniejszenia emisji szkodliwych domieszek gazowych powietrza.

Zastosowano Profistreu®, środek dezynfekcyjny wpływający na poprawę parametrów fizykochemicznych ściółki poprzez zmniejszenie jej wilgotności i pH. Badania zostały przeprowadzone na kurczętach brojlerach Ross 326 w liczbie 21 000 (obsada 16 szt./m²), żywionych standardowymi mieszankami paszowymi. Doświadczenie prowadzono w sezonie letnim w 2 kurnikach zlokalizowanych na terenie województwa pomorskiego. W kurnikach znajdowały się poidła kropelkowe.

- Kurnik 1 – produkt handlowy (Profistreu®), którego działanie zgodnie z etykietą poprawia higienę i klimat budynku gospodarczego. Produkt zawierał organiczne i nieorganiczne substancje aktywne oraz olejki eteryczne. Preparat podawano do ściółki w dawce 50 g/m².
- Kurnik 2 – kontrola, bez środka dezynfekującego podawanego do ściółki.

Warunki temperaturowo-wilgotnościowe w kurnikach utrzymywano na wymaganych poziomach za pomocą komputerowego systemu wentylacyjno-ogrzewającego. W trakcie doświadczenia monitorowano jakość ściółki (temperaturę, pH, wilgotność, zawartość związków azotowych przeliczonych na NH₃) oraz jakość powietrza (stężenie amoniaku, ilość bakterii i grzybów) (Mituniewicz i in., 2008).

Efekt zastosowanej metody

Stwierdzono niższą o około 5,5% wilgotność ściółki i niższe o około 0,5 jednostki pH ściółki, a także niższą o $1,69 \cdot 10^6$ całkowitą liczbę bakterii (CFU/m³) w powietrzu w budynku doświadczalnym w porównaniu z budynkiem kontrolnym. Odnotowano także niższą całkowitą zawartość azotu (N) w przeliczeniu na (mg/kg) 35.40 vs 52.00 w budynku, gdzie zastosowano Profistreu® w porównaniu do budynku kontrolnego. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w poziomie NH₃ w powietrzu badanych kurników.

Zastosowany środek dezynfekcyjny wpłynął na poprawę parametrów fizykochemicznych ściółki poprzez zmniejszenie jej wilgotności i pH oraz spowodował korzystny spadek mikroflory powietrza w kurniku (Mituniewicz i in., 2008).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Mituniewicz T., Sowińska J., Wójcik A., Iwańczuk-Czernik K., Witkowska D., Banaś J. (2008). Effect of disinfectants on physicochemical parameters of litter, microbiological quality of poultry house air, health status and performance of broiler chickens. *Pol. J. Environ. Stud.*, 17(5): 745–750.

Strategia 3

Zastosowanie ekologicznego produktu handlowego Stalosan®F do ściółki dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Ściółka znajdująca się w pomieszczeniach dla drobiu stanowi istotny czynnik środowiskowy, gdyż wpływa nie tylko na stan zoohigieniczny pomieszczeń, ale także pośrednio na stan zdrowia zwierząt. Utrzymywanie parametrów fizycznych ściółki (tj. temperatury, wilgotności i pH) na odpowiednim poziomie, a także ograniczanie rozwoju bakterii odpowiedzialnych za degradację substancji organicznych w ściółce prowadzi do zmniejszenia emisji szkodliwych domieszek gazowych powietrza.

Zastosowano środek dezynfekcyjny Stalosan®F, wpływający na poprawę parametrów fizykochemicznych ściółki poprzez zmniejszenie jej wilgotności i pH. Badania zostały przeprowadzone na kurczętach brojlerach Ross 326 w liczbie 21 000 (obsada 16 szt./m²), żywionych standardowymi mieszankami paszowymi. Doświadczenie prowadzono w sezonie letnim w 2 kurnikach zlokalizowanych na terenie województwa pomorskiego. W kurnikach znajdowały się poidła kropelkowe.

- Kurnik 1 – ekologiczny produkt handlowy (Stalosan®F) zawierający naturalne fosforany, nieorganiczną miedź, nieorganiczne żelazo i białą glinę. Preparat wylewano na ściółkę w kolejnych tygodniach odchowu, tj. co 7 dni zgodnie z zaleceniami producenta. Preparat podawano do ściółki w dawce 50 g/m².
- Kurnik 2 – kontrola, bez środka dezynfekującego podawanego do ściółki.

Warunki termiczno-wilgotnościowe w kurnikach utrzymywano na wymaganych poziomach za pomocą komputerowego systemu wentylacyjno-ogrzewającego. W trakcie doświadczenia monitorowano jakość ściółki (temperaturę, pH, wilgotność, zawartość związków azotowych przeliczonych na NH₃) oraz jakość powietrza (stężenie amoniaku, ilość bakterii i grzybów) (Mituniewicz i in., 2008).

Efekt zastosowanej metody

Stwierdzono niższą o 3,20% wilgotność ściółki i niższe o 0,36 jednostki pH ściółki, a także niższą o $1,85 \cdot 10^6$ całkowitą liczbę bakterii (CFU/m³) w powietrzu w budynku doświadczalnym w porównaniu z budynkiem kontrolnym.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w poziomie NH₃ w powietrzu badanych kurników. Zastosowany środek dezynfekcyjny wpłynął na poprawę parametrów fizykochemicznych ściółki poprzez zmniejszenie jej wilgotności i pH oraz spowodował korzystny spadek mikroflory powietrza w kurniku (Mituniewicz i in., 2008).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Mituniewicz T., Sowińska J., Wójcik A., Iwańczuk-Czernik K., Witkowska D., Banaś J. (2008). Effect of disinfectants on physicochemical parameters of litter, microbiological quality of poultry house air, health status and performance of broiler chickens. *Pol. J. Environ. Stud.*, 17(5): 745–750.

Strategia 4

Zastosowanie tlenku wapnia (CaO) do ściółki dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Tlenek wapnia (CaO) uważany jest za dobry środek dezynfekcyjny w odchowie drobiu, gdyż charakteryzuje się szerokim spektrum działania, m.in. redukuje bakterie i grzyby występujące w ściółce oraz poprawia jej wilgotność. Rozwój mikroorganizmów urykolitycznych w ściółce, w połączeniu z wysoką wilgotnością wynoszącą 40–60%, może powodować wzmożoną emisję szkodliwych domieszek gazowych, w szczególności amoniaku, a ściółka traci swoje korzystne właściwości pochłaniania gazów. Postępujące procesy rozkładu w połączeniu z odchodami ptaków powodują zwiększoną produkcję amoniaku.

Doświadczenie prowadzono w sezonie letnim w 2 kurnikach zlokalizowanych na terenie województwa pomorskiego. W kurnikach znajdowały się poidła kropelkowe. W kurniku 1 zastosowano tlenek wapnia, który wysypano jednorazowo, przed wprowadzeniem ptaków, na 5 cm warstwie słomy, a następnie przykryto go 10 cm słomy. Kurnik 2 stanowiła kontrola, bez dodatku CaO. Badania zostały przeprowadzone na kurczętach brojlerach Ross 326 w liczbie 21 000 (obsada 16 szt./m²), żywionych standardowymi mieszankami paszowymi. Warunki termiczno-wilgotnościowe w kurnikach utrzymywano na wymaganych poziomach za pomocą komputerowego systemu wentylacyjno-ogrzewającego. W trakcie doświadczenia monitorowano jakość ściółki (temperaturę, pH, wilgotność i zawartość związków azotowych przeliczonych na NH₃) oraz jakość powietrza (stężenie amoniaku, ilość bakterii i grzybów) (Mituniewicz i in., 2008).

Effekt zastosowanej metody

Stwierdzono niższą o około 3,35% wilgotność ściółki oraz niższe o około 0,48 jednostki pH ściółki oraz niższą o $1,84 \cdot 10^6$ całkowitą liczbę bakterii (CFU/m³) w powietrzu w budynku doświadczalnym w porównaniu z budynkiem kontrolnym. Jak wykazano, pozytywnym aspektem stosowania CaO jako dodatku do ściółki w chowie drobiu jest zatrzymywanie azotu i innych związków mineralnych. Ma to istotne znaczenie dla ochrony środowiska, gdyż związki mineralne związane w zużytej ściółce po zakończeniu odchovu mogą być wykorzystane jako naturalny nawóz dobrej jakości. Taki naturalny nawóz zabezpiecza zawarte w nim związki przed wypłukaniem m.in. do wód gruntowych i jest cennym źródłem składników pokarmowych dla roślin w cyklu wegetatywnym, co może stanowić alternatywę dla nawożenia mineralnego (Mituniewicz i in., 2008).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Mituniewicz T., Sowińska J., Wójcik A., Iwańczuk-Czernik K., Witkowska D., Banaś J. (2008). Effect of disinfectants on physicochemical parameters of litter, microbiological quality of poultry house air, health status and performance of broiler chickens. *Pol. J. Environ. Stud.*, 17(5): 745–750.

Strategia 5

Dodatek 25% zeolitu do ściółki dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Zeolity to glinokrzemiany o strukturach szkieletowych, cechuje je obecność cząstek o charakterystycznej, pustej w środku strukturze przestrzennej. Minerale te zawierają w swoim składzie dodatkowo sód i wapń, a w niektórych przypadkach również pierwiastki, takie jak bar, magnez, mangan i wiele innych. Ze względu na właściwości absorpcyjne zeolity stosowane są między innymi jako dodatek do materiałów ściółkowych dla zwierząt. Ich obecność sprawia, że podłoże takie lepiej pochłania wilgoć i zapachy, a tempo namnażania bakterii jest mniejsze. Zeolity pochodzenia naturalnego nie mają szkodliwego wpływu na ludzi, zwierzęta czy środowisko naturalne.

Jednodniowe kurczęta rzeźne Ross 208 przydzielono do dwóch grup. Ptaki utrzymywano na ściółce z wiór drzewnych (grupa pierwsza kontrolna), w grupie drugiej do wiór dodano 25% zeolitu, w którego skład wchodziły głównie klinoptylolit (50%), mordenit (40%), kwarc (5%), skałen (5%) oraz śladowe ilości gliny smektycznej. Pasza oraz woda była dostępna dla ptaków *ad libitum*. Wnętrze kurnika było wentylowane naturalnie. Temperaturę w pomieszczeniach utrzymywano zgodnie z zaleceniami dotyczącymi odchowu kurcząt rzeźnych. W okresie odchowu ptaków pobierano próbki ściółki, które suszono przez 24 godziny w temperaturze 100°C w celu pomiaru poziomu wilgotności (Eleroğlu i Yalçın, 2005).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek zeolitu do ściółki dla kurcząt rzeźnych w ilości 25% wpłynął na obniżenie poziomu wilgotności ściółki o 11% (Eleroğlu i Yalçın, 2005).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Eleroğlu H., Yalçın H. (2005). Use of natural zeolite-supplemented litter increased broiler production. S. Afr. J. Anim. 35, 2: 90–97.

Strategia 6

Dodatek 50% zeolitu do ściółki dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Zeolity to glinokrzemiany o strukturach szkieletowych, cechuje je obecność cząstek o charakterystycznej, pustej w środku strukturze przestrzennej. Minerale te zawierają w swoim składzie dodatkowo sód i wapń, a w niektórych przypadkach również pierwiastki, takie jak bar, magnez, mangan i wiele innych. Ze względu na właściwości absorpcyjne zeolity stosowane są między innymi jako dodatek do materiałów ściółkowych dla zwierząt. Ich obecność sprawia, że podłoże takie lepiej pochłania wilgoć i zapachy, a tempo namnażania bakterii jest mniejsze. Zeolity pochodzenia naturalnego nie mają szkodliwego wpływu na ludzi, zwierzęta czy środowisko naturalne.

Jednodniowe kurczęta rzeźne Ross 208 przydzielono do dwóch grup. Ptaki utrzymywano na ściółce z wiór drzewnych (grupa pierwsza kontrolna), w grupie drugiej do wiór dodano 50% zeolitu, w którego skład wchodziły głównie klinoptylolit (50%), mordenit (40%), kwarc (5%), skałen (5%) oraz śladowe ilości gliny smektycznej. Pasza oraz woda była dostępna dla ptaków *ad libitum*. Wnętrze kurnika było wentylowane naturalnie. Temperaturę w pomieszczeniach utrzymywano zgodnie z zaleceniami dotyczącymi utrzymania kurcząt rzeźnych. W okresie odchowu ptaków pobierano próbki ściółki, które suszono przez 24 godziny w temperaturze 100°C w celu pomiaru poziomu wilgotności (Eleroğlu i Yalçın, 2005).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek 50% zeolitu do ściółki dla kurcząt rzeźnych obniżył wilgotność ściółki o 12,6% (Eleroğlu i Yalçın, 2005).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Eleroğlu H., Yalçın H. (2005). Use of natural zeolite-supplemented litter increased broiler production. S. Afr. J. Anim. 35, 2: 90–97.

Strategia 7

Dodatek 75% zeolitu do ściółki dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Zeolity to glinokrzemiany o strukturach szkieletowych, cechuje je obecność cząstek o charakterystycznej, pustej w środku strukturze przestrzennej. Minerale te zawierają w swoim składzie dodatkowo sód i wapń, a w niektórych przypadkach również pierwiastki, takie jak bar, magnez, mangan i wiele innych. Ze względu na właściwości absorpcyjne zeolity stosowane są między innymi jako dodatek do materiałów ściółkowych dla zwierząt. Ich obecność sprawia, że podłoże takie lepiej pochłania wilgoć i zapachy, a tempo namnażania bakterii jest mniejsze. Zeolity pochodzenia naturalnego nie mają szkodliwego wpływu na ludzi, zwierzęta czy środowisko naturalne.

Jednodniowe kurczęta rzeźne Ross 208 przydzielono do dwóch grup. Ptaki utrzymywano na ściółce z wiór drzewnych (grupa pierwsza kontrolna), w grupie drugiej do wiór dodano 75% zeolitu, w którego skład wchodziły głównie klinoptylolit (50%), mordenit (40%), kwarc (5%), skaień (5%) oraz śladowe ilości gliny smektycznej. Pasza oraz woda była dostępna dla ptaków *ad libitum*. Wnętrze kurnika było wentylowane naturalnie. Temperaturę w pomieszczeniach utrzymywano zgodnie z zaleceniami dotyczącymi utrzymania kurcząt rzeźnych. W okresie odchowu ptaków pobierano próbki ściółki, które suszono przez 24 godziny w temperaturze 100°C w celu pomiaru poziomu wilgotności (Eleroğlu i Yalçın, 2005).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek 75% zeolitu do ściółki dla kurcząt rzeźnych obniżył wilgotność ściółki o 14,4% (Eleroğlu i Yalçın, 2005).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Eleroğlu H., Yalçın H. (2005). Use of natural zeolite-supplemented litter increased broiler production. S. Afr. J. Anim. 35, 2: 90–97.

Strategia 8

Dodatek naturalnego zeolitu w ilości 100 g/kg ściółki dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Zeolity to krystaliczne minerały posiadające unikalne cechy, takie jak: higroskopijność, zdolność wymiany kationowej i adsorpcje jonów. Ze względu na ich właściwości w zakresie adsorpcji amoniaku i absorpcji wody zastosowanie zeolitów w odchowie zwierząt może wpłynąć na obniżenie poziomu NH_3 i wilgotności w budynkach inwentarskich.

Badania przeprowadzono na kurczętach brojlerach Cobb utrzymywanych od 1. do 42. dnia życia i przydzielonych do dwóch grup badawczych. W każdej grupie przed wprowadzeniem ptaków równomiernie rozłożono na podłodze trociny (5 kg/m^2) o wilgotności 10% i pH 5,25. W grupie drugiej dodatkowo zastosowano jednorazowo naturalny zeolit w dawce 100 g/kg ściółki dodany 1 dzień przed zasiedleniem brojlerni. Naturalny zeolit – klinoptylolit – składał się głównie z SiO_2 i Al_2O_3 (74,57%). Wielkość cząstek minerału wahała się od 0,4 mm do 1 mm, przy pH 7,6 i zdolności wymiany kationowej 1,57 meq/g. Kurczęta rzeźne otrzymywały wodę oraz paszę *ad libitum*. Zastosowano czteroetapowy program żywienia: 1–7., 8–21., 22–35. oraz 36–42. dzień odchovu. Dieta została oparta na śrucie kukurydziej i sojowej.

Podczas badań oceniano jakość ściółki: wilgotność, pH i NH_3 . Próbkę ściółki pobierano przed zasiedleniem każdego stada oraz w 42. dniu odchovu kurcząt rzeźnych (Schneider i in., 2016).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie dodatku klinoptylolitu w ilości 100 g/kg ściółki wpłynęło na mniejszą wilgotność oraz niższe pH ściółki, a także niższy poziom amoniaku. W porównaniu z grupą bez dodatku zeolitu do ściółki średni poziom z trzech ocenianych cykli dla wilgotności ściółki, pH ściółki oraz zawartości amoniaku był niższy w badanej grupie odpowiednio o: 3,7%; 0,12 oraz 0,05 mg (Schneider i in., 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Schneider A.F., De Almeida D.S., Yuri F.M., Zimmermann O.F., Gerber M.W., Gewehr C.E. (2016). Natural zeolites in diet or litter of broilers. *Brit. Poultry Sci.*, 57, 2: 257–263.

Strategia 9

Dodatek 2% biowęgla do paszy dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Biowęgiel otrzymywany jest poprzez rozkład biomasy w wysokich temperaturach i ograniczony dostęp tlenu (poprzez pirolizę lub prażenie), podczas którego z materiału organicznego powstaje stały, pylisty materiał węglowy i produkty gazowe. Stałą pozostałość określa się mianem „biowęgla”. Właściwości fizykochemiczne biowęgla zależą od materiału wsadowego i procesu termochemicznego, stąd biowęgiel może mieć szerokie zastosowanie.

Zastosowano biowęgiel z drewna bukowego w ilości 2% jako dodatek do diety kogutków linii Ross 308. Ptaki utrzymywano przez 5 tygodni na ściółce ze słomy pszennej. Kurczęta miały swobodny dostęp do paszy i wody. Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. W trzecim tygodniu trwania eksperymentu przeprowadzono badanie olfaktometryczne nad ściółką w celu porównania emisji odorów pomiędzy badanymi grupami. W ostatnim tygodniu odchowu zbierano odchody do oznaczenia stężenia NH_3 (Kalus i in., 2020).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowany dodatek paszowy wykazał znaczną redukcję emisji amoniaku, o 15% (Kalus i in., 2020).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Kalus K., Konkol D., Korczyński M., Koziel J.A., Opaliński S. (2020). Effect of biochar diet supplementation on chicken broilers performance, NH_3 and odor emissions and meat consumer acceptance. *Animals*, 10: 1539.

Strategia 10

Dodatek mieszanki z biowęgla, gliceryny oraz glinokrzemianów do paszy dla kurcząt rzeźnych w ilości 3%

Opis metody

Biowęgiel otrzymywany jest poprzez rozkład biomasy w wysokich temperaturach i ograniczony dostęp tlenu (poprzez pirolizę lub prażenie), podczas którego z materiału organicznego powstaje stały, pylisty materiał węglowy i produkty gazowe. Stałą pozostałość określa się mianem „biowęgla”. Właściwości fizykochemiczne biowęgla zależą od materiału wsadowego i procesu termochemicznego, stąd biowęgiel może mieć szerokie zastosowanie.

Zastosowano mieszankę z biowęgla z drewna bukowego, gliceryny oraz glinokrzemianów w ilości 3% jako dodatek do diety kogutków linii Ross 308. Mieszanka składała się w 67% z biowęgla z drewna bukowego, 24% glinokrzemianów (substancja przeciwbrylająca) i 9% gliceryny (substancja przeciwpyłowa). Ptaki utrzymywano przez 5 tygodni na ściółce ze słomy pszennej przy gęstości obsady wynoszącej 15 kurcząt/m². Kurczęta miały swobodny dostęp do paszy i wody. Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. W trzecim tygodniu trwania eksperymentu przeprowadzono badanie olfaktometryczne nad ściółką w celu porównania emisji odorów z grupą kontrolną, w której ptaki nie otrzymywały do paszy badanej mieszanki. W ostatnim tygodniu odchowu zbierano odchody do oznaczenia stężenia NH₃ (Kalus i in., 2020).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowany dodatek paszowy wykazał znaczną redukcję emisji amoniaku – o 17% (Kalus i in., 2020).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Kalus K., Konkol D., Korczyński M., Koziel J. A., Opaliński S. (2020). Effect of biochar diet supplementation on chicken broilers performance, NH₃ and odor emissions and meat consumer acceptance. *Animals*, 10: 1539.

Strategia 11

Obniżenie poziomu białka surowego w paszy dla kurcząt brojlerów

Opis metody

Na zawartość N w odchodach i ściółce brojlerów wpływa skład paszy, a także efektywność z jaką ptak przekształca N w diecie w białko zwierzęce. Zawartość N w ściółce można zmniejszyć poprzez ograniczenie N wydalanego przez ptaki. Efekt ten można osiągnąć poprzez obniżenie w diecie ptaków białka surowego, gdy spełnione są wymagania dotyczące aminokwasów.

Kogutki linii Ross 308 (n=2232) odchowywano do 42. dnia życia w przedziałach o wymiarach 4,41 m² na ściółce z wiór drzewnych (14 kg wiór/przedział). Zastosowano żywienie trójfazowe: starter (0–10. dzień), grower (10–28. dzień i finisz (28. do dnia uboju). Wszystkie ptaki otrzymywały pasze typu starter o zawartości białka surowego 220,0 g/kg, w formie sypkiej lub granulatu. W kolejnych fazach żywienia podawano paszę granulowaną i sypką o różnych poziomach białka surowego wynoszących w paszy typu grower: 205,0 g/kg (wysoka), 187,5 g/kg (pośrednia) i 175,0 g/kg (niska) oraz w paszy typu finisz: 195,0 g/kg (wysoka), 180,0 g/kg (pośrednia) i 165,6 g/kg (niska). Pasze opierały się na śrucie pszennej, kukurydziej i sojowej. Suplementowano poszczególne aminokwasy w celu utrzymania proporcji strawnych aminokwasów do strawnej lizyny. Wszystkie pasze zawierały enzym rozkładający fitazę i polisacharydy nieskrobiowe, a także kokcydiostatyk. Stężenie amoniaku mierzono w 5. i 6. tygodniu życia na poziomie ściółki w trzech miejscach w każdym przedziale (Brink i in., 2022).

Efekt zastosowanej metody

Niezależnie od formy podania paszy redukcja białka surowego w paszy pozytywnie wpłynęła na jakość ściółki i dobrostan ptaków oraz na zmniejszenie stężenia NH₃ mierzonego na poziomie ściółki. Stwierdzono, że optymalny poziom białka surowego powinien mieścić się na poziomie pośrednim. Dzięki podejściu zorientowanemu na redukcję białka surowego w paszy, można ograniczyć powstawanie i emisję NH₃, optymalizując mikroklimat w pomieszczeniach. Jest to korzystne nie tylko dla środowiska, ale także dla zwierząt i obsługi (Brink i in., 2022).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Brink M., Janssens G.P.J., Demeyer P., Bağcı Ö., Delezie E. (2022). Reduction of dietary crude protein and feed form: Impact on broiler litter quality, ammonia concentrations, excreta composition, performance, welfare, and meat quality. Anim. Nutr. 15, 9: 291–303.

Strategia 12

Dodatek spiruliny (*Arthrospira platensis*) w ilości 0,25% do paszy dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Spirulina (*Arthrospira platensis*) to nitkowata niebiesko-zielona mikroalga (cyjanobakteria), powszechnie uważana za bogate źródło wysokiej jakości białka, witamin (w szczególności witaminy B12 i prowitaminy β -karotenu), minerałów, niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, niezbędnych aminokwasów, pigmentów oraz kwasów fenolowych. Wiele badań naukowych wykazało, że spirulina ma działanie przeciwutleniające, immunomodulujące, przeciwzapalne, przeciwwirusowe i przeciwbakteryjne.

W badaniu zastosowano suplementację paszy spiruliną (*Arthrospira platensis*) w formie proszku w ilości 0,25% dla 160 kogutków brojlerów Ross 308. Ptaki utrzymywano do 35. dnia życia. W ostatnich 3 dniach odchovu pobrano świeże odchody do analizy. Przed badaniem stężenia amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu próbki odchodów trzymano w szczelnie zamkniętych plastikowych pojemnikach o pojemności 3 l przez 5 dni w temperaturze pokojowej (24°C). Po okresie fermentacji zastosowano pompę do pobierania próbek gazu Gastec (model GV-100) (Gastec Corp., Tokio, Japonia). Stężenia amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu całkowitego mierzono odpowiednio: w zakresie od 5,0 do 100,0; 2,0 do 20,0 i 0,5 do 120,0 ppm (Park i in., 2018).

Efekt zastosowanej metody

Emisja gazowego amoniaku w odchodach uległa zmniejszeniu do 35,9 ppm w porównaniu z grupą bez dodatku spiruliny – 45,1 ppm. Suplementacja spiruliną miała także nieznaczny wpływ na obniżenie poziomu całkowitej emisji merkaptanu (2,5 vs 3,3 ppm) i siarkowodoru (2,0 vs 2,8 ppm) (Park i in., 2018).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Park J.H., Lee S.I., Kim I.H. (2018). Effect of dietary Spirulina (*Arthrospira platensis*) on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. Poultry Sci., 97(7): 2451–2459.

Strategia 13

Dodatek spiruliny (*Arthrospira platensis*) w ilości 0,5% do paszy dla kurcząt rzeź-nych

Opis metody

Spirulina (*Arthrospira platensis*) to nitkowata niebiesko-zielona mikroalga (cyjanobakteria), powszechnie uważana za bogate źródło wysokiej jakości białka, witamin (w szczególności witaminy B12 i prowitaminy β -karotenu), minerałów, niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, niezbędnych aminokwasów, pigmentów oraz kwasów fenolowych. Wiele badań naukowych wykazało, że spirulina ma działanie przeciwutleniające, immunomodulujące, przeciwzapalne, przeciwwirusowe i przeciwbakteryjne.

W badaniu zastosowano suplementację paszy spiruliną (*Arthrospira platensis*) w formie proszku w ilości 0,5% dla 160 kogutków brojlerów Ross 308. Ptaki utrzymywano do 35. dnia życia. W ostatnich 3 dniach odchovu pobrano świeże odchody do analizy. Przed badaniem stężenia amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu próbki odchodów trzymano w szczelnie zamkniętych plastikowych pojemnikach o pojemności 3 l przez 5 dni w temperaturze pokojowej (24°C). Po okresie fermentacji zastosowano pompę do pobierania próbek gazu Gastec (model GV-100) (Gastec Corp., Tokio, Japonia). Stężenia amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu całkowitego mierzono odpowiednio: w zakresie od 5,0 do 100,0; 2,0 do 20,0 i 0,5 do 120,0 ppm (Park i in., 2018).

Efekt zastosowanej metody

Emisja gazowego amoniaku w odchodach uległa zmniejszeniu o 11 ppm w porównaniu z grupą bez dodatku spiruliny. Suplementacja spiruliną miała nieznaczny wpływ na obniżenie poziomu całkowitej emisji merkaptanu (2,1 vs 3,3 ppm) i siarkowodoru (2,1 vs 2,8 ppm) (Park i in., 2018).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Park J.H., Lee S.I., Kim I.H. (2018). Effect of dietary Spirulina (*Arthrospira platensis*) on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. Poultry Sci., 97(7): 2451–2459.

Strategia 14

Dodatek Spiruliny (*Arthrospira platensis*) w ilości 0,75% do paszy dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Spirulina (*Arthrospira platensis*) to nitkowata niebiesko-zielona mikroalga (cyjanobakteria), powszechnie uważana za bogate źródło wysokiej jakości białka, witamin (w szczególności witaminy B12 i prowitaminy β -karotenu), minerałów, niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, niezbędnych aminokwasów, pigmentów oraz kwasów fenolowych. Wiele badań naukowych wykazało, że spirulina ma działanie przeciwutleniające, immunomodulujące, przeciwzapalne, przeciwwirusowe i przeciwbakteryjne.

W badaniu zastosowano suplementację paszy spiruliną (*Arthrospira platensis*) w formie proszku w ilości 0,75% dla 160 kogutków brojlerów Ross 308. Ptaki utrzymywano do 35. dnia życia. W ostatnich 3 dniach odchovu pobrano świeże odchody do analizy. Przed badaniem stężenia amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu próbki odchodów trzymano w szczelnie zamkniętych plastikowych pojemnikach o pojemności 3 l przez 5 dni w temperaturze pokojowej (24°C). Po okresie fermentacji zastosowano pompę do pobierania próbek gazu Gastec (model GV-100) (Gastec Corp., Tokio, Japonia). Stężenia amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu całkowitego mierzono odpowiednio: w zakresie od 5,0 do 100,0; 2,0 do 20,0 i 0,5 do 120,0 ppm (Park i in., 2018).

Efekt zastosowanej metody

Emisja gazowego amoniaku w odchodach uległa zmniejszeniu o 14,1 ppm w porównaniu z grupą bez dodatku spiruliny. Suplementacja spiruliną miała nieznaczny wpływ na obniżenie poziomu całkowitej emisji merkaptanu (2,4 vs 3,3 ppm) i siarkowodoru (2,0 vs 2,8 ppm) (Park i in., 2018).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Park J.H., Lee S.I., Kim I.H. (2018). Effect of dietary Spirulina (*Arthrospira platensis*) on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. Poultry Sci., 97(7): 2451–2459.

Strategia 15

Dodatek spiruliny (*Arthrospira platensis*) w ilości 1% do paszy dla kurcząt rzeź- nych

Opis metody

Spirulina (*Arthrospira platensis*) to nitkowata niebiesko-zielona mikroalga (cyjanobakteria), powszechnie uważana za bogate źródło wysokiej jakości białka, witamin (w szczególności witaminy B12 i prowitaminy β -karotenu), minerałów, niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, niezbędnych aminokwasów, pigmentów oraz kwasów fenolowych. Wiele badań naukowych wykazało, że spirulina ma działanie przeciwutleniające, immunomodulujące, przeciwzapalne, przeciwwirusowe i przeciwbakteryjne.

W badaniu zastosowano suplementację paszy spiruliną (*Arthrospira platensis*) w formie proszku w ilości 1% dla 160 kogutków brojlerów Ross 308. Ptaki utrzymywano do 35. dnia życia. W ostatnich 3 dniach odchovu pobrano świeże odchody do analizy. Przed badaniem stężenia amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu próbki odchodów trzymano w szczelnie zamkniętych plastikowych pojemnikach o pojemności 3 l przez 5 dni w temperaturze pokojowej (24°C). Po okresie fermentacji zastosowano pompę do pobierania próbek gazów Gastec (model GV-100) (Gastec Corp., Tokio, Japonia). Stężenia amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu całkowitego mierzono odpowiednio: w zakresie od 5,0 do 100,0; 2,0 do 20,0 i 0,5 do 120,0 ppm (Park i in., 2018).

Efekt zastosowanej metody

Emisja gazowego amoniaku w odchodach uległa zmniejszeniu o 13,9 ppm w porównaniu z grupą bez dodatku spiruliny. Suplementacja spiruliną miała nieznaczny wpływ na obniżenie poziomu całkowitej emisji merkaptanu (2,8 vs 3,3 ppm) i siarkowodoru (2,2 vs 2,8 ppm) (Park i in., 2018).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Park J.H., Lee S.I., Kim I.H. (2018). Effect of dietary Spirulina (*Arthrospira platensis*) on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. Poultry Sci., 97(7): 2451–2459.

Strategia 16

Zastosowanie fitoncydu w ilości 0,5 g/kg paszy – fitogenicznego dodatku do paszy kurcząt rzeźnych

Opis metody

W żywieniu drobiu stosuje się obecnie szereg związków przeciwdrobnoustrojowych, takich jak ekstrakty roślinne, fitogeniczne dodatki paszowe (PFA) i probiotyki w celu poprawy statusu zdrowotnego oraz parametrów produkcyjnych. Zaobserwowano także, że olejki eteryczne mogą hamować wzrost bakterii np. *Clostridium sticklandii* i *Peptostreptococcus anaerobius*, wpływających na wytwarzanie dużych ilości amoniaku.

Fitoncyd ekstrahowano z sosny koreańskiej i stosowano jako PFA do redukcji aktywności mikroorganizmów, w tym bakterii i grzybów. Fitoncyd zawierał 20% substancji aktywnych (olejki eteryczne, flawonoidy, związki fenolowe, alkaloidy, garbniki, terpeny i saponiny) i 80% nośnika (dekstryna). Jednodniowe pisklęta brojlery Ross 308 o początkowej masie $47,4 \pm 0,3$ g utrzymywano do 35. dnia życia. Temperatura w pomieszczeniu dla ptaków w pierwszym dniu doświadczenia wynosiła 35°C i obniżano ją o 2–3°C co tydzień, aż do osiągnięcia 22°C w ostatnim tygodniu. Kurczęta brojlery były indywidualnie ważone i przydzielane do grup żywieniowych: podstawowej oraz z dodatkiem 0,5 g fitoncydu/kg paszy. Pasza oraz świeża woda dostarczana były *ad libitum* przez cały okres doświadczenia. W ostatnich 2 dniach doświadczenia pobrano próbki świeżych odchodów. Probki umieszczono w szczelnie zamkniętych pojemnikach i przechowywano w temperaturze 4°C do momentu analizy. Pobrane próbki przechowywano w 2,6-litrowych plastikowych pudełkach w dwóch powtórzeniach. Probki fermentowały przez 5 dni w temperaturze pokojowej (25°C), po tym okresie pobrano próbkę gazu przy użyciu samowyzwalacza gazowego Gastec (Model GV-100; GASTEC Corp. Ayase, Kanagawa, Japonia). Zmierzono stężenie NH₃, H₂S, merkaptanu całkowitego i kwasu octowego za pomocą tuby detektorowej (GASTEC Corp.) w zakresie 5,0–100,0; 2,0–20,0; 0,5–120,0 i 2,0–50,0 ppm (Li i in., 2015).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek fitoncydu w ilości 0,5 g/kg paszy zredukował emisję amoniaku o 3,39 ppm, poziom merkaptanu całkowitego o 0,18 ppm, siarkowodoru o 0,07 ppm, kwasu octowego o 0,20 ppm.

Fitoncyd można rozważyć jako środek zmniejszający emisję gazów w odchowie kurcząt brojlerów (Li i in., 2015).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Uzależniona od dostępności przetestowanego fitoncydu.

Piśmiennictwo

Li H.L., Zhao P.Y., Lei Y., Hossain M.M., Kim I.H. (2015). Phytoncide, phytogenic feed additive as an alternative to conventional antibiotics, improved growth performance and decreased excreta gas emission without adverse effect on meat quality in broiler chickens. *Livest. Sci.*, 181: 1–6.

Strategia 17

Zastosowanie fitoncydu w ilości 1 g/kg paszy – fitogenicznego dodatku do paszy dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

W żywieniu drobiu obecnie stosuje się szereg związków przeciwdrobnoustrojowych takich jak ekstrakty roślinne, fitogeniczne dodatki paszowe (PFA) i probiotyki w celu poprawy statusu zdrowotnego oraz parametrów produkcyjnych. Zaobserwowano także, że olejki eteryczne mogą hamować wzrost bakterii np. *Clostridium sticklandii* i *Peptostreptococcus anaerobius*, wpływających na wytwarzanie dużych ilości amoniaku.

Fitoncyd ekstrahowano z sosny koreańskiej i stosowano jako PFA do redukcji aktywności mikroorganizmów, w tym bakterii i grzybów. Fitoncyd zawierał 20% substancji aktywnych (olejki eteryczne, flawonoidy, związki fenolowe, alkaloidy, garbniki, terpeny i saponiny) i 80% nośnika (dekstryna). Jednodniowe pisklęta brojlery Ross 308 o początkowej masie $47,4 \pm 0,3$ g utrzymywano do 35. dnia życia. Temperatura w pomieszczeniu dla ptaków w pierwszym dniu doświadczenia wynosiła 35°C i obniżano ją o 2–3°C co tydzień, aż do osiągnięcia 22°C w ostatnim tygodniu. Kurczęta brojlery były indywidualnie ważone i przydzielane do grup żywieniowych: podstawowej oraz z dodatkiem 1 g fitoncydu/kg paszy. Pasza oraz świeża woda dostarczane były *ad libitum* przez cały okres doświadczenia. W ostatnich 2 dniach doświadczenia pobrano próbki świeżych odchodów. Probki umieszczono w szczelnie zamkniętych pojemnikach i przechowywano w temperaturze 4°C do momentu analizy. Pobrane próbki przechowywano w 2,6-litrowych plastikowych pudełkach w dwóch powtórzeniach. Probki fermentowały przez 5 dni w temperaturze pokojowej (25°C), po tym okresie pobrano próbkę gazu przy użyciu samowyzwalacza gazowego Gastec (Model GV-100; GASTEC Corp. Ayase, Kanagawa, Japonia). Zmierzono stężenie NH₃, H₂S, merkaptanu całkowitego i kwasu octowego za pomocą tuby detektorowej (GASTEC Corp.) w zakresie 5,0–100,0; 2,0–20,0; 0,5–120,0 i 2,0–50,0 ppm (Li i in., 2015).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek fitoncydu w ilości 1 g/kg paszy zredukował emisję amoniaku o 5,47 ppm, poziom merkaptanu całkowitego o 0,35 ppm, siarkowodoru o 0,27 ppm, kwasu octowego o 0,25 ppm

Fitoncyd można rozważyć jako środek zmniejszający emisję gazów w odchowie kurcząt brojlerów (Li i in., 2015).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Uzależniona od dostępności przetestowanego fitoncydu.

Piśmiennictwo

Li H.L., Zhao P.Y., Lei Y., Hossain M.M., Kim I.H. (2015). Phytoncide, phytogenic feed additive as an alternative to conventional antibiotics, improved growth performance and decreased excreta gas emission without adverse effect on meat quality in broiler chickens. *Livest. Sci.*, 181: 1–6.

Strategia 18

Dodatek astaksantyny wytwarzanej przez *Phaffia rhodozyma* w ilości 2,3 mg/kg paszy dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Potencjalną alternatywą dla antybiotyków są drożdże i ich produkty pochodne. *Phaffia rhodozyma* to gatunek drożdży wytwarzający pigment karotenoidowy, astaksantynę (AST), która wykazuje szeroki zakres aktywności biologicznej, w tym przeciwutleniającą u zwierząt.

Do produkcji biologicznej AST w tym badaniu wykorzystano drożdże *Phaffa rhodozyma*, szczep 67–210 (naturalny izolat). W trwającym 4 tygodnie badaniu brało udział 288 kogutków brojlerów Arbor Acres (początkowa masa ciała $47,94 \pm 0,10$ g). Ptaki przydzielono do dwóch grup żywieniowych, kontrolnej i doświadczalnej, w której do paszy zastosowano dodatek 1000 mg drożdży *Phaffa rhodozyma* na 1 kg paszy, co daje spożycie 2,3 mg astaksantyny na 1 kg paszy. Zastosowano żywienie dwufazowe (faza początkowa 0 do 2 tygodni i faza końcowa od 3. do 4. tygodnia życia ptaków). Określono i przeanalizowano wpływ paszy z astaksantyną na emisję amoniaku, merkaptanu, siarkowodoru i kwasu octowego z próbek kału. Aby określić emisję gazów, próbki kału poddano fermentacji przez 24 godziny w temperaturze pokojowej (25°C), po czym pobrano próbkę gazu przy użyciu samowyzwalacza gazowego Gastec (model GV-100) i przeprowadzono pomiar gazów (amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu) (Jeong i Kim, 2014).

Efekt zastosowanej metody

Emisja amoniaku z próbek uzyskanych od kurcząt brojlerów karmionych astaksantyną była znacznie niższa niż z grupy kontrolnej (14,42 vs 17,98 ppm). Obserwowano nieznacznie niższy poziom merkaptanu całkowitego (0,66 vs 0,82 ppm), siarkowodoru (0,70 vs 0,86 ppm) i kwasu octowego (0,82 vs 0,90 ppm) w próbkach kału pobranych od brojlerów żywionych 2,3 mg astaksantyny/kg paszy (Jeong i Kim, 2014).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Uzależniona od dostępności *Phaffia rhodozyma*.

Piśmiennictwo

Jeong J.S., Kim I.H. (2014). Effect of astaxanthin produced by *Phaffia rhodozyma* on growth performance, meat quality, and fecal noxious gas emission in broilers. *Poultry Sci.*, 93: 3138–3144.

Strategia 19

Dodatek astaksantyny wytwarzanej przez *Phaffia rhodozyma* w ilości 4,6 mg/kg paszy dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Potencjalną alternatywą dla antybiotyków są drożdże i ich produkty pochodne. *Phaffia rhodozyma* to gatunek drożdży wytwarzający pigment karotenoidowy, astaksantynę (AST), która wykazuje szeroki zakres aktywności biologicznej, w tym przeciwutleniającej u zwierząt.

Do produkcji biologicznej AST w tym badaniu wykorzystano drożdże *Phaffa rhodozyma*, szczep 67–210 (naturalny izolat). W trwającym 4 tygodnie badaniu brało udział 288 kogutków brojlerów Arbor Acres (początkowa masa ciała $47,94 \pm 0,10$ g). Ptaki przydzielono do dwóch grup żywieniowych, kontrolnej i doświadczalnej, w której do paszy zastosowano dodatek 2000 mg drożdży *Phaffa rhodozyma* na 1 kg paszy, co daje spożycie 4,6 mg astaksantyny na 1 kg paszy. Zastosowano żywienie dwufazowe (faza początkowa 0 do 2 tygodni i faza końcowa od 3. do 4. tygodnia życia ptaków). Określono i przeanalizowano wpływ paszy z astaksantyną na emisję amoniaku, merkaptanu, siarkowodoru i kwasu octowego z próbek kału. Aby określić emisję gazów, próbki kału poddano fermentacji przez 24 godziny w temperaturze pokojowej (25°C), po czym pobrano próbkę gazu przy użyciu samowyzwalacza gazowego Gastec (model GV-100) i przeprowadzono pomiar gazów (amoniaku, siarkowodoru i merkaptanu) (Jeong i Kim, 2014).

Efekt zastosowanej metody

Emisja amoniaku z próbek uzyskanych od kurcząt brojlerów karmionych astaksantyną była znacznie niższa niż z grupy kontrolnej (14,32 vs 17,98 ppm). Obserwowano nieznacznie niższy poziom merkaptanu całkowitego (0,66 vs 0,82 ppm), siarkowodoru (0,74 vs 0,86 ppm) i kwasu octowego (0,78 vs 0,90 ppm) w próbkach kału pobranych od brojlerów żywionych 4,6 mg astaksantyny/kg paszy (Jeong i Kim, 2014).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Uzależniona od dostępności *Phaffia rhodozyma*.

Piśmiennictwo

Jeong J.S., Kim I.H. (2014). Effect of astaxanthin produced by *Phaffia rhodozyma* on growth performance, meat quality, and fecal noxious gas emission in broilers. Poultry Sci., 93: 3138–3144.

Strategia 20

Dodatek *Bacillus amyloliquefaciens* w ilości 5 g/kg paszy dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Bacillus amyloliquefaciens to gatunek *Bacillus* o silnym działaniu, który wytwarza kilka enzymów zewnątrzkomórkowych, w tym α -amylazy, celulazy, metaloproteazy i proteazy poprawiające strawność i wchłanianie składników odżywczych, a także ogólną funkcję immunologiczną jelit. Dodatkowo bakteriocyny (subtylina i barnaza) wytwarzane przez *B. amyloliquefaciens* mają działanie bakteriobójcze wobec bakterii patogennych wytwarzających amoniak, takich jak: *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* i *Yersinia*.

Badano wpływ probiotyku *Bacillus amyloliquefaciens* podawanego bezpośrednio do paszy na emisję szkodliwych gazów z kału kurcząt brojlerów. Jednodniowe kogutki brojlerzy (Ross 308) o początkowej masie ciała $46,1 \pm 0,10$ g przydzielono do 2 grup i utrzymywano do 35. dnia życia. Grupie doświadczalnej podawano paszę z dodatkiem 5 g probiotyku *Bacillus amyloliquefaciens* na 1 kg paszy. Szczepem probiotycznym zastosowanym w tym eksperymencie był *Bacillus amyloliquefaciens* KB3. Przez cały czas trwania doświadczenia wilgotność względna utrzymywana była na poziomie około 50%.

Po zakończeniu odchowu pobrano próbki kału w celu pomiaru emisji NH_3 i H_2S . Próbkę pozostawiono do fermentacji na 3 godziny w temperaturze pokojowej ($24\text{--}28^\circ\text{C}$), po czym zmierzono stężenie gazu za pomocą pompy do pobierania próbek gazu Gastec (model AP-20). Po pobraniu próbek pojemniki zabezpieczono i inkubowano w temperaturze pokojowej. Dodatkowe próbki gazu pobrano po 6, 12, 24 i 48 godzinach. Stężenie NH_3 i H_2S wyrażono w miligramach na kilogram odchodów (Ahmed i in., 2014).

Efekt zastosowanej metody

Emisje NH_3 z odchodów kurcząt brojlerów w grupie kontrolnej były znacznie wyższe niż w grupie otrzymującej suplementację probiotyku w dawce 5 g/kg paszy po 0, 3, 6, 12, 24 i 48 godzinach inkubacji odpowiednio o: 7,47; 19,80; 30,37; 49,90; 82,60; 264,30 mg/kg. Za cały okres doświadczenia poziom emisji amoniaku z odchodów wynosił średnio w grupie kontrolnej 87,9, a w doświadczalnej 12,2 mg/kg.

Włączenie probiotyku w ilości 5 g/kg paszy dla kurcząt brojlerów znacznie zmniejszyło emisję H_2S z odchodów brojlerów w 0, 3, 6, 12 i 24 godziny w porównaniu z grupą kontrolną, jednakże nie wykazało żadnego zmniejszenia po 48 godzinach. Średnio za cały okres doświadczenia poziom emisji H_2S z odchodów brojlerów otrzymujących w diecie probiotyk w ilości 5 g/kg paszy zredukowany został o 38,55 mg/kg (Ahmed i in., 2014).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Uzależniona od dostępności *Bacillus amyloliquefaciens*.

Piśmiennictwo

Ahmed S.T., Islam M.M., Mun H.S., Sim H.J., Kim Y.J. (2014). Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* as a probiotic strain on growth performance, cecal microflora, and fecal noxious gas emissions of broiler chickens. Poultry Sci., 93: 1963–1971.

Strategia 21

Dodatek *Bacillus amyloliquefaciens* w ilości 20 g/kg paszy dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Probiotyki zawierające *Bacillus amyloliquefaciens* wytwarzają α -amylazę, która jest wykorzystywana w hydrolizie skrobi. Szczep ten wytwarza również dużą ilość enzymów pozakomórkowych, takich jak celulaza i proteazy, które mogą usprawnić trawienie składników odżywczych. Probiotyki odgrywają ważną rolę w stabilizacji ekosystemu jelitowego zwierząt poprzez zwiększenie wzrostu pożytecznych bakterii i konkurowanie z bakteriami chorobotwórczymi w jelitach. *Bacillus amyloliquefaciens* wytwarza przeciwdrobnoustrojowe barnazę i mersacydynę, które mogą zmniejszać mikroflorę wytwarzającą ureazę w świetle przewodu pokarmowego, osłabiając w ten sposób uwalnianie NH_3 w przewodzie pokarmowym. *B. amyloliquefaciens* obniża też pH kału, a tym samym zmniejsza konwersję amonu w kale do lotnego amoniaku.

Badano wpływ probiotyku *Bacillus amyloliquefaciens* podawanego bezpośrednio do paszy na emisję szkodliwych gazów z kału kurcząt brojlerów. Jednodniowe kogutki brojlery (Ross 308) o początkowej masie ciała $46,1 \pm 0,10$ g przydzielono do 2 grup i utrzymywano do 35. dnia życia. W grupie doświadczalnej podawano paszę z dodatkiem 20 g probiotyku *Bacillus amyloliquefaciens* na 1 kg paszy. Szczepem probiotycznym zastosowanym w tym eksperymencie był *Bacillus amyloliquefaciens* KB3. Przez cały czas trwania doświadczenia wilgotność względna utrzymywana była na poziomie około 50%. Po zakończeniu odchowu pobrano próbki kału w celu pomiaru emisji NH_3 i H_2S . Próbkę pozostawiono do fermentacji na 3 godziny w temperaturze pokojowej ($24\text{--}28^\circ\text{C}$), po czym zmierzono stężenie gazu za pomocą pompy do pobierania próbek gazu Gastec (model AP-20). Po pobraniu próbek pojemniki zabezpieczono i inkubowano w temperaturze pokojowej. Dodatkowe próbki gazu pobrano po 6, 12, 24 i 48 godzinach. Stężenie NH_3 i H_2S wyrażono w miligramach na kilogram odchodów (Ahmed i in., 2014).

Efekt zastosowanej metody

Emisję NH_3 z odchodów kurcząt brojlerów w grupie kontrolnej były znacznie wyższe niż w grupie otrzymującej suplementację probiotyku w dawce 20 g/kg paszy po 0, 3, 6, 12, 24 i 48 godzinach inkubacji odpowiednio o: 11,13; 23,87; 34,87; 56,97; 92,70 oraz 276,69 mg/kg. Za cały okres doświadczenia poziom emisji amoniaku z odchodów wynosił średnio w grupie kontrolnej 87,9, a w doświadczalnej 5,26 mg/kg.

Włączenie probiotyku w ilości 20 g/kg paszy do diety brojlerów znacznie zmniejszyło emisję H_2S z odchodów brojlerów w 0, 3, 6, 12 i 24 godziny w porównaniu z grupą kontrolną, jednakże nie stwierdzono zmniejszenia po 48 godzinach. Średnio za cały okres doświadczenia poziom emisji H_2S z odchodów brojlerów otrzymujących w diecie probiotyk w ilości 20g/kg paszy zredukowany został o 36,23 mg/kg (Ahmed i in., 2014).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Uzależniona od dostępności *Bacillus amyloliquefaciens*.

Piśmiennictwo

Ahmed S.T., Islam M.M., Mun H.S., Sim H.J., Kim Y.J. (2014). Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* as a probiotic strain on growth performance, cecal microflora, and fecal noxious gas emissions of broiler chickens. Poultry Sci., 93: 1963–1971.

Strategia 22

Zastosowanie obniżonego poziomu białka ogólnego w żywieniu kurcząt brojlerów

Opis metody

Metoda ta polega na obniżeniu poziomu białka ogólnego w paszy, przy jednoczesnym pokryciu potrzeb żywieniowych drobiu każdej grupy technologicznej. Wymaga ona nie tylko zmiany składu paszy, ale również jej strawności. Dostosowanie koncentracji białka w paszy do zapotrzebowania drobiu oznacza 10–15% redukcję zawartości BO w dawce pokarmowej. Do bilansowania dawki na poziom N zazwyczaj używa się dodatku aminokwasów syntetycznych, enzymów rozkładających przeważnie niedostępne dla ptaków związki białkowe paszy. Pasza jest droższa, ale jej zużycie mniejsze, co w dużym stopniu kompensuje wzrost kosztów żywienia. Wyższa jest też wtedy produktywność drobiu. Zapotrzebowanie ptaków na białko powinno być pokryte na podstawie zawartości aminokwasów limitujących, to znaczy tych najczęściej brakujących w mieszance paszowej. W metodzie ważne jest bilansowanie receptur mieszanek paszowych z zastosowaniem aminokwasów strawnych, których zawartość oblicza się wykorzystując tabelaryczne współczynniki strawności dla poszczególnych materiałów paszowych. Oparty na strawnych aminokwasach system bilansowania powinien być stosowany zwłaszcza w przypadku receptur ze znacznym udziałem alternatywnych źródeł białka, w tym nasion krajowych roślin bobowatych, które często charakteryzują się niską strawnością składników pokarmowych. Bilansowanie receptur z uwzględnieniem jelitowej strawności aminokwasów daje możliwość obniżenia poziomu białka ogólnego w mieszankach bez negatywnego wpływu na wskaźniki produkcyjne i uzyskiwane efekty ekonomiczne.

Zalecana koncentracja białka w paszy dla kurcząt brojlerów, obniżająca emisję amoniaku (Kodeks dobrej praktyki rolniczej..., 2019):

- do 2. tygodnia życia – koncentracja białka 20–22%
- 2–5. tydzień życia – koncentracja białka 19–21%
- powyżej 5. tygodnia życia – koncentracja białka 18–20%

Efekt zastosowanej metody

Badania wskazują, że obniżenie zawartości białka w paszy o 1% zmniejsza emisję amoniaku z brojlerni w zakresie 5–10%. Istnieje możliwość – w stosunku do komercyjnych standardów – obniżenia zawartości białka w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów i kur nieśnych o maksymalnie 2–3%. Jednak nawet przy intensywnej suplementacji diety aminokwasami krystalicznymi istnieją biologiczne limity takiego zabiegu, które przy przekroczeniu prowadzą do pogorszenia wskaźników produkcyjnych. Zabiegi, które zwiększają strawność składników pokarmowych, to hydrotermiczne preparowanie materiałów paszowych, a także optymalny (dostosowany do wieku ptaków) dobór komponentów mieszanek pełnoporcjowych, charakteryzujących się niską zawartością związków antyżywniowych. Liczy się nie tylko ilość dostarczanego w paszy białka, lecz także jego jakość, czyli zawartość i proporcje poszczególnych aminokwasów. Szczególnie ważne są te z nich, które noszą miano eg-

zogennych, a więc nie mogą być syntetyzowane w organizmach ptaków. W przypadku braku odpowiednich enzymów niektóre rodzaje białka dostarczanego w paszy nie ulegają strawieniu i wydalone są do środowiska. Stąd duża rola dodatków paszowych o działaniu zwiększającym rozkład białka i dostępność jego aminokwasów z przewodu pokarmowego, co pozwala na obniżenie poziomu białka ogólnego dawki pokarmowej i ograniczenie w ten sposób wydalania azotu. Są to np. dodatki paszowe o charakterze enzymów proteolitycznych pochodzenia mikrobiologicznego czy kwasy organiczne. Należy pamiętać, że praktyczne efekty dodatków paszowych bywają zmienne i najlepiej stosować gotowe pasze pełnodawkowe. W tej metodzie emisja amoniaku jest szacowana należy na 10–15% (Kodeks dobrej praktyki rolniczej..., 2019).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia

Piśmiennictwo

Kodeks dobrej praktyki rolniczej w zakresie ograniczania emisji amoniaku. (2019). Praca zbiorowa pod redakcją ITP w Falentach. Rozdział II. Żywnościowe metody ograniczania emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej. C. Drób: 1. Zastosowanie obniżonego poziomu białka w żywieniu drobiu. Walczak J., Sowula-Skrzyńska E., Borecka A., Kraczyk W., Tyra M., Pieszka M., Knapik J., Połtowicz K., Karpowicz A., Kowalska D., Wrona I. (*autorzy rozdziału II*). Inst. Technol. w Falentach, 2019.

Strategia 23

Zastosowanie żywienia wielofazowego w odchowie kurcząt rzeźnych

Opis metody

W różnych fazach wzrostu drobiu dostosowanie diety do zapotrzebowania redukuje ilość wydzielanego azotu, a tym samym i emisję amoniaku, przy zachowaniu efektywności produkcji na odpowiednim poziomie. Wraz ze wzrostem ptaków zapotrzebowanie na białko, ulega stopniowo obniżeniu. W żywieniu drobiu rzeźnego, stosowane jest powszechnie żywienie 3-fazowe, które zostało wprowadzone w sposób samoistny dla obniżenia kosztów żywienia i poprawy opłacalności produkcji.

Opisywana metoda zaleca z kolei stosowanie pięciu rodzajów mieszanek, obejmujących odpowiednio: 1-10, 11-24, 25-35, 36-42 i >42 dzień życia. Nowym rozwiązaniem zastosowanym w przygotowywanych normach jest przedstawienie zapotrzebowania wszystkich grup wiekowych/ technologicznych kurcząt rzeźnych na aminokwasy w postaci ich koncentracji w przeliczeniu na jednostkę (1 MJ) energii metabolicznej (Kodeks dobrej praktyki rolniczej..., 2019).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie 4-5 fazowego żywienia kurcząt rzeźnych pozwoli na zachowanie optymalnej równowagi energetyczno-białkowej w poszczególnych fazach produkcji, co przyczyni się do bardziej efektywnego wykorzystania białka zawartego w paszy i ograniczenia ilości azotu wydalanego w odchodach (Praca zbiorowa pod redakcją ITP w Falentach, 2019).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia

Piśmiennictwo

Praca zbiorowa pod redakcją ITP w Falentach (2019). Kodeks dobrej praktyki rolniczej w zakresie ograniczania emisji amoniaku. Rozdział II. Żywieniowe metody ograniczania emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej. C. Drób: 2. Zastosowanie żywienia wielofazowego w odchowie brojlerów i indyków. Walczak J., Sowula-Skrzyńska E., Borecka A., Kraczyk W., Tyra M., Pieszka M., Knapik J., Połtowicz K., Karpowicz A., Kowalska D., Wrona I. (autorzy rozdziału II). Inst. Technol. w Falentach, 2019.

Strategia 24

Wprowadzenie do diety kurcząt rzeźnych enzymów poprawiających strawność XAP

Opis metody

Produkcja żywności generuje około jednej trzeciej wszystkich emisji gazów cieplarnianych (GHG) powodowanych przez człowieka. Badany produkt enzymatyczny Aextra XAP jest kombinacją ksylanazy (X), α -amylazy (A) i proteazy (P) opracowaną przez Danisco Animal Nutrition (DuPont Industrial Biosciences). Kombinacja aktywności trzech enzymów w XAP: 2000 U/g ksylanazy (rozkład błonnika), 200 U/g amylazy (rozkład skrobi) oraz 4000 U/g proteazy (rozkład białka) umożliwia większe włączenie do diety tańszych i potencjalnie bardziej przyjaznych dla środowiska składników paszowych o niższej wartości odżywczej. XAP można stosować w dietach opartych na kukurydzy i soi zawierających do 12% produktów ubocznych.

Porównano dwa układy: jeden uwzględniał XAP, drugi zaś nie uwzględniał XAP. Potencjał XAP w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych został udokumentowany poprzez ocenę gazów cieplarnianych opartą na metodzie: Środowiskowa ocena cyklu życia (ang. life cycle assessment, LCA). Istotą tej metody jest nastawienie nie tylko na ocenę wyniku końcowego danego procesu technologicznego, ale także oszacowanie i ocena konsekwencji całego procesu dla środowiska naturalnego. Proces LCA polega więc na zbieraniu danych wejściowych i wyjściowych dotyczących danego wyrobu, a następnie ich ocenie oraz określeniu potencjalnego wpływu na środowisko w całym cyklu życia obejmującym produkcję, użytkowanie oraz utylizację. Zastosowano modelowanie konsekwentne, obejmujące pośrednie zmiany użytkowania gruntów (ILUC) i bezpośrednie użytkowanie gruntów (LU) (Bundgaard i in., 2014).

Efekt zastosowanej metody

Badania wykazały, że XAP umożliwił oszczędności w zakresie emisji gazów cieplarnianych z produkcji brojlerów rzędu 90 g ekwiwalentu CO₂ na FU (jednostka funkcjonalna). Odpowiadało to 5% redukcji emisji gazów cieplarnianych z produkcji brojlerów. Analiza wrażliwości wykazała, że wyniki znacznie się różniły, ale we wszystkich przeprowadzonych analizach użycie XAP w paszy zredukowało emisję gazów cieplarnianych w zakresie od 6 do 345 g ekwiwalentu CO₂ na FU. Stwierdzono, że użycie XAP może potencjalnie zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych z produkcji brojlerów, pomimo wykrytych niepewności co do czułości analiz (Bundgaard i in., 2014).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Bundgaard A.M., Dalgaard R., Gilbert C., Thrane M. (2014). Assessment of the potential of digestibility-improving enzymes to reduce greenhouse gas emissions from broiler production. J. Clean. Prod., 73: 218–226.

Strategia 25

Dodatek alunu w ilości 1 kg/m² do ściółki w odchowie kurcząt rzeźnych

Opis metody

Ałun to minerał dwunastowodnego siarczany glinowo-potasowego. Minerał ten charakteryzuje się kwaśnym odczynem, dzięki czemu wykazuje działanie bakteriobójcze.

Zbadano wpływ dodatku ałunu do ściółki w odchowie kurcząt rzeźnych na emisję amoniaku. Kurczęta brojlery Arbor Acres utrzymywano do 49. dnia życia na ściółce o grubości 5 cm w dwóch pomieszczeniach w standardowych warunkach środowiskowych i żywiono komercyjnymi mieszankami paszowymi. W jednym pomieszczeniu zastosowano dodatek do ściółki 1 kg ałunu/m² powierzchni brojlerni. Przez 3 dni w każdym tygodniu odchovu prowadzono pomiar stężenia NH₃ w powietrzu oraz określano pH i wilgotność ściółki (Zhang i in., 2011).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek ałunu do ściółki dla kurcząt brojlerów w ilości 1 kg/m² powierzchni podłogi miał znaczący wpływ na uwalnianie NH₃. Dodatek ałunu zmniejszył stężenie NH₃ o 30% w powietrzu w brojlerni oraz obniżył pH ściółki do 35. dnia odchovu, natomiast nie miał wpływu na wilgotność ściółki. Wynik sugeruje, że obniżone pH ściółki i mniejsza aktywność ureazy bakteryjnej, dzięki zastosowaniu ałunu, są odpowiedzialne za zmniejszoną emisję amoniaku (Zhang i in., 2011).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Zhang H.F., Jiao H.C., Song Z.G., Lin H. (2011). Effect of alum-amended litter and stocking density on ammonia release and footpad and hock dermatitis of broilers. Agri. Sci.China, 10(5): 777–785.

Strategia 26

Zastosowanie diety wzbogaconej w 0,015% postbiotyku pochodzącego z *Bacillus subtilis*

Opis metody

Bacillus subtilis to probiotyk stosowany w dietach drobiu, przynoszący wiele korzyści takich jak: poprawa wzrostu, regulacja układu odpornościowego i zwiększona odporność na choroby. Probiotyk *Bacillus subtilis* może wydzielać różne postbiotyki, takie jak enzymy, krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, witaminy, kwasy teichojoyowe i egzopolisacharydy. Postbiotyki mają między innymi możliwość modulowania mikroflory jelitowej organizmu i poprawiania wchłaniania składników odżywczych.

W badaniu zastosowano ACCC 11025 – postbiotyk pochodzący z *Bacillus subtilis* jako dodatek do paszy w ilości 0,015% dla 120 kurcząt brojlerów Arbor Acres. Ptaki doświadczalne, jak i kontrolne (łącznie 240 ptaków) odchowywano przez okres 42 dni. Podczas odchovu zapewniono ptakom standardowe warunki termiczne oraz nieograniczony dostęp zarówno do paszy, jak i wody. Zastosowano 2-fazowe żywienie kurcząt (1–21. oraz 22–42. dzień życia). W 42. dniu badań określano liczbę bakterii w odchodach oraz emisję amoniaku z odchodów ptaków. Próbkę kału (1 g) rozcieńczano 10-krotnie buforowaną wodą peptonową, a następnie umieszczano na określonej płytce agarowej w celu wyizolowania: *Lactobacillus*, *Escherichia coli* i *Salmonella*. Płytki agarowe *Lactobacilli* były inkubowane przez 24 godziny w temperaturze 37°C. Pozostałe próbki odchodów umieszczono w oddzielnych plastikowych pojemnikach o pojemności 2,6 l z uszczelnionym otworem. Próbkę kału fermentowały przez 24 godziny w temperaturze 25°C. Przed pomiarem emisji amoniaku, w celu zapewnienia jednorodności, próbki odchodów homogenizowano przez 30 s. Analizę poziomu amoniaku wykonano przy pomocy analizatora gazów (GV-100S; Gastec Corp., San Diego, CA) (Fang i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Stwierdzono zmniejszenie w odchodach ptaków z grupy doświadczalnej ilości bakterii *Escherichia coli* o 0,101 log₁₀cfu/g oraz wzrost o 1,48 log₁₀cfu/g *Lactobacillus*. Wykazano także redukcję emisji amoniaku z odchodów o 86%. Wyniki te sugerują, że 0,015% dodatek do paszy kurcząt brojlerów postbiotyku, pochodzącego z *Bacillus subtilis* ACCC 11025, może mieć korzystny wpływ na środowisko (Fang i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia uzależniona od dostępności preparatu na rynku.

Piśmiennictwo

Fang S., Fan X., Xu S., Gao S., Wang T., Chen Z., Li D. (2024). Effects of dietary supplementation of postbiotic derived from *Bacillus subtilis* ACCC 11025 on growth performance, meat yield, meat quality, excreta bacteria, and excreta ammonia emission of broiler chicks. *Poultry Sci.*, 103: 103444.

Strategia 27

Zastosowanie postbiotyku ACCC 11025 w ilości 0,030% jako dodatku do paszy kurcząt rzeźnych

Opis metody

Badaniami objętych zostało 240 kurcząt brojlerów Arbor Acres, które utrzymywano przez okres 42 dni. Ptaki podzielono na 2 grupy, w grupie doświadczalnej zastosowano ACCC 11025 – postbiotyk pochodzący z *Bacillus subtilis* jako dodatek do paszy w ilości 0,030%. Podczas odchowu zapewniono ptakom standardowe warunki termiczne oraz nieograniczony dostęp zarówno do paszy, jak i wody. Żywienie kurcząt było dwufazowe: 1–21. oraz 22–42. dzień życia. W 42. dniu odchowu kurcząt rzeźnych określono liczbę bakterii w odchodach oraz emisję amoniaku z odchodów ptaków. Próbkę kału (1 g) rozcieńczano 10-krotnie buforowaną wodą peptonową, a następnie umieszczano na określonej płytce agarowej w celu wyizolowania: *Lactobacillus*, *Escherichia coli* i *Salmonella*. Płytki agarowe kwasu mlekowego były inkubowane przez 24 godziny w temperaturze 37°C. Pozostałe odchody kurcząt umieszczono w oddzielnych plastikowych pojemnikach o pojemności 2,6 l z uszczelnionym otworem. Próbkę kału fermentowały przez 24 godziny w temperaturze 25°C. Przed pomiarem emisji amoniaku, w celu zapewnienia jednorodności, próbki odchodów homogenizowano przez 30 s. Analizę poziomu amoniaku wykonano przy pomocy analizatora gazów (GV-100S; Gastec Corp., San Diego, CA) (Fang i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Poziom bakterii *Escherichia coli* w odchodach doświadczalnych kurcząt rzeźnych spadł o 3,1%. Wykazano również wzrost o 7% bakterii kwasu mlekowego *Lactobacillus*. Wykazano także redukcję emisji amoniaku z odchodów ptaków otrzymujących dietę wzbogaconą posbiotykiem ACCC 11025 o 85%. Zastosowanie postbiotyku ACCC 11025 w ilości 0,030% do paszy kurcząt brojlerów zmniejszyła emisję NH_3 do środowiska (Fang i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia uzależniona od dostępności preparatu na rynku.

Piśmiennictwo

Fang S., Fan X., Xu S., Gao S., Wang T., Chen Z., Li D. (2024). Effects of dietary supplementation of postbiotic derived from *Bacillus subtilis* ACCC 11025 on growth performance, meat yield, meat quality, excreta bacteria, and excreta ammonia emission of broiler chicks. *Poultry Sci.*, 103: 103444.

Strategia 28

Dodatek postbiotyku ACCC 11025 w ilości 0,045% do paszy kurcząt rzeźnych

Opis metody

W badaniu zastosowano ACCC 11025 – postbiotyk pochodzący z *Bacillus subtilis* jako dodatek do paszy dla kurcząt brojlerów Arbor Acres. 240 jednodniowych piskląt brojlerów Arbor Acres przydzielono losowo do 2 grup i utrzymywano przez okres 42 dni. Podczas odchowu zapewniono ptakom standardowe warunki termiczne oraz nieograniczony dostęp zarówno do paszy, jak i wody. Zastosowano żywienie dwufazowe: 1–21. oraz 22–42. dzień życia. W grupie doświadczalnej kurczęta brojlery otrzymywały 0,045% dodatku ACCC 11025 do paszy. W 42. dniu badań zebrano próbki kału z każdej grupy. W celu określenia liczby bakterii 1 g kału rozcieńczano 10-krotnie buforowaną wodą peptonową, a następnie umieszczano na określonej płycie agarowej w celu wyizolowania: *Lactobacillus*, *Escherichia coli* i *Salmonella*. Płytki agarowe kwasu mlekowego były inkubowane przez 24 godziny w temperaturze 37°C. Po okresach inkubacji kolonie poszczególnych bakterii zliczano i wyrażono jako logarytm jednostek tworzących kolonie na 1 gram. Pozostałe zebrane odchody umieszczono w oddzielnych plastikowych pojemnikach o pojemności 2,6 l z uszczelnionym otworem. Próbkę kału fermentowały przez 24 godziny w temperaturze 25°C. Przed pomiarem emisji amoniaku, w celu zapewnienia jednorodności, próbki odchodów homogenizowano przez 30 s. Analizę poziomu amoniaku wykonano przy pomocy analizatora gazów (GV-100S; Gastec Corp., San Diego, CA) (Fang i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Suplementacja diety kurcząt Arbor Acres postbiotykiem ACCC 11025 w ilości 0,045% wpłynęła na redukcję poziomu bakterii *Escherichia coli* oraz *Salmonella* w odchodach odpowiednio o: 1,18 i 0,912 log₁₀cfu/g. Wykazano również istotny wzrost bakterii kwasu mlekowego *Lactobacillus* (o 1,199 log₁₀cfu/g). Stwierdzono także redukcję emisji amoniaku z odchodów ptaków doświadczalnych o 84% (Fang i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia uzależniona od dostępności preparatu na rynku.

Piśmiennictwo

Fang S., Fan X., Xu S., Gao S., Wang T., Chen Z., Li D. (2024). Effects of dietary supplementation of postbiotic derived from *Bacillus subtilis* ACCC 11025 on growth performance, meat yield, meat quality, excreta bacteria, and excreta ammonia emission of broiler chicks. *Poultry Sci.*, 103: 103444.

Strategia 29

Dodatek 10% biowęgla do ściółki dla kurcząt brojlerów

Opis metody

Produkcja kurcząt rzeźnych jest znaczącym źródłem emisji gazowych. Pomiót kurcząt brojlerów jest bogaty w kwas moczowy (ok. 80%), który jest hydrolizowany do mocznika poprzez rozkład tlenowy, a następnie przekształcany w amon (NH_4^+) przez enzym ureazy znajdujący się w pomociu. Następnie NH_3 ulatnia się jako gaz i jest uwalniany do atmosfery ze ściółki, podczas gdy N_2O jest uwalniany poprzez procesy nitrifikacji i denitrifikacji. Ponadto kurczęta brojlery emitują CO_2 podczas oddychania, hydrolizy kwasu moczowego/mocznika z wydzielin oraz tlenowego/beztlenowego rozkładu ściółki, natomiast CH_4 jest uwalniany poprzez rozkład beztlenowy. W krajach europejskich średnie roczne wskaźniki emisji z ferm kurcząt brojlerów wykazują znaczne wahania: w przypadku NH_3 od 0,06 do 0,45 g/dzień/brojlera kurzego, N_2O od 0 do 46 mg/dzień/brojlera, CO_2 od 55,2 do 98,4 g/dzień/brojlera i od 0 do 50 mg/dzień/brojlera w przypadku CH_4 .

Badano wpływ dodatku do ściółki biowęgla na emisję NH_3 , N_2O , CO_2 i CH_4 podczas odchowu kurcząt brojlerów i późniejszego przechowywania obornika. Kurczęta brojlery Ross 308 utrzymywano do 35. dnia życia w standardowych warunkach klimatycznych na ściółce z wiór drzewnych ($3,5 \text{ kg/m}^2$ powierzchni podłogi), w dwóch niezależnych pomieszczeniach. W pierwszym pomieszczeniu zastosowano 10% biowęgla jako dodatku do ściółki, w drugim pomieszczeniu – kontrolnym nie zastosowano żadnych dodatków do ściółki. Biowęgiel rozpylono na ściółkę 1 dzień przed zasiedleniem kurnika w ilości 350 g/m^2 . Skład biowęgla był następujący: pH 7,9, sucha masa $700,0 \text{ g/kg}$, całkowity C $900,0 \text{ g/kg}$, całkowity N $5,0 \text{ g/kg}$, wielkość cząstek $1000\text{--}8000 \text{ }\mu\text{m}$, gęstość nasypowa $300\text{--}400 \text{ kg/m}^3$. W powietrzu wlotowym i wylotowym każdego z pomieszczeń dla brojlerów mierzono stężenie NH_3 , N_2O , CO_2 i CH_4 w ciągu 35 dni odchowu.

Po zakończonym cyklu produkcyjnym pobrano próbki obornika z każdego pomieszczenia i przechowywano je w warunkach laboratoryjnych przez 90 dni w stałej temperaturze ($20 \pm 0,5^\circ\text{C}$) i przy stałym natężeniu przepływu powietrza, aby ocenić wpływ dodatku do ściółki i kontroli na straty gazowe. Przez cały okres przechowywania oceniano pH, suchą masę, całkowity C i N oraz NH_4^+ i NO_3^- (Pereira i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Biowęgiel dodany do ściółki znacząco zredukował emisję NH_3 o 58%. Zastosowanie biowęgla do ściółki poprawia wiązanie NH_4^+ i NH_3 oraz obniża wilgotność, dzięki dużej powierzchni chłonnej i wysokiej pojemności wymiany kationów, co przekłada się na zmniejszenie strat NH_3 . Nie stwierdzono wpływu dodatku biowęgla do ściółki na emisje N_2O , CO_2 i CH_4 . Na etapie przechowywania obornika kurzego nie stwierdzono wpływu dodatku biowęgla do ściółki na emisje NH_3 . Ogólnie rzecz biorąc, można stwierdzić, że biowęgiel wydaje się być dobrym dodatkiem do ściółki ze względu na jego skuteczność w łagodzeniu strat NH_3 (Pereira i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Pereira J.L.S., Martins F., Bonifácio G., Garcia C., Teixeira J., Trindade H. (2024). Biochar as an alternative litter additive to mitigate gaseous emissions from broiler housing and subsequent storage. *Agronomy*, 14(7): 1595.

Strategia 30

Zastosowanie preparatu nanosrebra do ściółki dla drobiu

Opis metody

Właściwości biobójcze srebra były znane ludziom już w starożytności i wykorzystywano je np. do konserwacji wody. Z czasem pierwiastek ten zaczęto stosować również jako produkt leczniczy o właściwościach antybakteryjnych i antyseptycznych. Wraz z rozwojem nanotechnologii opracowano różne metody produkcji nanocząstek srebra. Obecnie nanosrebro znajduje szerokie zastosowanie, np. w medycynie, farmacji, kosmetologii, przemyśle chemicznym i rolnictwie.

W badaniach oceniono wpływ preparatu na bazie zawiesiny nanosrebra na nośniku mineralnym na profil mikrobiologiczny ściółki. Badanie przeprowadzono na kurczętach brojlerach Ross 308. Utworzono trzy grupy, po 84 ptaki w każdej. Preparat użyty w badaniu składał się z wodnej zawiesiny nanosrebra rozpylonej na sorbencie mineralnym. Ptaki utrzymywano na ściółce słomiano-trocinowej; grupy różnicowano ze względu na zastosowany preparat (C – kontrola bez preparatu, I – preparat zastosowany raz na początku, II – preparat dodawany co tydzień). Połączone próbki ściółki pobrano z górnej warstwy ściółki (sześć pobrań) w celu określenia liczebności bakterii mezofilnych. Dodatkowo, ostatniego dnia eksperymentu pobrano próbki ściółki z trzech punktów (przy poidelku, karmniku, narożniku kojca) w celu analizy całkowitej liczby mikroorganizmów, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Enterococci* i pleśni (Czyż i in., 2023).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie preparatu na bazie nanosrebra skutkowało zmniejszeniem udziału potencjalnie patogennych bakterii, przyczyniając się tym samym do zwiększenia bezpieczeństwa ściółki, a także do lepszego stanu zdrowia ptaków. Ponadto dzięki zastosowaniu dodatku do ściółki potencjalnie poprawiała się jakość obornika oraz biobezpieczeństwo w trakcie jego przechowywania i wykorzystania (Czyż i in., 2023).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Czyż K., Dobrzański Z., Kowalska-Górska M., Senze M., Wyróstek A. (2023). The effect of nanosilver-based preparation on microbiological quality of poultry litter, Arch. Anim. Breed., 66: 421–431.

Strategia 31

Dodatek zeolitu do paszy dla kurcząt brojlerów w ilości 15 g/kg

Opis metody

Problemy środowiskowe w komercyjnym przemyśle drobiarskim związane są najczęściej z wysoką wilgotnością w kurniku, jakością ściółki i odchodów, które wpływają na zdrowie, dobrostan i wydajność ptaków. Określono wpływ dodatku zeolitu do paszy w ilości 15 g/kg paszy dla kurcząt brojlerów. Badania przeprowadzono na brojlerach Cobb 500 (średnią masę ciała w 1. dniu życia wyniosła 42,70 g). Ptaki podzielono na 2 grupy: kontrolną, w której kurczęta żywiono standardowymi mieszankami paszowymi i doświadczalną, gdzie zastosowano dodatek zeolitu w ilości 15 g/kg paszy. Kurczęta utrzymywano do 42. dnia życia na ściółce z trocin, w standardowych warunkach mikroklimatycznych. Kontrolowano parametry produkcyjne, zdrowotne oraz jakość ściółki (wilgotność, stężenie amoniaku i pH) w 22. i 42. dniu odchovu (Elsherbeni i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Po dodaniu zeolitu w ilości 15 g/kg diety nastąpiła znacząca poprawa masy ciała, pobrania paszy, współczynnika wykorzystania paszy i europejskiego współczynnika wydajności produkcji. Dodatek zeolitu do paszy dla kurcząt brojlerów (15 g/kg paszy) obniżył wartość pH i wilgotność ściółki, a w konsekwencji emisję amoniaku. obniżył wartość pH o 0,65 i zawartość wilgotności w ściółce 1,32%, a w konsekwencji stężenie amoniaku w ściółce o ok. 60% (z 1,96 do 0,78 mg/100 g) (Elsherbeni i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Badania stanowią podstawę do przeprowadzenia testu terenowego w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Elsherbeni A.I., Youssef I.M., Kamal M., Youssif M.A., El-Gendi G.M., El-Garhi O.H., Alfassam H.E., Rudayni H.A., Allam A.A., Moustafa A., Alshaharni M., Al-Shehri M.S., El Kholy R.E., Hamouda M.O. (2024). Impact of adding zeolite to broilers' diet and litter on growth, blood parameters, immunity, and ammonia emission. *Poultry Sci.*, 103, 9: 103981.

Strategia 32

Dodatek zeolitu do ściółki dla kurcząt brojlerów w ilości 1,5 kg/m²

Opis metody

Glinokrzemiany to naturalnie występujące zeolity, które mają trójwymiarową strukturę zbudowaną z tlenku glinu i krzemionki. Ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne, takie jak wymiana jonowa, absorpcja i zdolności katalityczne są stosowane w produkcji drobiarskiej w celu zmniejszenia emisji amoniaku i intensywności emitowanych odorów.

Określono wpływ dodatku zeolitu w ilości 1,5 kg/m² ściółki dla kurcząt brojlerów. Badania przeprowadzono na brojlerach Cobb 500 (średnia masa ciała w 1. dniu życia wyniosła 42,70 g). Kurczęta utrzymywano do 42. dnia życia na ściółce z trocin, w standardowych warunkach mikroklimatycznych i żywiono standardowymi mieszankami paszowymi. Ptaki podzielono na 2 grupy: kontrolną, w której utrzymywano kurczęta na ściółce z trocin bez dodatków i doświadczalną, gdzie zastosowano dodatek zeolitu w ilości 1,5 kg na m² ściółki. Kontrolowano parametry produkcyjne, zdrowotne oraz jakość ściółki (wilgotność, stężenie amoniaku i pH) w 22 i 42 dniu odchowu (Elsherbeni i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Po dodaniu zeolitu do ściółki w ilości 1,5 kg/m² nastąpiła znacząca poprawa masy ciała, pobrania paszy, współczynnika wykorzystania paszy i europejskiego współczynnika wydajności produkcji. Dodatek zeolitu w ilości 1,5 kg/m² ściółki obniżył wartość pH o 0,98 i zawartość wilgotności w ściółce o 2,54%, a w konsekwencji stężenie amoniaku w ściółce o około 71% (z 1,96 do 0,57 mg/100 g) (Elsherbeni i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Elsherbeni A.I., Youssef I.M., Kamal M., Youssif M.A., El-Gendi G.M., El-Garhi O.H., Alfassam H.E., Rudayni H.A., Allam A.A., Moustafa A., Alshaharni M., Al-Shehri M.S., El Kholy R.E., Hamouda M.O. (2024). Impact of adding zeolite to broilers' diet and litter on growth, blood parameters, immunity, and ammonia emission. *Poultry Sci.*, 103, 9: 103981.

Strategia 33

Zastosowanie płynnego chlorku glinu (AlCl_3) jako dodatku do ściółki w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Jednym ze sposobów poprawy jakości ściółki, a tym samym zredukowania emisji NH_3 oraz zmniejszenia odorów, jest stosowanie chemicznych dodatków do materiału ściółkowego. Ostatnie badania wykazały, że stosowanie chlorku glinu (AlCl_3) jako dodatku do obornika zwierzęcego jest skuteczną metodą zmniejszenia poziomu emisji amoniaku (NH_3) i rozpuszczalności fosforu (P) w wodzie zawartego w oborniku.

Testowano rozpylenie płynnego AlCl_3 na ściółkę w odchowie kurcząt brojlerów. 400 kurcząt brojlerów Cobb przydzielono do 2 grup: kontrolnej i doświadczalnej. Każda grupa składała się z 4 powtórzeń (przedziałów). Kurczęta utrzymywano w przedziałach (50 sztuk w boksie) o wymiarach $2,1 \times 1,8$ m, które były wyposażone w automatyczne poidło dzwonekowe i jeden karmnik rurowy. Na każdego ptaka przypadało około $0,09 \text{ m}^2$ powierzchni. Ptaki odchowywano na ściółce składającej się z łusek ryżu i wiór drzewnych. Odchów kurcząt trwał 42 dni. Stosowano standardowy program żywieniowy: starter (1 do 14 dni), grower (14 do 28 dni) i finisz (28 do 42 dni). Po zakończeniu cyklu ściółka została zagrabiona w celu wyrównania, a następnie dodano do każdego kojca po 8 cm świeżej ściółki. W grupie doświadczalnej dodatkowo spryskano powierzchnię ściółki płynnym AlCl_3 za pomocą pompki ręcznej w dawce 100 g płynnego AlCl_3/kg ściółki. Podczas kolejnego cyklu produkcyjnego kurcząt brojlerów co tydzień zbierano próbki ściółki w 5 losowych miejscach z każdego kojca, a także mierzono poziom amoniaku w 4 losowych miejscach zgodnie z metodyką Milesa i in. (2006). W próbkach ściółki badano: właściwości chemiczne ściółki, w tym rozpuszczalny reaktywny P, całkowite lotne kwasy tłuszczowe i zawartość N (Choi i Moore, 2008).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie 100 g płynnego AlCl_3 obniżyło pH ściółki oraz zmniejszyło stężenie NH_3 o 63% w okresie 6 tygodni oraz zmniejszyło zawartość rozpuszczalnego reaktywnego P w ściółce o 24%. Również całkowita zawartość lotnych kwasów tłuszczowych (prekursorów zapachu) w ściółce została zmniejszona o 20%. Dodatek płynnego AlCl_3 zwiększył także całkowitą zawartość N w ściółce, co zwiększa wartość obornika kurzego jako źródła nawozu (Choi i Moore, 2008).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Badania stanowią podstawę do przeprowadzenia testu terenowego w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej i dostosowania jej do specyfiki polskiego drobiarstwa.

Piśmiennictwo

Choi I.H., Moore Jr P.A. (2008). Effects of liquid aluminum chloride additions to poultry litter on broiler performance, ammonia emissions, soluble phosphorus, total volatile fatty acids, and nitrogen contents of litter. *Poultry Sci.*, 87: 1955–1963.

Miles D.M., Owens P.R., Rowe D.E. (2006). Spatial variability of litter gaseous flux within a commercial broiler house: Ammonia, nitrous oxide, carbon dioxide and methane. *Poultry Sci.*, 85: 167–172.

Strategia 34

Dodatek płynnego chlorku glinu (AlCl_3) do ściółki w ilości 200 g/kg w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Zastosowano rozpylenie płynnego AlCl_3 w ilości 200 g/kg ściółki w odchowie kurcząt brojlerów. Kurczęta brojlery Cobb w liczbie 400 sztuk utrzymywano w 8 przedziałach na ściółce (łuski ryżu i wióry drzewne) o wymiarach $2,1 \times 1,8$ m. Przedziały wyposażono w automatyczne poidło dzwonekowe i jeden karmnik rurowy. Na każdego ptaka przypadało około $0,09 \text{ m}^2$ powierzchni. Odchów kurcząt trwał 42 dni. Stosowano standardowy program żywieniowy: starter (1 do 14 dni), grower (14 do 28 dni) i finisz (28 do 42 dni). Po zakończeniu cyklu ściółka została zagrabiona w celu wyrównania, a następnie dodano do każdego kojca po 8 cm świeżej ściółki. W grupie doświadczalnej dodatkowo spryskano powierzchnię ściółki płynnym AlCl_3 za pomocą pompki ręcznej w dawce 200 g płynnego AlCl_3/kg ściółki. Podczas kolejnego cyklu produkcyjnego kurcząt brojlerów co tydzień zbierano próbki ściółki w 5 losowych miejscach z każdego kojca, a także mierzono poziom amoniaku w 4 losowych miejscach zgodnie z metodyką Milesa i in. (2006). W próbkach ściółki badano: właściwości chemiczne ściółki, w tym rozpuszczalny reaktywny P, całkowite lotne kwasy tłuszczowe i zawartość N (Choi i Moore, 2008).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie 200 g płynnego AlCl_3 obniżyło pH ściółki oraz zmniejszyło stężenie NH_3 o 76% w okresie 6 tygodni. Odnotowano również niższą o 30% zawartość rozpuszczalnego reaktywnego P w ściółce w porównaniu z grupą kontrolną. Całkowita zawartość lotnych kwasów tłuszczowych w ściółce zmniejszyła się o 50%. Dodatek płynnego AlCl_3 zwiększył także całkowitą zawartość N w ściółce, co zwiększa wartość obornika kurzego jako źródła nawozu (Choi i Moore, 2008).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Badania stanowią podstawę do przeprowadzenia testu terenowego w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Choi I.H., Moore Jr P.A. (2008). Effects of liquid aluminum chloride additions to poultry litter on broiler performance, ammonia emissions, soluble phosphorus, total volatile fatty acids, and nitrogen contents of litter. *Poultry Sci.*, 87: 1955–1963.

Miles D.M., Owens P.R., Rowe D.E. (2006). Spatial variability of litter gaseous flux within a commercial broiler house: Ammonia, nitrous oxide, carbon dioxide and methane. *Poultry Sci.*, 85: 167–172.

Strategia 35

Wzbogacenie diety kurcząt brojlerów mączką z liści rozmarynu w ilości 3 g/kg paszy

Opis metody

Wiele badań wykazało, że dieta ptaków uzupełniona o dodatki wykazujące działanie przeciwbakteryjne zmniejsza poziom NH_3 w pomieszczeniach dla drobiu. Obiecującymi dodatkami paszowymi są zioła i komponenty ziołowe zawierające korzystnie działające na organizm zwierząt substancje czynne. Wiele z nich wykazuje działanie antybakteryjne, dzięki czemu mają wpływ na modulowanie mikroflory jelitowej organizmu. Rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis*) to wieloletnia roślina aromatyczna z rodziny jasnotowatych, ceniona za swoje właściwości przeciwdrobnoustrojowe, przeciwutleniające oraz trawienne.

Badania przeprowadzono na 120 kurczętach brojlerach Cobb 500. Ptaki odchowywano w przedziałach na ściółce (w każdym przedziale po 10 ptaków) przez okres 42 dni. W brojlerni zapewniono temperaturę na poziomie 31–23°C oraz 24-godzinne oświetlenie. Ptaki miały zapewniony swobodny dostęp do paszy i wody. Kurczęta brojlery przydzielono losowo do grup: kontrolnej oraz doświadczalnej, która otrzymywała do paszy dodatek mączki z liści rozmarynu w ilości 3 g/kg. Liście rozmarynu zostały wysuszone w piecu (55°C) do stałej masy, a następnie zmielone za pomocą młyna tnącego (SM 100, Retsch GmbH, Haan, Niemcy). Liście zmielono na proszek (1 mm). W 42. dniu badań pobrano z każdego przedziału próbki ściółki (100 g) z 6 losowych miejsc, w których oznaczono zawartość amoniaku wg metody Ivančiča i Degobbisa (1984) (Ogwuegbua i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie mączki z liści rozmarynu w ilości 3 g/kg paszy zredukowało poziom amoniaku w ściółce o 0,86 ppm (Ogwuegbua i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Ogwuegbua M.C., Udehb F.U., Ugwuozorb J.C., Okoyeb P.E., Kalub J.C., Arumb E.C., Mthiyane M.N. (2024). Improving the physiological status of broiler chickens using rosemary leaf meal and sodium bentonite as ammonia gas control agents. J. Appl. Anim. Res., 53: 2443185.

Ivančič I, Degobbis D. (1984). An optimal manual procedure for ammonia analysis in natural waters by the indophenol blue method. Water Res., 18: 1143–1147.

Strategia 36

Zastosowanie dodatku mączki z liści rozmarynu w ilości 6 g/kg paszy w odchowie kurcząt rzeźnych

Opis metody

Testowano wpływ mączki z liści rozmarynu jako dodatku do paszy na poziom amoniaku w ściółce w odchowie kurcząt brojlerów. Liście rozmarynu wysuszono w piecu (55°C) do stałej masy, a następnie zmielono na proszek za pomocą młyna tnącego (SM 100, Retsch GmbH, Haan, Niemcy). Tak przygotowaną mączkę dodawano do paszy kurcząt brojlerów Cobb 500 w ilości 6 g/kg. Druga grupa kurcząt otrzymywała paszę bez dodatku i stanowiła grupę kontrolną. Wszystkie ptaki miały zapewniony swobodny dostęp do paszy i wody oraz takie same warunki mikroklimatyczne. W 42. dniu odchovu kurcząt brojlerów pobrano z każdego przedziału próbki ściółki (100 g) z 6 losowych miejsc, w których oznaczono zawartość amoniaku wg metody Ivančiča i Degobbisa (1984) (Ogwuegbua i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie mączki z liści rozmarynu w ilości 6 g/kg paszy zredukowało poziom amoniaku w ściółce o 23% (Ogwuegbua i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Ogwuegbua M.C., Udehb F.U., Ugwuozorb J.C., Okoyeb P.E., Kalub J.C., Arumb E.C., Mthiyane M.N. (2024). Improving the physiological status of broiler chickens using rosemary leaf meal and sodium bentonite as ammonia gas control agents. *J. Appl. Anim. Res.*, 53: 2443185.

Ivančič I, Degobbis D. (1984). An optimal manual procedure for ammonia analysis in natural waters by the indophenol blue method. *Water Res.*, 18: 1143–1147.

Strategia 37

Wzbogacenie paszy oraz ściółki w substancje humusowe w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Substancje humusowe (huminowe) są naturalnymi związkami organicznymi powstającymi w procesie rozkładu chemicznego i biologicznego masy organicznej oraz syntetyzującej działalności mikroorganizmów. W swoim składzie zawierają: węgiel, wodór, tlen, azot oraz niewielkie ilości fosforu i siarki. Wykazano, że substancje humusowe posiadają wiele właściwości takich jak: przeciwzapalne, bakteriobójcze i przeciwnowotworowe. Wiele badań potwierdziło korzystny wpływ substancje humusowych, jako dodatku do paszy, na stabilizację mikrobiomu jelitowego oraz produktywność ptaków.

Badania przeprowadzono na kurczętach brojlerach Ross 308. Ptaki podzielono na 2 grupy: kontrolną i doświadczalną. Kurczęta brojlery były utrzymywane przez 39 dni w kojcach z betonową podłogą, na której znajdowała się ściółka z wiór drzewnych. Głębokość ściółki wynosiła około 7 cm. W grupie doświadczalnej ściółka została posypana materiałem próchnicznym (substancje humusowe), zawierającym w swoim składzie głównie kwasy huminowe oraz kwasy fulwowe, w stężeniu 0,6%. Dodatkowo w grupie doświadczalnej ptaki otrzymywały paszę wzbogaconą substancjami humusowymi również w stężeniu 0,6%. W grupie kontrolnej kurczęta żywiono paszą bez humusu i utrzymywano na ściółce bez dodatku. Grupy były odchowywane w oddzielnych pomieszczeniach ze sztucznym oświetleniem i wentylacją. Do 7. dnia życia natężenie światła utrzymywało się między 30 a 40 luksów. Następnie zostało obniżone do 5–10 luksów, aż do zakończenia odchowu ptaków. Współczynnik wymiany powietrza w pomieszczeniach wynosił od 2 do 2,5 m³/h/kg. Temperatura wewnątrz pomieszczeń w pierwszych dniach wynosiła 32 ± 1,3°C a następnie była obniżana stopniowo do 22 ± 1,5°C pod koniec odchowu kurcząt. Wilgotność utrzymywano na poziomie około 65–70%. Ptaki miały zapewniony swobodny dostęp do paszy i wody.

W czasie odchowu kurcząt pobierano próbki ściółki, w których oznaczono: wilgotność, pH, zawartość całkowitego azotu oraz wyliczono wartości NH₄-N (jony amonowe). W rozcieńczonych i z homogenizowanych próbkach ściółki analizowano również liczbę bakterii, w tym liczbę *Escherichia coli*. W pomieszczeniach mierzono poziom CO₂ i NH₃ w powietrzu przy wykorzystaniu detektora dwutlenku węgla na podczerwień UniTOX.CO2 G (Pro-Service, Kraków, Polska), elektrochemicznego detektora gazów toksycznych uniTOX G (Pro-Service, Kraków, Polska) oraz przenośnego urządzenia Multirae (system RAE firmy Honeywell, Kalifornia, USA) (Dančová i in., 2025).

Efekt zastosowanej metody

Wzbogacenie paszy oraz ściółki w 0,6% substancji humusowych wpłynęło na lepsze właściwości fizykochemiczne ściółki: niższą wilgotność, pH oraz mniejszy poziom całkowitego azotu. Obserwowano także wyższe wartości NH₄-N w ściółce, co przyczyniło się do mniejszego uwalniania NH₃ do środowiska. Wykazano również

mniejszą liczbę bakterii *Escherichia coli* w ściółce w 35. dniu odchowu doświadczalnych kurcząt brojlerów oraz wolniejszy wzrost emisji NH_3 i CO_2 do środowiska niż w grupie kontrolnej (Dančová i in., 2025).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Dančová N., Gregová G., Szabóová T., Marcinčák S. (2025). The effects of natural additives on litter condition, microclimate environment and antimicrobial resistance in the broiler chickens rearing. *Front. Sustain. Food Syst.*, 9: 1–13.

Strategia 38

Zastosowanie substancji humusowych i probiotyku w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Dodatki paszowe, takie jak substancje humusowe i probiotyki, mogą mieć korzystny wpływ zarówno na zdrowie, wyniki produkcyjne, dobrostan kurcząt brojlerów, jak również na warunki środowiskowe.

Badania przeprowadzono na kurczętach brojlerach Ross 308. Ptaki podzielono na 2 grupy: kontrolną i doświadczalną. Kurczęta brojlery były utrzymywane przez 39 dni w kojcach z betonową podłogą, na której znajdowała się ściółka z wiór drzewnych. Głębokość ściółki wynosiła około 7 cm. W grupie doświadczalnej ściółka została posypana materiałem próchnicznym (substancje humusowe), zawierającym w swoim składzie głównie kwasy huminowe oraz kwasy fulwowe, w stężeniu 0,6%. Dodatkowo w grupie doświadczalnej ptaki otrzymywały paszę wzbogaconą substancjami humusowymi również w stężeniu 0,6% oraz wodę z dodatkiem probiotyku (szczep *Limosilactobacillus fermentum*) w ilości 1 ml/ptaka/dzień. W grupie kontrolnej kurczęta żywiono paszą bez humusu, utrzymywano na ściółce bez dodatku i podawano wodę bez probiotyku. Grupy były trzymane w oddzielnych pomieszczeniach ze sztucznym oświetleniem i wentylacją. Do 7. dnia życia natężenie światła utrzymywało się między 30 a 40 luksów. Następnie zostało obniżone do 5–10 luksów, aż do zakończenia odchowu ptaków. Współczynnik wymiany powietrza w pomieszczeniach wynosił od 2 do 2,5 m³/h/kg. Temperatura wewnątrz pomieszczeń w pierwszych dniach wynosiła 32±1,3°C, a następnie była obniżana stopniowo do 22±1,5°C pod koniec odchowu kurcząt. Wilgotność utrzymywano na poziomie około 65–70%. Ptaki miały zapewniony swobodny dostęp do paszy i wody. W czasie odchowu kurcząt pobierano próbki ściółki, w których oznaczono: wilgotność, pH oraz zawartość całkowitego azotu. Obliczono również wartości NH₄-N (jony amonowe). W rozcieńczonych i z homogenizowanych próbkach ściółki analizowano również liczbę bakterii, w tym liczbę *Escherichia coli*. W pomieszczeniach mierzono poziom CO₂ i NH₃ w powietrzu przy wykorzystaniu detektora dwutlenku węgla na podczerwień UniTOX.CO2 G (Pro-Service, Kraków, Polska), elektrochemicznego detektora gazów toksycznych uniTOX G (Pro-Service, Kraków, Polska) oraz przenośnego urządzenia Multirae (system RAE firmy Honeywell, Kalifornia, USA) (Dančová i in., 2025).

Efekt zastosowanej metody

Wzbogacenie paszy oraz ściółki w 0,6% substancji humusowych z równoczesnym podawaniem wody z dodatkiem probiotyku wpłynęło na lepsze właściwości fizykochemiczne ściółki: niższą wilgotność, pH oraz nieco mniejszy poziom całkowitego azotu. Obserwowano także wyższe wartości NH₄-N w ściółce doświadczalnej, co przyczyniło się do mniejszego uwalniania NH₃ do środowiska. Wykazano również mniejszą liczbę bakterii *Escherichia coli* w ściółce w 35. dniu odchowu doświadczalnych kurcząt brojlerów oraz wolniejszy wzrost emisji NH₃ i CO₂ do środowiska niż w grupie kontrolnej (Dančová i in., 2025).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej
Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Dančová N., Gregová G., Szabóová T., Marcinčák S. (2025). The effects of natural additives on litter condition, microclimate environment and antimicrobial resistance in the broiler chickens rearing. *Front. Sustain. Food Syst.*, 9: 1–13.

Strategia 39

Suplementacja diety kurcząt brojlerów produktami ubocznymi granatu (*Punica granatum* L.)

Opis metody

Produkty uboczne przemysłu owocowego są obiecującym źródłem składników odżywczych i związków bioaktywnych. Zarówno łupiny *Punica granatum* L., które stanowią ok 50% masy owoców, jak i pestki, które stanowią 10% całkowitej masy owocu, są ważnym źródłem fitobiotyków, minerałów, polisacharydów oraz całkowitych lipidów o wysokich stężeniach kwasu punicynowego. Liczne badania *in vitro* potwierdziły aktywność przeciwdrobnoustrojową bogatych w fenole i garbniki frakcji ekstraktów z łupin i pestek *Punica granatum* L. przeciwko niektórym bakteriom i grzybom.

Produkt uboczny *Punica granatum* L. (odmiana Goheunggun) został zebrany z firmy produkującej soki i obejmował łupiny i pestki po ekstrakcji soku. Produkty uboczne suszono w piecu do suszenia z wymuszonym obiegiem powietrza (Doori TEC, Doori TEC, FA, Co., Ltd, Seul, Korea) w temperaturze 80°C przez 3 dni, aby zmniejszyć zawartość wilgotności do mniej niż 10%, po czym wysuszone produkty uboczne zmielono na proszek za pomocą młynka.

Zastosowano dietę dla kurcząt brojlerów Ross 308 wzbogaconą o 1,0% proszku z produktów ubocznych *Punica granatum* L. Ptaki odchowywano przez okres 5 tygodni. Pasza podawana była *ad libitum*, zapewniono także swobodny dostęp do wody przez cały okres badań. Ptaki podzielono losowo na dwie grupy: kontrolną i doświadczalną. Temperatura w pomieszczeniu w pierwszych dniach wynosiła 33°C, a następnie była obniżana stopniowo do 24°C pod koniec odchovu kurcząt. Wilgotność względna utrzymywana była na poziomie około 50% przez cały okres odchovu. W trakcie badań liczono ilość bakterii jelitowych oraz w odchodach ptaków metodą opisaną przez Ahmeda i in. (2014) i wyrażano jako $\log_{10}\text{cfu/g}$. Zmierzono pH zawartości jelita krętego i ślepego oraz odchodów kurcząt brojlerów za pomocą testera Uni pH (Trans Instruments (S) PTE Ltd., 5 Jalan Kilang Barat, Petro Centre, Singapur) w temperaturze 25°C. Wykonano również pomiary emisji amoniaku (NH_3), siarkowodoru (H_2S) i metanotolu (metylmerkaptanów) z odchodów kurcząt brojlerów wg Ahmed i in. (2014) (Ahmed i Yang, 2017).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie omawianej metody zmniejszyło liczbę *E. coli* o 1,24 i *Salmonella* o 0,93 $\log_{10}\text{cfu/g}$ oraz obniżyło o 0,38 pH treści jelita krętego. W treści jelita ślepego suplementacja diety 1% proszku z produktów ubocznych *Punica granatum* L. spowodowała wyższe poziomy *Bacillus spp.* (o 0,67 $\log_{10}\text{cfu/g}$) oraz niższe poziomy *E. coli* i *Salmonella* odpowiednio o: 0,84 i 1,25 $\log_{10}\text{cfu/g}$. Obserwowano również redukcję pH jelita ślepego. W odchodach doświadczalnych kurcząt brojlerów stwierdzono natomiast wzrost *Bacillus spp.* oraz redukcję liczby *E. coli* w 35. dniu badań. Stwierdzono także, że dodatek do paszy 1% sproszkowanych produktów ubocznych *Punica granatum* L. wpłynął na redukcję emisji amoniaku i metanotolu z odchodów kurcząt brojlerów (Ahmed i Yang, 2017).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia uzależniona od dostępności produktów ubocznych z *Punica granatum* L. z przemysłu owocowego.

Piśmiennictwo

Ahmed S.T., Yang C.J. (2017). Effects of dietary *Punica granatum* L. by-products on performance, immunity, intestinal and fecal microbiology, and odorous gas emissions from excreta in broilers. J. Poult. Sci., 54: 157–166.

Ahmed S.T., Islam M.M., Mun H.S., Sim H.J., Kim Y.J., Yang C.J. (2014). Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* as a probiotic strain on growth performance, cecal microflora, and fecal noxious gas emissions of broiler chickens. Poultry Sci., 93: 1–9.

Strategia 40

Dodatek 4% biowęgla do paszy dla kurcząt rzeźnych

Opis metody

Biowęgiel otrzymywany jest poprzez rozkład biomasy w wysokich temperaturach i ograniczony dostęp tlenu (poprzez pirolizę lub prażenie), podczas którego z materiału organicznego powstaje stały, pylisty materiał węglowy i produkty gazowe. Stałą pozostałość określa się mianem „biowęgla”. Właściwości fizykochemiczne biowęgla zależą od materiału wsadowego i procesu termochemicznego, stąd biowęgiel może mieć szerokie zastosowanie.

Zastosowano biowęgiel z drewna bukowego w ilości 4% jako dodatek do diety kogutków linii Ross 308. Ptaki utrzymywano przez 5 tygodni na ściółce ze słomy pszennej. Obsada ptaków wynosiła 15 sztuk/m². Kurczęta miały swobodny dostęp do paszy i wody. Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. W trzecim tygodniu trwania eksperymentu przeprowadzono badanie olfaktometryczne nad ściółką w celu porównania emisji odorów pomiędzy badanymi grupami. W ostatnim tygodniu odchowu zbierano odchody do oznaczenia stężenia NH₃ (Kalus i in., 2020).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie biowęgla z drewna bukowego w ilości 4% jako dodatku do diety kurcząt brojlerów wpłynęło na redukcję amoniaku z obornika o 14% i mniejsze stężenie zapachu o 32% (Kalus i in., 2020).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Kalus K., Konkol D., Korczyński M., Koziel J.A., Opaliński S. (2020). Effect of biochar diet supplementation on chicken broilers performance, NH₃ and odor emissions and meat consumer acceptance. *Animals*, 10: 1539.

Strategia 41

Wzbogacenie diety kurcząt brojlerów w mieszankę z biowęgla, gliceryny oraz glinokrzemianów w ilości 4%

Opis metody

Biowęgiel otrzymywany jest poprzez rozkład biomasy w wysokich temperaturach i ograniczony dostęp tlenu (poprzez pirolizę lub prażenie), podczas którego z materiału organicznego powstaje stały, pylisty materiał węglowy i produkty gazowe. Stałą pozostałość określa się mianem „biowęgla”. Właściwości fizykochemiczne biowęgla zależą od materiału wsadowego i procesu termochemicznego, stąd biowęgiel może mieć szerokie zastosowanie.

Zastosowano mieszankę z biowęgla z drewna bukowego, gliceryny oraz glinokrzemianów w ilości 4% jako dodatek do diety kogutków linii Ross 308. Mieszanka składała się: w 67% z biowęgla z drewna bukowego, 24% glinokrzemianów (substancja przeciwzbrylająca) i 9% gliceryny (substancja przeciwpyłowa). Ptaki utrzymywano przez 5 tygodni na ściółce ze słomy pszennej przy gęstości obsady wynoszącej 15 szt./m². Kurczęta miały swobodny dostęp do paszy i wody. Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. W trzecim tygodniu trwania eksperymentu przeprowadzono badanie olfaktometryczne nad ściółką w celu porównania emisji odorów z grupą kontrolną, w której ptaki nie otrzymywały do paszy badanej mieszanki. W ostatnim tygodniu odchovu zbierano odchody do oznaczenia stężenia NH₃ (Kalus i in., 2020).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowany dodatek paszowy wykazał redukcję emisji amoniaku o 15% oraz mniejsze stężenie zapachu o 37% (Kalus i in., 2020).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Kalus K., Konkol D., Korczyński M., Koziel J.A., Opaliński S. (2020). Effect of biochar diet supplementation on chicken broilers performance, NH₃ and odor emissions and meat consumer acceptance. *Animals*, 10: 1539.

Strategia 42

Wzbogacenie paszy 0,05% *E. faecium* w postaci produktu probiotycznego SLB 120 w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Dodatki paszowe, takie jak probiotyki, mogą mieć korzystny wpływ zarówno na zdrowie, wyniki produkcyjne, dobrostan kurcząt brojlerów, jak również na warunki środowiskowe. *Enterococcus faecium* to bakteria kwasu mlekowego występująca naturalnie w przewodzie pokarmowym zwierząt i ludzi.

W badaniach testowano produkt probiotyczny SLB 120 zawierający co najmniej $1,0 \times 10^{10}$ cfu/g żywej *E. faecium*. Kogutki linii Ross 308 podzielono na dwie grupy. Każda grupa składała się z 12 powtórzeń. Kurczęta brojlery utrzymywano przez okres 35 dni. Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. W grupie doświadczalnej pasza została wzbogacona 0,05% *E. faecium* w postaci produktu probiotycznego SLB 120. W 7. i 35. dniu zebrano próbki odchodów i oznaczano ilość *Lactobacillus* oraz *E. coli*, a także stężenie amoniaku (NH_3), siarkowodoru (H_2S) i całkowitych merkaptanów (Lan i in., 2017).

Efekt zastosowanej metody

0,05% dodatku produktu probiotycznego SLB 120 do paszy kurcząt brojlerów wpłynęło na wzrost poziomu *Lactobacillus* oraz spadek ilości *E. coli* w odchodach. Wykazano także w 7. dniu mniejszą emisję, H_2S (2,20 vs 1,55 ppm) a w 35. dniu mniejszą emisję NH_3 (30,40 vs 29,45 ppm), H_2S (2,63 vs 2,48 ppm) oraz całkowitych merkaptanów (1.75 vs 1.33 ppm) z odchodów (Lan i in., 2017).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia w zależności od dostępności produktu probiotycznego SLB 120.

Piśmiennictwo

Lan R.X., Lee S.I., Kim I.H. (2017). Effects of *Enterococcus faecium* SLB 120 on growth performance, blood parameters, relative organ weight, breast muscle meat quality, excreta microbiota shedding, and noxious gas emission in broilers. Poultry Sci., 96: 3246–3253.

Strategia 43

Dodatek do paszy kurcząt brojlerów 0,10% probiotyku SLB 120

Opis metody

Dodatki paszowe, takie jak probiotyki, mogą mieć korzystny wpływ zarówno na zdrowie, wyniki produkcyjne, dobrostan kurcząt brojlerów, jak również na warunki środowiskowe. *Enterococcus faecium* to bakteria kwasu mlekowego występująca naturalnie w przewodzie pokarmowym zwierząt i ludzi.

W badaniach testowano produkt probiotyczny SLB 120 zawierający co najmniej $1,0 \times 10^{10}$ cfu/g żywej *E. faecium*. Kogutki linii Ross 308 podzielono na dwie grupy. Każda grupa składała się z 12 powtórzeń. Kurczęta brojlery utrzymywano przez okres 35 dni. Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. W grupie doświadczalnej pasza została wzbogacona 0,10% *E. faecium* w postaci produktu probiotycznego SLB 120. W 7. i 35. dniu zebrano próbki odchodów i oznaczano ilość *Lactobacillus* oraz *E. coli*, a także stężenie amoniaku (NH_3), siarkowodoru (H_2S) i całkowitych merkaptanów (Lan i in., 2017).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie produktu probiotycznego SLB 120 do paszy kurcząt brojlerów w ilości 0,10% wpłynęło na wzrost poziomu *Lactobacillus* oraz spadek ilości *E. coli* w odchodach. Wykazano także w 7. dniu mniejszą o 30% emisję H_2S , a w 35. dniu mniejszą o: 6,1% emisję NH_3 , 26% H_2S i 13% całkowitych merkaptanów z odchodów (Lan i in., 2017).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia w zależności od dostępności produktu probiotycznego SLB 120.

Piśmiennictwo

Lan R.X., Lee S.I., Kim I.H. (2017). Effects of *Enterococcus faecium* SLB 120 on growth performance, blood parameters, relative organ weight, breast muscle meat quality, excreta microbiota shedding, and noxious gas emission in broilers. Poultry Sci., 96: 3246–3253.

Strategia 44

Zastosowanie paszy z dodatkiem probiotyku SLB 120 w ilości 0,20% w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Dodatki paszowe, takie jak probiotyki, mogą mieć korzystny wpływ zarówno na zdrowie, wyniki produkcyjne, dobrostan kurcząt brojlerów, jak również na warunki środowiskowe. *Enterococcus faecium* to bakteria kwasu mlekowego, występująca naturalnie w przewodzie pokarmowym zwierząt i ludzi.

W badaniach testowano produkt probiotyczny SLB 120 zawierający co najmniej $1,0 \times 10^{10}$ cfu/g żywej *E. faecium*. Kogutki linii Ross 308 podzielono na dwie grupy. Każda grupa składała się z 12 powtórzeń. Kurczęta brojlery utrzymywano przez okres 35 dni. Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. W grupie doświadczalnej pasza została wzbogacona 0,20% *E. faecium* w postaci produktu probiotycznego SLB 120. W 7. i 35. dniu zebrano próbki odchodów i oznaczano ilość *Lactobacillus* oraz *E. coli*, a także stężenie amoniaku (NH_3), siarkowodoru (H_2S) i całkowitych merkaptanów (Lan i in., 2017).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie produktu probiotycznego SLB 120 do paszy kurcząt brojlerów w ilości 0,20% wpłynęło na mikroflorę w odchodach poprzez zwiększenie liczby *Lactobacillus* i zmniejszenie liczby *E. coli*, a także na zmniejszenie emisji NH_3 , H_2S i całkowitą emisję merkaptanów (Lan i in., 2017).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Możliwość wdrożenia w zależności od dostępności produktu probiotycznego SLB 120.

Piśmiennictwo

Lan R.X., Lee S.I., Kim I.H. (2017). Effects of *Enterococcus faecium* SLB 120 on growth performance, blood parameters, relative organ weight, breast muscle meat quality, excreta microbiota shedding, and noxious gas emission in broilers. Poultry Sci., 96: 3246–3253.

Strategia 45

Suplementacja mieszanką ziołową (mieszanka żeńszenia i karczocha) kurcząt rzeźnych a emisja gazów wydalniczych

Opis metody

Fitogeniczne dodatki paszowe są znane ze swojego działania wspomagającego wzrost, poprawiającego zdrowie jelit i zapobiegającego chorobom, co jest ważnym czynnikiem dla utrzymania długotrwałego chowu drobiu. Żeńszeh to roślina, która od dawna jest szeroko stosowana w ziołolecznictwie, zawiera liczne biologicznie aktywne składniki, m.in. ginsenozydy, flawonoidy, triterpenoidy i polisacharydy. Natomiast karczoch (*Cynara cardunculus*) jest szeroko stosowany w przemyśle kulinarnym i farmaceutycznym. Głównym bioaktywnym składnikiem karczocha jest cynaryna, która ma właściwości antyoksydacyjne, hepatoprotekcyjne i reguluje funkcjonowanie układu pokarmowego.

Oceniono wpływ mieszanki ziołowej (mieszanki żeńszenia i karczocha) na emisję gazów wydalniczych. Jednodniowe pisklęta Hanhyup-3-ho (rodzima rasa kurcząt rzeźnych w Korei) o średniej początkowej masie ciała $38,7 \pm 0,92$ g utrzymywano do 100 dni życia i przydzielono do dwóch grup, kontrolnej i doświadczalnej. Ptaki z obu grup do 30. dnia życia żywiono tą samą mieszanką paszową, następnie w grupie doświadczalnej paszę wzbogacono o dodatek 0,05% mieszanki ziołowej. Mieszanka ziołowa składała się z 900 mg/kg żeńszenia z 900 mg/kg ekstraktu z karczocha. Kurczęta utrzymywano w standardowych warunkach mikroklimatycznych. Przez cały okres odchowu zarówno pasza, jak i woda były dostępne dla ptaków *ad libitum*. W ostatnim tygodniu doświadczenia z każdej podgrupy pobierano przez 4 kolejne dni próbki świeżych odchodów o masie około 300 g, w których oceniano poziom amoniaku (NH_3), siarkowodoru (H_2S), całkowitego merkaptanu, dwutlenku węgla (CO_2) i emisję kwasu octowego. Do analizy próbki odchodów umieszczano w szczelnych pojemnikach, przy czym dla każdej próbki przydzielano 2 pojemniki. Następnie pojemniki te przechowywano przez tydzień w temperaturze pokojowej, około 25°C . Po zakończeniu fermentacji oznaczono w próbkach stężenia NH_3 , H_2S , merkaptanów metylowych ogółem, CO_2 i kwasu octowego, stosując gazomierz MultiRAE Lite model PGM-6208 (RAE Systems, NC) (Hossain i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie do paszy dla kurcząt dodatku 0,05% mieszanki ziołowej poprawiło przyrosty masy ciała i wykorzystanie paszy.

Ponadto zaobserwowano zauważalną redukcję emisji NH_3 o 7,75% i H_2S o 7,2% z odchodów w grupie kurcząt żywionych paszą z dodatkiem 0,05% mieszanki ziołowej. Lepsze wykorzystanie paszy prawdopodobnie przyczyniło się do poprawy średniego przyrostu masy ciała i zmniejszenia ilości wydalanego materii organicznej odpowiedzialnej za szkodliwą produkcję NH_3 i H_2S (Hossain i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Hossain M.M., Cho S.B., Kang D.K., Nguyen Q.T., Kim I.H. (2024). Comparative effects of dietary herbal mixture or guanidinoacetic acid supplementation on growth performance, cecal microbiota, blood profile, excreta gas emission, and meat quality in Hanhyup-3-ho chicken. Poultry Sci., 103(4): 103553.

Strategia 46

Zastosowanie probiotyku (w ilości 2 ml/l) w wodzie pitnej w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Wysoki poziom amoniaku wpływa negatywnie na organizm i może obniżać wydajność zwierząt gospodarskich. Zmniejszenie ilości amoniaku w ściółce można osiągnąć poprzez zwiększenie strawności składników odżywczych i zahamowanie aktywności enzymu urykazy w odchodach. Jednym ze sposobów jest stosowanie probiotyków.

Kurczęta brojlery Lohmann, podzielono na 2 grupy: kontrolną i doświadczalną, z których każda składała się z 5 powtórzeń (po 20 ptaków). Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. W grupie doświadczalnej ptaki otrzymywały do wody pitnej probiotyk w ilości 2 ml/l. Zastosowany probiotyk zawierał bakterie kwasu mlekowego *Lactobacillus sp.* (10^9 CFU/mL) i *Bacillus sp.* (10^9 CFU/mL). Przed zastosowaniem probiotyk rozpuszczono w wodzie mineralnej w stosunku 1:1, a następnie poddano fermentacji przez 4 dni. Pasza i woda pitna były podawane *ad libitum*. Kurczęta brojlery utrzymywano przez okres 35 dni w klatkach na ściółce z plew. Podczas badań mierzono stężenie amoniaku w ściółce, pH i wilgotność ściółki (Mahardhika i in., 2019).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie probiotyku w wodzie pitnej dla kurcząt brojlerów wiązało się z redukcją amoniaku o 11,36 ppm oraz spadkiem wilgotności ściółki o 1,32% (Mahardhika i in., 2019).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Mahardhika B.P., Mutia R., Ridla M. (2019). Efforts to reduce ammonia gas in broiler chicken litter with the use of probiotics. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 399: 012012.

Strategia 47

Oprysk ściółki dla kurcząt brojlerów probiotykiem w ilości 80 ml/2 m²

Opis metody

Wysoki poziom amoniaku wpływa negatywnie na organizm i może obniżać wydajność zwierząt gospodarskich. Zmniejszenie ilości amoniaku w ściółce można osiągnąć poprzez zwiększenie strawności składników odżywczych i zahamowanie aktywności enzymu urykazy w odchodach. Jednym ze sposobów jest stosowanie probiotyków.

Kurczęta brojlery Lohmann podzielono na 2 grupy: kontrolną i doświadczalną, z których każda składała się z 5 powtórzeń (po 20 ptaków). Kurczęta brojlery utrzymywano przez okres 35 dni w boksach (2 m × 1 m) na ściółce z plew. W grupie doświadczalnej ściółka została spryskana probiotykiem w ilości 80 ml na przedział. Zastosowany probiotyk zawierał bakterie kwasu mlekowego *Lactobacillus sp.* (10⁹CFU/mL) i *Bacillus sp.* (10⁹CFU/mL). Przed zastosowaniem probiotyk rozpuszczono w wodzie mineralnej w stosunku 1:1, a następnie poddano fermentacji przez 4 dni. Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. Pasza i woda pitna były podawane *ad libitum*. Podczas badań mierzono stężenie amoniaku w ściółce, pH i wilgotność ściółki (Mahardhika i in., 2019).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie probiotyku w postaci oprysku ściółki w odchowie kurcząt brojlerów wiązało się z redukcją amoniaku o 18,1 ppm (Mahardhika i in., 2019).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Mahardhika B.P., Mutia R., Ridla M. (2019). Efforts to reduce ammonia gas in broiler chicken litter with the use of probiotics. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 399: 012012.

Strategia 48

Zastosowanie probiotyku zawierającego bakterie kwasu mlekowego *Lactobacillus sp.* oraz *Bacillus sp.* w wodzie pitnej i do oprysku ściółki w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Wysoki poziom amoniaku wpływa negatywnie na organizm i może obniżać wydajność zwierząt gospodarskich. Zmniejszenie ilości amoniaku w ściółce można osiągnąć poprzez zwiększenie strawności składników odżywczych i zahamowanie aktywności enzymu urykazy w odchodach. Jednym ze sposobów jest stosowanie probiotyków.

Kurczęta brojlery Lohmann, podzielono na 2 grupy: kontrolną i doświadczalną, z których każda składała się z 5 powtórzeń (po 20 ptaków). Ptaki utrzymywano przez okres 35 dni w boksach (2 m × 1 m) na ściółce z plew. W grupie doświadczalnej ściółka została spryskana probiotykiem w ilości 80 ml na przedział. Dodatkowo ptaki doświadczalne otrzymywały wodę wzbogaconą probiotykiem w ilości 2 ml/l. Zastosowany probiotyk zawierał bakterie kwasu mlekowego *Lactobacillus sp.* (10^9 CFU/mL) i *Bacillus sp.* (10^9 CFU/mL). Przed zastosowaniem probiotyk rozpuszczono w wodzie mineralnej w stosunku 1:1, a następnie poddano fermentacji przez 4 dni. Wszystkie ptaki otrzymywały tę samą (podstawową) paszę opracowaną w oparciu o zalecenia żywieniowe dla kurcząt brojlerów. Pasza i woda pitna były podawane *ad libitum*. Podczas badań mierzono stężenie amoniaku w ściółce, pH i wilgotność ściółki (Mahardhika i in., 2019).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie omawianej metody w odchowie kurcząt brojlerów wiązało się z redukcją amoniaku o 69% oraz spadkiem pH ściółki o 0,12 jednostki (Mahardhika i in., 2019).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Mahardhika B.P., Mutia R., Ridla M. (2019). Efforts to reduce ammonia gas in broiler chicken litter with the use of probiotics. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 399: 012012.

Strategia 49

Redukcja amoniaku z odchodów drobiu przy pomocy 1% dodatku bentonitu sodowego

Opis metody

Wydalanie azotu przez drób jest stosunkowo wysokie i waha się od 1,01 do 4,80 g/dzień, w zależności od wieku ptaka. Stąd w warunkach produkcyjnych stężenie NH_3 w powietrzu często przekracza zalecane normy. Jedną z metod redukcji emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej jest dodawanie do ściółki preparatów chemicznych, które neutralizują emisję amoniaku i innych gazów, a także mają działanie bakteriobójcze i dezodoryzujące. Alternatywą dla związków chemicznych są coraz częściej stosowane preparaty naturalne np. glinokrzemiany (bentonit, zeolit lub dolomity).

Określono ilości uwolnionego amonu po dodaniu 1% bentonitu sodowego do pobranych próbek kału. Stężenie amoniaku oznaczano podczas inkubacji próbek kału (100 g) w pojemnikach modelowanych – komory dyfuzyjne Conwaya. Próbkę inkubowano w temperaturze 25°C. Stężenie uwolnionego amoniaku oznaczano w laboratorium w dniu pobrania próbek oraz w 3., 6., 9., 10., 11., 12., 13. i 14. dniu inkubacji. Analizę wykonano metodą enzymatyczną według Berthelota przy użyciu zestawów testowych firmy Emapol (Emapol Sp. z o.o. Gdańsk, Polska). Każdą próbkę mierzono 10 razy (Wlazło i in., 2016).

Efekt zastosowanej metody

Średnia redukcja poziomu amoniaku z odchodów ptaków, w stosunku do grupy kontrolnej, przez cały okres badań wyniosła 26,41%. Analiza wykazała, że testowany dodatek bentonitu sodowego może być stosowany do neutralizacji uwalnianych zanieczyszczeń, w szczególności amoniaku, co korzystnie wpływa na zapach (Wlazło i in., 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Wlazło Ł., Nowakowicz-Dębek B., Kapica J., Kwiecień M., Pawlak H.J. (2016). Removal of ammonia from poultry manure by aluminosilicates. *J. Environ Monit.*, 18(3): 722–725.

Strategia 50

Dodatek 2% bentonitu sodowego w celu redukcji amoniaku z odchodów drobiu

Opis metody

Wydalanie azotu przez drób jest stosunkowo wysokie i waha się od 1,01 do 4,80 g/dzień, w zależności od wieku ptaka. Stąd w warunkach produkcyjnych stężenie NH_3 w powietrzu często przekracza zalecane normy. Jedną z metod redukcji emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej jest dodawanie do ściółki preparatów chemicznych, które neutralizują emisję amoniaku i innych gazów, a także mają działanie bakteriobójcze i dezodoryzujące. Alternatywą dla związków chemicznych są coraz częściej stosowane preparaty naturalne np. glinokrzemiany (bentonit, zeolit lub dolo-mity).

Określono ilości uwolnionego amonu po dodaniu 2% bentonitu sodowego do pobranych próbek kału. Stężenie amoniaku oznaczano podczas inkubacji próbek kału (100 g) w pojemnikach modelowanych – komory dyfuzyjne Conwaya. Próbki inkubowano w temperaturze 25°C. Stężenie uwolnionego amoniaku oznaczano w laboratorium w dniu pobrania próbek oraz w 3., 6., 9., 10., 11., 12., 13. i 14. dniu inkubacji. Analizę wykonano metodą enzymatyczną według Berthelota przy użyciu zestawów testowych firmy Emapol (Emapol Sp. z o.o. Gdańsk, Polska). Każdą próbkę mierzono 10 razy (Wlazło i in., 2016).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek 2% bentonitu sodowego do odchodów ptaków zredukował poziom amoniaku w stosunku do grupy kontrolnej o 29,04%. Analiza wykazała, że testowany dodatek bentonitu sodowego może być stosowany do neutralizacji uwalnianych zanieczyszczeń, w szczególności amoniaku, co korzystnie wpływa na zapach (Wlazło i in., 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Wlazło Ł., Nowakowicz-Dębek B., Kapica J., Kwiecień M., Pawlak H.J. (2016). Removal of ammonia from poultry manure by aluminosilicates. J. Environ Monit., 18(3): 722–725.

Strategia 51

Dodatek 1% zeolitu w celu redukcji amoniaku z odchodów drobiu

Opis metody

Wydalanie azotu przez drób jest stosunkowo wysokie i waha się od 1,01 do 4,80 g/dzień, w zależności od wieku ptaka. Stąd w warunkach produkcyjnych stężenie NH_3 w powietrzu często przekracza zalecane normy. Jedną z metod redukcji emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej jest dodawanie do ściółki preparatów chemicznych, które neutralizują emisję amoniaku i innych gazów, a także mają działanie bakterio-bójcze i dezodoryzujące. Alternatywą dla związków chemicznych są coraz częściej stosowane preparaty naturalne np. glinokrzemiany (bentonit, zeolit lub dolomity).

Określono ilości uwolnionego amonu po dodaniu 1% zeolitu do pobranych próbek kału. Stężenie amoniaku oznaczano podczas inkubacji próbek kału (100 g) w pojemnikach modelowanych – komory dyfuzyjne Conwaya. Próbkę inkubowano w temperaturze 25°C. Stężenie uwolnionego amoniaku oznaczano w laboratorium w dniu pobrania próbek oraz w 3., 6., 9., 10., 11., 12., 13. i 14. dniu inkubacji. Analizę wykonano metodą enzymatyczną według Berthelota przy użyciu zestawów testowych firmy Emapol (Emapol Sp. z o.o. Gdańsk, Polska). Każdą próbkę mierzono 10 razy (Wlazło i in., 2016).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek 1% zeolitu do odchodów ptaków zredukował poziom amoniaku w stosunku do grupy kontrolnej o 27,14%. Analiza wykazała, że testowany dodatek zeolitu może być stosowany do neutralizacji uwalnianych zanieczyszczeń, w szczególności amoniaku, co korzystnie wpływa na zapach (Wlazło i in., 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Wlazło Ł., Nowakowicz-Dębek B., Kapica J., Kwiecień M., Pawlak H.J. (2016). Removal of ammonia from poultry manure by aluminosilicates. *J. Environ Monit.*, 18(3): 722–725.

Strategia 52

Dodatek 2% zeolitu do odchodów drobiu

Opis metody

Wydalanie azotu przez drób jest stosunkowo wysokie i waha się od 1,01 do 4,80 g/dzień, w zależności od wieku ptaka. Stąd w warunkach produkcyjnych stężenie NH_3 w powietrzu często przekracza zalecane normy. Jedną z metod redukcji emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej jest dodawanie do ściółki preparatów chemicznych, które neutralizują emisję amoniaku i innych gazów, a także mają działanie bakteriobójcze i dezodoryzujące. Alternatywą dla związków chemicznych są coraz częściej stosowane preparaty naturalne np. glinokrzemiany (bentonit, zeolit lub dolomity).

Określono ilości uwolnionego amonu po dodaniu 2% zeolitu do pobranych próbek kału. Stężenie amoniaku oznaczano podczas inkubacji próbek kału (100 g) w pojemnikach modelowanych – komory dyfuzyjne Conwaya. Próbkę inkubowano w temperaturze 25°C. Stężenie uwolnionego amoniaku oznaczano w laboratorium w dniu pobrania próbek oraz w 3., 6., 9., 10., 11., 12., 13. i 14. dniu inkubacji. Analizę wykonano metodą enzymatyczną według Berthelota przy użyciu zestawów testowych firmy Emapol (Emapol Sp. z o.o. Gdańsk, Polska). Każdą próbkę mierzono 10 razy (Wlazło i in., 2016).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek 2% zeolitu do odchodów ptaków zredukował poziom amoniaku w stosunku do grupy kontrolnej o 26,91%. Analiza wykazała, że testowany dodatek zeolitu może być stosowany do neutralizacji uwalnianych zanieczyszczeń, w szczególności amoniaku, co korzystnie wpływa na zapach (Wlazło i in., 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Wlazło Ł., Nowakowicz-Dębek B., Kapica J., Kwiecień M., Pawlak H.J. (2016). Removal of ammonia from poultry manure by aluminosilicates. *J. Environ Monit.*, 18(3): 722–725.

Strategia 53

Zastosowanie nadtlenu wapnia do ściółki dla kurcząt brojlerów

Opis metody

Jakość ściółki jest ważnym czynnikiem kształtującym środowisko w kurnikach. Obecnie stosuje się wiele metod, które mają na celu optymalizację parametrów fizykochemicznych ściółki dla drobiu. Udowodniono pozytywne działanie związków wapnia jako dodatków do ściółki w kurnikach. Nadtlenek wapnia należy do grupy nieorganicznych nadtlenuków metali, nazywanych stałymi źródłami aktywnego tlenu. Zaletą nadtlenu wapnia jest jego słaba rozpuszczalność w wodzie, stopniowe uwalnianie tlenu oraz działanie alkalizujące i poprawiające adsorpcję związków chemicznych.

Badania przeprowadzono w warunkach fermowych w dwóch kurnikach, każdy o powierzchni 1300 m², w których odchowano po około 2000 kurcząt brojlerów Ross 308. Kurczęta brojlery utrzymywano przez okres 6 tygodni na ściółce ze słomy żytniej (grubość warstwy ściółki ok. 150 mm), bez późniejszego dodawania ściółki. Kurniki wyposażono w wentylację mechaniczną, umożliwiającą regulację wydajności wentylatorów, oraz sztuczne oświetlenie z kontrolą natężenia światła. W kurniku doświadczalnym jednorazowo przed wprowadzeniem ptaków dodano do ściółki CaO₂ w ilości 2 g na 1 m² powierzchni podłogi kurnika. Kurczęta z obu grup karmiono standardowymi paszami przemysłowymi: prestarter, starter, premium grower i premium finisz. W ciągu 6-tygodniowego okresu odchovu kurcząt monitorowano parametry: temperaturę, wilgotność względną i wartość pH wierzchniej warstwy ściółki. Oszacowano całkowitą liczbę tlenowych bakterii mezofilnych oraz całkowitą liczbę drożdży i pleśni w ściółce. Ponadto sprawdzono zawartość związków mineralnych (N, P, K, Mg, Ca) w świeżej masie ściółki w 1., 3. i 6. tygodniu (Mituniewicz i in., 2016).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie nadtlenu wapnia wpłynęło na spadek wilgotności ściółki w 6. tygodniu badań o 13% oraz na stabilizację mikroflory ściółki. Zawartość badanych związków mineralnych w doświadczalnej ściółce kurcząt, która wzrastała wraz z czasem odchovu kurcząt, dowodzi o poprawiającej się wartości nawozowej wytwarzanego obornika. Ponadto wykazano, że ze względu na powolny rozkład CaO₂ wystarczy zastosować go tylko raz w 6-tygodniowym cyklu produkcyjnym brojlerów. Obornik uzyskany z hodowli kurcząt brojlerów z dodatkiem nadtlenu wapnia może być wysokiej jakości naturalnym obornikiem, bogatym w składniki odżywcze. Ponadto, ze względu na silnie zasadowe właściwości, może przyczyniać się do zwiększenia odczynu gleb kwaśnych (Mituniewicz i in., 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

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(4): 1327–1341.

Strategia 54

Zastosowanie siarczanu glinu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ w ilości 0,25 kg/m² ściółki w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Siarczan glinu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, nieorganiczny związek chemiczny, jako dodatek do ściółki dla drobiu obniża pH ściółki, dzięki czemu lotny NH_3 przekształca się w $\text{NH}_4\text{-N}$, który nie jest lotny.

Badania przeprowadzono na fermie brojlerów Ross 308. Ptaki umieszczono w czterech kurnikach, w każdym po 20 000 kurcząt brojlerów. Ptaki utrzymywano na 10 cm ściółce z wiór drzewnych przez okres 42 dni. W dwóch kurnikach przed wstawieniem ptaków zastosowano na ściółkę siarczan glinu w ilości 1 kg/m². Każdy kurnik zaopatrzono w cztery linie karmników i pięć linii poideł. Zastosowano 4-fazowe żywienie ptaków paszą opartą na zbożach i śrucie sojowej. Woda i pasza dostępne były *ad libitum* przez cały okres doświadczenia. System wentylacji każdego kurnika składał się z pięciu dużych wentylatorów (127 cm średnicy), trzech małych wentylatorów (dwa wentylatory o średnicy 76 cm i jeden o średnicy 60 cm) umieszczonych w ścianach końcowych każdego budynku i automatycznie regulowanych w zależności od wewnętrznej i zewnętrznej temperatury. Cykl świetlny wynosił 24 godziny na dobę od 1. do 3. dnia, 18 godzin na dobę od 4. do 38. dnia i 23 godziny na dobę w ostatnich 4 dniach odchovu kurcząt brojlerów. Podczas badań oceniono wpływ siarczanu glinu (alunu) na skład ściółki, rozpuszczalność niektórych pierwiastków mineralnych i emisję NH_3 . Ściółka z każdego kurnika była pobierana co 3 do 5 dni. Emisje amoniaku z kurników były monitorowane od 37. do 42. dnia życia (Madrid i in., 2012).

Efekt zastosowanej metody

Dodatek siarczanu glinu do ściółki znacząco obniżył pH materiału ściółkowego, zmniejszył stężenie NH_3 w ściółce średnio o 62,9% i emisję amoniaku o 73,3% w porównaniu z grupą kontrolną. Miało to pozytywny wpływ na środowisko kurnika i zdrowie ptaków (Madrid i in., 2012).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w Polsce w celu weryfikacji skuteczności metody.

Piśmiennictwo

Madrid J., López M.J., Orengo J., Martínez S., Valverde M., Megías M.D., Hernández F. (2012). Effect of aluminum sulfate on litter composition and ammonia emission in a single flock of broilers up to 42 days of age. *Animal*, 6: 1322–1329.

Opis metody

Kompostowanie zużytej ściółki z siarczanem glinu (ałunem) jest najlepszą praktyką zarządzania, która zmniejsza emisję amoniaku (NH_3) i straty fosforu (P) z obornika kurzego. Jednak ponieważ cena ałunu na świecie znacznie wzrosła w ostatnich latach, poszukuje się tańszych produktów obniżających emisję NH_3 .

Dodatek do ściółki AMLA składa się z mułu ałunowego, boksytu oraz kwasu siarkowego i został opatentowany przez Moore'a w 2016 r. Muł ałunowy to kwaśna pozostałość stała powstająca jako produkt uboczny podczas produkcji ałunu. Można go scharakteryzować jako kwaśną zawiesinę bardzo drobnych cząstek tlenku glinu, tlenku żelaza, krzemionki, dwutlenku tytanu i ewentualnie biotytu, mulitu, kwarcu, hematytu oraz rutylu. Producenci ałunu ponoszą dodatkowe koszty związane z utylizacją mułu ałunowego, stąd wykorzystanie tego produktu do ściółki dla drobiu jest stosunkowo tanie.

Celem tego badania była ocena wpływu nowego dodatku do ściółki AMLA na emisję NH_3 i jakość ściółki. Do tego badania wykorzystano dwa oddzielne stada po 1000 brojlerów Cobb. Pierwsze stado ptaków wykorzystano do wytworzenia ściółki potrzebnej do eksperymentu, ptaki umieszczono na czystej ściółce z wiórów drzewnych. Ściółkę rozłożono na grubość 5 cm. Drugie stado umieszczono tydzień po usunięciu pierwszego stada. Pomiędzy pierwszym a drugim stadem ściółka była rozgrabiona, tak aby rozbić wszelkie powstałe zbite warstwy wilgotnego nawozu i wiórów. Kurczęta z drugiego stada utrzymywano do 42. dnia życia i żywiono standardową mieszanką paszową: starter od 1. do 14. dnia, grower od 14. do 35. dnia i finiszier od 35. do 42. dnia. Ptaki utrzymywano w standardowych warunkach klimatycznych i żywiono *ad libitum*. Pisklęta z drugiego stada podzielono na dwie grupy: kontrolną oraz doświadczalną, w której na trzy dni przed umieszczeniem piskląt z drugiego stada wymieszano górną warstwę (2–3 cm) ściółki z dodatkiem AMLA w ilości 98 kg AMLA/100 m². Próbkę ściółki pobrano z każdego przedziału w 0., 7., 14., 21., 28., 35. i 42. dniu odchowu, w tym samym czasie umieszczono na ściółce plastikowe komory strumieniowe podłączone do wielogazowego analizatora fotoakustycznego Innova 1512 (Innova AirTech Instruments, Ballerup, Dania) w celu pomiaru emisji gazów bezpośrednio ze ściółki (Anderson i in., 2020).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowany dodatek do ściółki w ilości 98 kg AMLA/100 m² obniżył średnie pH ściółki o 6,8%. Średnie stężenia $\text{NH}_4\text{-N}$ dla ściółki z AMLA było wyższe o 94% w porównaniu ze ściółką bez dodatku. Zastosowanie 98 kg AMLA/100 m² wiązało się z wyższym o 14,5% poziomem całkowitego N w ściółce. W porównaniu z kontrolą dodatek AMLA zmniejszył całkowitą emisję NH_3 o 33%. Dane te wskazują, że AMLA, którą można wyprodukować po niższej cenie niż ałun, jest skuteczną alternatywną poprawką ściółki w celu zmniejszenia emisji NH_3 ze ściółki dla drobiu (Anderson i in., 2020).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Anderson K., Moore P.A.Jr., Martin J., Ashworth A.J. (2020). Effect of a new manure amendment on ammonia emissions from poultry litter. *Atmosphere*, 11(3): 257.

Moore P.A.Jr. (2016). Composition and methods of treating animal manure. US Patent 9,301,440, 5 April 2016.

Strategia 56

Zastosowanie alunu do ściółki dla kurcząt brojlerów w ilości 98 kg/100 m²

Opis metody

Kompostowanie zużytej ściółki z siarczanem glinu (alunem) jest najlepszą praktyką zarządzania, która zmniejsza emisję amoniaku (NH₃) i straty fosforu (P) z obornika kurzego.

Celem tego badania była ocena wpływu nowego dodatku alunu do ściółki na emisję NH₃ i jakość ściółki. Do tego badania wykorzystano dwa oddzielne stada po 1000 brojlerów Cobb. Pierwsze stado ptaków wykorzystano do wytworzenia ściółki potrzebnej do eksperymentu, ptaki umieszczono na czystej ściółce z wiórów drzewnych. Ściółkę rozłożono na grubość 5 cm. Drugie stado umieszczono tydzień po usunięciu pierwszego stada. Pomiędzy pierwszym a drugim stadem ściółka była rozgrabiona, tak aby rozbić wszelkie powstałe zbite warstwy wilgotnego nawozu i wiórów. Kurczęta z drugiego stada utrzymywano do 42. dnia życia i żywiono standardową mieszanką paszową: starter od 1. do 14. dnia, grower od 14. do 35. dnia i finiszier od 35. do 42. dnia. Ptaki utrzymywano w standardowych warunkach klimatycznych i żywiono *ad libitum*. Pisklęta z drugiego stada podzielono na dwie grupy: kontrolną oraz doświadczalną, w której na trzy dni przed umieszczeniem piskląt z drugiego stada wymieszano górną warstwę (2–3 cm) ściółki z dodatkiem alunu w ilości 98 kg/100 m².

Próbki ściółki pobrano z każdego przedziału w 0., 7., 14., 21., 28., 35. i 42. dniu odchovu, w tym samym czasie umieszczono na ściółce plastikowe komory strumieniowe podłączone do wielogazowego analizatora fotoakustycznego Innova 1512 (Innova AirTech Instruments, Ballerup, Dania) w celu pomiaru emisji gazów bezpośrednio ze ściółki (Anderson i in., 2020).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowany dodatek alunu do ściółki w ilości 98 kg/100 m² obniżył średnie pH ściółki o 5,1%. Średnie stężenia NH₄-N dla ściółki z alunem było wyższe o 87% w porównaniu ze ściółką bez dodatku. Zastosowanie 98 kg alunu/100 m² ściółki wiązało się z wyższym o 20,1% poziomem całkowitego N w ściółce. W porównaniu z kontrolą dodatek alunu zmniejszył całkowitą emisję NH₃ o 29% (Anderson i in., 2020).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze badania oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Anderson K., Moore P.A.Jr., Martin J., Ashworth A.J. (2020). Effect of a new manure amendment on ammonia emissions from poultry litter. *Atmosphere*, 11(3): 257.

Strategia 57

Zastosowanie produktu De-Odorase™ w produkcji kurcząt brojlerów

Opis metody

Wysoki poziom amoniaku (NH_3) stanowi nie tylko zagrożenie dla środowiska i bezpieczeństwa ludzi, ale również ma istotny wpływ na ogólny stan zdrowia i dobrostan kurcząt brojlerów. Wiele badań dotyczy stosowania dodatków do paszy lub wody pitnej dla zwierząt w celu zmniejszenia emisji amoniaku do atmosfery. Obiecującym roślinnym dodatkiem do diety drobiu jest ekstrakt z *Yucca schidigera*, którego stosowanie może obniżać stężenie amoniaku bez wpływu na wydajność zwierząt.

Oceniono wpływ komercyjnego środka wiążącego amoniak De-Odorase™ (Alltech Inc., USA) na wydajność, jakość ściółki i emisję amoniaku po dodaniu go do diety kurcząt brojlerów. Produkt handlowy De-Odorase™ oparty jest o bioaktywny ekstrakt z *Yucca schidigera*. Badanie przeprowadzono na 902 kurczątach brojlerach Cobb, które zostały losowo przydzielone do jednej z dwóch diet, bez (kontrola) lub uzupełnionej 500 g/t De-Odorase™. Ptaki odchowywano przez 42 dni na ściółce z posiekanej słomy i karmiono komercyjną paszą dla kurcząt brojlerów na bazie kukurydzy w trzech fazach (starter, grower i finisz). Pasza i woda były dostępne *ad libitum*. Obsada wynosiła 17 ptaków/m² lub 39 kg masy ciała/m². Od 14. dnia na wysokości głów ptaków badano emisję amoniaku ze ściółki za pomocą rurek Drägera i pompy Dräger Accuro. W 14., 35. i 42. dniu oceniano również wilgotność i pH ściółki (Lazarevic i in., 2014).

Efekt zastosowanej metody

Wykazano, że suplementacja diety preparatem De-Odorase™ może zwiększyć wydajność wzrostu brojlerów i obniżyć poziom amoniaku w kurnikach (Lazarevic i in., 2014).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Lazarevic M., Resanovic R., Vucicevic I., Kocher A., Moran C.A. (2014). Effect of feeding a commercial ammonia binding product De-Odorase™ on broiler chicken performance. J. Appl. Anim. Nutr., 2: 1–6.

Strategia 58

Zastosowanie ściółki z kiszonki kukurydzy w odchowie kurcząt brojlerów

Opis metody

Rodzaj zastosowanego materiału ściółkowego w odchowie zwierząt gospodarskich może mieć istotny wpływ na emisję pyłu oraz amoniaku.

Porównywano emisję pyłu oraz amoniaku NH_3 ze ściółki z wiór drzewnych oraz kiszonki z kukurydzy w odchowie kurcząt brojlerów. Badanie przeprowadzono w mechanicznie wentylowanym budynku. Kurczęta brojlery Ross 306 przydzielono do 2 grup różniących się materiałem ściółkowym: wióry drzewne w ilości $1,5 \text{ kg/m}^2$ oraz kiszona kukurydza w ilości $2,0 \text{ kg/m}^2$ (przed wysuszeniem). Ściółka z kiszonej kukurydzy była rozłożona w pomieszczeniu dla ptaków 3 dni przed ich wstawieniem w celu wysuszenia. Każda grupa kurcząt brojlerów znajdowała się w osobnym pomieszczeniu z własnym systemem kontroli środowiska. Ptaki utrzymywano w przedziałach o wymiarach $4,1 \times 6,8 \text{ m}$. W każdym przedziale znajdowało się po 565 ptaków. Brojlery odchowywano do wieku 35 dni (około $2,1 \text{ kg}$ masy ciała). Miały one swobodny dostęp do paszy i wody pitnej. Podczas badań wykonywano pomiary stężenia pyłów (PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$) w powietrzu wlotowym (na zewnątrz) i powietrzu wylotowym każdego pomieszczenia w 16., 23., 30. i 33. dniu. Stężenie amoniaku mierzono, ciągle pobierając próbki powietrza z każdego pomieszczenia i z zewnątrz oraz sekwencyjnie mierząc stężenia przez 2 minuty za pomocą monitora NO_x (model ML8840, Teledyne Monitor Labs, Englewood) (van Harn i in., 2012).

Efekt zastosowanej metody

Wyniki wykazały, że w porównaniu z wiórami drzewnymi kiszona kukurydza miała o 19% niższą emisję $\text{PM}_{2,5}$ oraz o 36% niższą emisję NH_3 (van Harn i in., 2012).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

van Harn J., Aarnink A.J.A., Mosquera J., van Riel J.W., Ogink N.W.M. (2012). Effect of bedding material on dust and ammonia emission from broiler houses. Transactions of the ASABE, 55(1): 219–226.

KATEGORIA

ODCHODY

Strategia 1

Preparat mikrobiologiczno-mineralny do obornika kurzego

Opis metody

Znaczna uciążliwość zapachowa odchodów drobiu może wynikać z różnorodności i złożoności uwalnianych związków powodujących nieprzyjemny zapach. Występuje również efekt synergistyczny lub addytywny, w wyniku którego nawet niski poziom kilku substancji zapachowych tworzy mieszaninę, która jest znacznie bardziej szkodliwa niż pojedyncze związki obecne w powietrzu w znacznie wyższych stężeniach. Dlatego skuteczna technika usuwania nieprzyjemnych zapachów powinna być ukierunkowana na redukcję substancji zapachowych różnych klas chemicznych.

Badano preparat do dezodoryzacji obornika drobiowego, który składał się z mieszaniny perlitu i bentonitu (zmieszane w stosunku wagowym 2:8) jako sorbent oraz nośnik mineralny, do którego dodano 20% drobnoustrojów w postaci suszonych rozpyłowo mikrokapsulek (*Pseudomonas fluorescens*, *Enterococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Leuconostoc mesenteroides* i *Lactobacillus plantarum*). Kultury drobnoustrojów zamknięto w małych kuleczkach wykonanych z maltodekstryny i innych środków ochronnych, stosując proces zwany suszeniem rozpyłowym. Technika ta polega na natryskiwaniu mieszaniny kultur drobnoustrojów i kapsułkowanie materiału w gorącej komorze, gdzie kropelki wysychają i tworzą mikrokapsułki. Badania przeprowadzono w instalacji składającej się z komór wypełnionych świeżym obornikiem kurzym, który posypano testowanymi preparatami. Skuteczność preparatów w usuwaniu odorów oceniano poprzez przepuszczanie powietrza przez reaktory i pomiar odorów w powietrzu wylotowym (Borowski i in., 2017).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowany preparat do obornika kurzego był szczególnie skuteczny wobec amoniaku i siarkowodoru, których zawartość w powietrzu wywiewanym została zredukowana odpowiednio o 94% i 60% po 2 dniach dezodoryzacji co wpływa na ich mniejszą emisję do środowiska. Badania wykazały również, że preparat może być przechowywany przez co najmniej 5 miesięcy zarówno w temperaturach chłodniczych (4°C), jak i w temperaturze pokojowej (22°C) bez zmniejszania jego aktywności mikrobiologicznej (Borowski i in., 2017).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Produkt w fazie badań i opracowywania.

Piśmiennictwo

Borowski S., Matusiak K., Powalowski S., Pielech-Przybylska K., Makowski K., Nowak A., Rosowski M., Komorowski P., Gutarowska B. (2017). A novel microbial-mineral preparation for the removal of offensive odors from poultry manure. *Int. Biodeter. Biodegr.*, 119: 299–308.

Strategia 2

Dodatek 10% biowęgla bambusowego do pomiotu kurzego

Opis metody

Biowęgiel powstaje w procesie beztlenowego uwęglania biomasy, w wyniku którego następuje związanie pierwiastka węgla w stabilną strukturę, odporną na emisję gazów. Biowęgiel cechuje się bardzo dużymi zdolnościami sorpcyjnymi. Ma zdolność adsorbowania gazów CO₂ i NH₃, a jednocześnie może zmniejszyć tworzenie się kieszeni beztlenowych podczas kompostowania, zmniejszając w ten sposób emisję CH₄ i N₂O. Jednakże właściwości biowęgla zależą od wielu czynników, takich jak warunki pirolizy i wybór substratu do jego produkcji.

Zbadano skuteczność określonych stężeń biowęgla bambusowego w ochronie składników odżywczych w oparciu o emisję gazów podczas kompostowania pomiotu kurzego. Pomiot kurzy oraz słomę pszenną wysuszono na powietrzu do poziomu wilgotności poniżej 15%, a następnie rozdrobniono za pomocą kruszarki mechanicznej z sitem o średnicy 40 mm. Zmieszano je w proporcji 5:1 pomiotu i słomy, aby uzyskać stosunek węgla do azotu wynoszący 25:1. Następnie do mieszanki pomiotu ze słomą dodano biowęgiel bambusowy w stężeniu 10% i umieszczono w 100-litrowych reaktorach przez 42 dni (Awasthi i in., 2020).

Efekt zastosowanej metody

Badanie potwierdziło pozytywną i znaczącą skuteczność biowęgla w zakresie ochrony węgla i azotu. Dodanie biowęgla bambusowego podczas kompostowania sprzyja aktywności enzymów i zmniejsza straty w postaci emisji gazów, które są główną drogą uwalniania amoniaku i dwutlenku węgla. Biowęgiel bambusowy stymulował także degradację odpadów organicznych i poprawiał jakość końcową kompostu. Kompostowanie z dodatkiem 10% biowęgla charakteryzowało się niższymi stratami węgla i azotu wynoszącymi odpowiednio 148,89% i 12,59% w porównaniu do kompostowania pomiotu kurzego bez biowęgla. Dodatek biowęgla do kompostowania jest lepszą opcją w zakresie ochrony składników odżywczych poprzez poprawę aktywności mikroorganizmów i zmniejszenie strat emisji gazów w procesie kompostowania (Awasthi i in., 2020).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Awasthi M.K., Duan Y., Awasthi S.K., Liu T., Zhang Z. (2020). Influence of bamboo biochar on mitigating greenhouse gas emissions and nitrogen loss during poultry manure composting. *Bioresour Technol.*, 303: 122952.

Strategia 3

Zastosowanie 20% biowęgla sosnowego na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i utraty azotu podczas kompostowania odchodów drobiu

Opis metody

Zużyta ściółka z produkcji drobiarskiej bywa niedostatecznie wykorzystywanym nawozem, jednak zawiera znaczne ilości N, P, K i mikroelementów. Kompostowanie mające na celu redukcję potencjalnych patogenów, nasion chwastów i zapachu często skutkuje dużymi stratami N w wyniku ulatniania się NH_3 . Wykazano, że biowęgiel działa jako absorbent NH_3 oraz rozpuszczalnego w wodzie NH_4 i dlatego może zmniejszać straty N podczas kompostowania obornika.

Wyprodukowano dwie mieszanki kompostowe, które składały się z obornika drobiowego bez żadnych dodatków oraz z obornika drobiowego z dodatkiem 20% biowęgla wyprodukowanego z wiórów sosnowych i wykorzystanego bez dalszych modyfikacji. Mieszanki kompostowe umieszczono w sześciu bioreaktorach w celu poddania kompostowaniu przez 42 dni. Cały proces kompostowania powtórzono trzykrotnie. W trakcie kompostowania okresowo mierzono zawartość wilgotności, temperaturę, pH, utratę masy, emisję gazów (NH_3 , CO_2 , H_2S), C i zawartość składników odżywczych (Steiner i in., 2010).

Efekt zastosowanej metody

Wyniki nie wykazały różnicy w utracie masy obornika drobiowego po dodaniu biowęgla. Natomiast stwierdzono, że zawartość wilgotności spadła, pH znacznie wzrosło, a szczytowy poziom CO_2 i temperatury był znacznie wyższe w kompoście z biowęgłem. Wyniki te wskazują na szybszy rozkład obornika drobiowego, jeśli zostanie on uzupełniony biowęgłem. Stężenia amoniaku w emisjach były niższe nawet o 64% w przypadku zmieszania obornika drobiowego z biowęgłem, a całkowite straty N zmniejszyły się aż o 52%. Biowęgiel może być dobrym środkiem wypełniającym do kompostowania materiałów bogatych w azot (Steiner i in., 2010).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Steiner C., Das K.C., Melear N., Lakly D. (2010). Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *J Environ Qual.*, 39: 1236–1242.

Strategia 4

Dodatek 2% alunu do odchodów kurcząt rzeźnych

Opis metody

Ałun to minerał dwunastowodnego siarczany glinowo-potasowego. Minerał ten charakteryzuje się kwaśnym odczynem, dzięki czemu wykazuje działanie bakteriobójcze.

Kurczęta brojlerzy Arbor Acres żywiono komercyjnymi mieszankami paszowymi. Badano wpływ dodatku 2% ałunu do pomiotu kurzego na emisję amoniaku. Zebrany pomiot kurcząt podzielono na dwie partie: bez dodatku i z dodatkiem 2% ałunu. Określano aktywność ureazy oraz stężenie amoniaku ulatniającego się z pomiotu. Pomiar amoniaku przeprowadzono metodą Weatherburna (1967). Aktywność ureazy mierzono metodą Guana (1986) (SAS Institute 1998). Jedną jednostkę ureazy zdefiniowano jako $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg) uwalnianą z 1 g ściółki (suchej masy) po inkubacji w temperaturze 37°C przez 1h (Zhang i in., 2011).

Efekt zastosowanej metody

Traktowanie ałunem miało znaczący wpływ na uwalnianie NH_3 . Dodatek ałunu zmniejszył emisję NH_3 w 3 dniu po zabiegu, średnio o 73,0%. Wystąpił istotny efekt czasowy. W kontroli uwalnianie NH_3 wzrastało wraz z upływem czasu podczas 7-dniowego okresu eksperymentu. Odwrotny proces obserwowano w przypadku pomiotu z 2% ałunem – uwalnianie NH_3 miało tendencję do zmniejszania się wraz z upływem czasu. Dodatek 2% ałunu obniżył o 2,79 pH odchodów kurcząt rzeźnych, nie stwierdzono natomiast wpływu dodatku ałunu na aktywność ureazy (Zhang i in., 2011).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Guan S.Y. (1986). Soil enzyme and the methodology. Agriculture Press, Beijing, China, pp. 294–302.

Weatherburn M.W. (1967). Pheno-hypochlorite reaction for determination of ammonia. Anal. Chem., 39: 971–974.

Zhang H.F., Jiao H.C., Song Z.G., Lin H. (2011). Effect of alum-amended litter and stocking density on ammonia release and footpad and hock dermatitis of broilers. Agri. Sci. China, 10(5): 777–785.

Strategia 5

Dodatek 4% ałunu do odchodów kurcząt rzeźnych

Opis metody

Ałun to minerał dwunastowodnego siarczany glinowo-potasowego. Minerał ten charakteryzuje się kwaśnym odczynem, dzięki czemu wykazuje działanie bakteriobójcze.

Zbadano wpływ dodatku 4% ałunu do odchodów kurcząt na emisję amoniaku. Kurczęta brojlery Arbor Acres żywiono komercyjnymi mieszankami paszowymi. Zebrany pomiot kurcząt podzielono na dwie partie: bez dodatku i z dodatkiem 4% ałunu. Określano aktywność ureazy oraz stężenie amoniaku ulatniającego się z pomiotu. Pomiar amoniaku przeprowadzono metodą Weatherburna (1967). Aktywność ureazy mierzono metodą Guana (1986) (SAS Institute 1998). Jedną jednostkę ureazy zdefiniowano jako $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg) uwalnianą z 1 g ściółki (suchej masy) po inkubacji w temperaturze 37°C przez 1h (Zhang i in., 2011).

Efekt zastosowanej metody

Traktowanie ałunem odchodów kurzych miało znaczący wpływ na uwalnianie NH_3 . Dodatek ałunu zmniejszył emisję NH_3 w 3. dniu po zabiegu, średnio o 75,8%. Wystąpił istotny efekt czasowy. W kontroli uwalnianie NH_3 wzrastało wraz z upływem czasu podczas 7-dniowego okresu eksperymentu. Odwrotny proces obserwowano w przypadku pomiotu z 4% ałunem – uwalnianie NH_3 miało tendencję do zmniejszania się wraz z upływem czasu. Dodatek 4% ałunu obniżył o 4,44 pH odchodów kurcząt rzeźnych. W porównaniu z grupą kontrolną 4% ałunu zmniejszyło aktywność ureazy o 73,4% (Zhang i in., 2011).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia. Produkt dostępny na polskim rynku.

Piśmiennictwo

Guan S.Y. (1986). Soil enzyme and the methodology. Agriculture Press, Beijing, China, pp. 294–302.

Weatherburn M.W. (1967). Pheno-hypochlorite reaction for determination of ammonia. Anal. Chem., 39: 971–974.

Zhang H.F., Jiao H.C., Song Z.G., Lin H. (2011). Effect of alum-amended litter and stocking density on ammonia release and footpad and hock dermatitis of broilers. Agri. Sci. China, 10(5): 777–785.

Strategia 6

Ko-fermentacja pomiotu kurzego

Opis metody

Obok powszechnie stosowanej fermentacji metanowej osadów ściekowych, coraz większego znaczenia nabierają metody biologicznego, beztlenowego przetworzenia wielu rodzajów odpadów organicznych, zarówno stałych, jak i ciekłych. O efektywności procesu oraz o ilości produkowanego biogazu decyduje charakter substratu i jego podatność na rozkład beztlenowy. Duży udział w substratach odpadowych białek i tłuszczu korzystnie wpływa na efektywność biodegradacji, podczas gdy wysoka zawartość lignin i hemicelulozy znacznie ją obniża. Podatność substratów organicznych na biodegradację ocenia się na podstawie ilorazu C/N, który powinien dla procesu fermentacji metanowej mieścić się w zakresie od 20 do 30:1. Optymalizację składu substratów, a w szczególności: zawartości suchej masy, suchej masy organicznej, ilorazu C/N czy też stężenia inhibitorów można uzyskać stosując ko-fermentację, czyli wspólną fermentację dwóch lub więcej składników połączonych w jednorodną mieszaninę. Najczęściej spotyka się rozwiązanie, gdy jeden z substratów jest w przeważającej ilości (>50%). W miarę prowadzonych doświadczeń w skali półtechnicznej czy też technicznej zwiększa się spectrum wykorzystywanych ko-substratów. Proces ko-fermentacji wymaga wprowadzenia bilansowania składu substratów i ich wstępnego przygotowania. W biogazowniach rolniczych w pierwszej kolejności powinny być wykorzystywane produkty uboczne z rolnictwa, płynne i stałe odchody zwierzęce oraz pozostałości przemysłu rolno-spożywczego. Szczególnym substratem jest pomiot kurzy, z którego z uwagi na wysoką zawartość substancji organicznych można uzyskać wysoką produkcję biogazu. Wykorzystanie pomiotu stwarza jednak problemy eksploatacyjne. Związane jest to przede wszystkim z wysokimi stężeniami azotu amonowego oraz niekorzystnym ilorazem węgla organicznego do azotu w granicach od 2 do 14:1. Prawidłowo przebiegająca fermentacja metanowa pomiotu kurzego wymaga, więc zbilansowania ilorazu C/N przez wprowadzanie odpowiedniej ilości dodatkowych ko-substratów bogatych w węgiel organiczny. Ko-substratami tymi mogą być: odpady szklarniowe (łęty pomidorów, ogórków), odpady rolnicze (obierki, wysłodki, melasa), biomasa, w tym rośliny energetyczne (kiszonki kukurydzy, traw), frakcja organiczna odpadów komunalnych i osady ściekowe. Konkurencyjnym ko-substratem w przypadku małych biogazowni rolniczych może być podłoże popieczarkowe.

Poniżej przedstawiono wyniki badań dotyczące przebiegu procesu fermentacji pomiotu kurzego wraz z różnymi ko-substratami. Głównym celem badań było ustalenie optymalnych udziałów ko-substratów do procesu fermentacji w celu uzyskania wysokiej produkcji metanu (BMP). Głównym substratem był pomiot kurzy, a jako ko-substraty wykorzystywano: podłoże pieczarek, kiszonkę z kukurydzy, słomę, trawę oraz łęty pomidorów. Udział ko-substratów we wsadzie do fermentacji pomiotu kurzego ustalano w oparciu o iloraz C/N. Substraty rozdrabniano do wymiarów <20mm. Skład fizyczno-chemiczny oceniano na podstawie następujących parametrów: zawartość suchej masy, suchej masy organicznej, ChZT, pH, stężenie azotu Kjeldahla, azotu amonowego i fosforu. Podatność tych substratów na biodegradację

beztlenową oceniano na podstawie ilorazu C/N oraz w teście BMP. Badania procesu beztlenowego rozkładu z produkcją biogazu prowadzono w reaktorach nieprzepływowych o obj. 2,5 d³ w czasie 21–30 dob.

Potencjał biogazowy określono dla różnego procentowego udziału pomiotu kurzego i ko-substratów. W badaniach testowano mieszaniny: pomiot kurzy + kiszonka kukurydzy, pomiot kurzy + łęty pomidorów, pomiot kurzy + słoma, pomiot kurzy + podłoże pieczarek (Sadecka i Suchowska-Kisielewicz, 2016).

Efekt zastosowanej metody

Wyniki badań składu substratów do procesu ko-fermentacji pomiotu kurzego wykazały, że: optymalne dla procesu fermentacji wartości ilorazu C/N czyli w zakresie 20–30 uzyskano dla mieszanin:

- kiszonka kukurydzy 60%, pomiot kurzy 40% – 27,
- kiszonka kukurydzy 40%, pomiot kurzy 60% – 20,
- łęty pomidorów 90%, 10% pomiot kurzy – 27,
- łęty pomidorów 80%, 20% pomiot kurzy – 24,
- łęty pomidorów 70%, 30% pomiot kurzy – 22,
- łęty pomidorów 60%, 40% pomiot kurzy – 20,
- słoma 10%, pomiot kurzy 90% – 24,
- podłoże pieczarek 90%, pomiot kurzy 10% – 22,
- podłoże pieczarek 80%, pomiot kurzy 20% – 22,
- podłoże pieczarek 70%, pomiot kurzy 30% – 21,
- podłoże pieczarek 60%, pomiot kurzy 40% – 20.

Największą produkcję metanu uzyskano z kiszonki kukurydzy (C/N=57) oraz z trawy (C/N=16). Dla tych substratów ilorazy C/N nie mieściły się w zakresie optymalnym dla procesu fermentacji. W procesie ko-fermentacji pomiotu kurzego z różnymi substratami największe ilości metanu (285 oraz 228 dm³/kg s.m.) uzyskano kolejno dla mieszaniny: 60% pomiotu + 40% kiszonka kukurydzy (przy C/N = 27) oraz 60% pomiotu + 40% łęt pomidorów (przy C/N=16). W przypadku ko-fermentacji pomiotu z łętami pomidorów największą produkcję uzyskano dla C/N<20.

Wyniki badań wykazują, że zalecany w literaturze iloraz C/N w zakresie 20–30:1 nie jest jednoznacznym parametrem oceniających podatność substratów i ich mieszanin na rozkład beztlenowy oceniany na podstawie ilości produktowego metanu (biogazu) (Sadecka i Suchowska-Kisielewicz, 2016).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Sadecka Z., Suchowska-Kisielewicz M. (2016). Ko-fermentacja pomiotu kurzego. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 18: 609–625.

Strategia 7

Wykorzystanie obornika kurzego jako surowca energetycznego

Opis metody

Rosnące zapotrzebowanie na produkty białkowe pochodzenia zwierzęcego doprowadziło do intensyfikacji przemysłu rolnego i powstania m.in. ferm przemysłowych, w tym drobiarskich. Wysoka koncentracja produkcji drobiarskiej na stosunkowo niedużym areale prowadzi do powstawania dużych ilości odpadów poprodukcyjnych: pomiotu i obornika kurzego. Obornik składa się zarówno z frakcji stałych, jak i płynnych. Frakcja stała składa się głównie z kału i ściółki odzyskanej z podłogi kurników, podczas gdy ciecz zawiera mieszaninę wody, moczu i rozpuszczalnych składników kałowych. Obornik ten jest uważany za odpady przemysłowe i musi być zarządzany w sposób przyjazny dla środowiska. Odchody zwierzęce są bogate w składniki odżywcze, takie jak azot, fosfor, potas, wapń oraz siarka, i jako takie są zazwyczaj wykorzystywane jako nawóz organiczny. Jednak produkcja obornika z dużych ferm towarowych jest często większa niż lokalne zapotrzebowanie upraw i pastwisk na składniki odżywcze. Nadmierne stosowanie obornika może prowadzić do eutrofizacji, wypłukiwania azotanów, wysokiego zapotrzebowania na tlen biologiczny (BZT), toksyczności amoniaku, wysokich stężeń chloru, skażenia patogenami, uciążliwości zapachowej, toksyczności upraw (z powodu wysokich stężeń amoniaku, azotanów, azotanów i soli rozpuszczalnych) oraz zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych. Fosfor (P) jest prawdopodobnie najważniejszym składnikiem odżywczym w oborniku zwierzęcym, nie tylko ze względu na jego korzyści agronomiczne, ale również ze względu na fakt, że jest zasobem nieodnawialnym. Fosfor w oborniku kurzym występuje zarówno w postaci organicznego fosforu, jak i nieorganicznego fosforu (2:1), jego udział wynosi 0,3%–2,4% w suchej masie obornika i może się zmieniać w zależności od diety oraz praktyk hodowlanych. Obornik kurzy jest uznawany za paliwo z biomasy o niskiej wartości ze względu na stosunkowo wysoką zawartość wilgotności i popiołu. Zawartość wilgotności w oborniku kurzym jest bardzo zmienna, co wpływa na jednorodność i niższą wartość opałową paliwa, która może wynosić od 9 GJ/t do 13 GJ/t.

Zbadano przydatność obornika kurzego do stosowania pod kątem jej podstawowych właściwości paliwowych. Do celów tego badania wykorzystano 200 kW atmosferyczną jednostkę spalania fluidalnego (FBC). Wybrano technologię FBC, ponieważ jest dobrze udokumentowana jako odpowiednia dla paliw o niskiej wartości, takich jak obornik kurzy. Jednostką użytą w tej pracy była jednostka komercyjna, obsługiwana przez Biomass Heating Solutions Ltd., Irlandia. FBC znajdowała się obok brojlarni, a zatem ściółka nie opuszczała miejsca produkcji. Konstrukcja FBC była dostosowana do lokalizacji na miejscu w przypadku operacji na małą skalę (30 000 ptaków). Powstały po spalaniu popiół był zbierany za pomocą szeregu wymienników ciepła, cyklonu i filtra workowego. Komora spalania fluidalnego okazała się wszechstronną technologią zdolną do spalania praktycznie każdego paliwa lub kombinacji biopaliw, jednocześnie wytwarzając niskie emisje. Próbkę obornika kurzego pobrano z ferm brojlerów zgodnie z wytycznymi normy BS EN 14778:2011 i przygotowano zgodnie z normą BS EN 14780:2011. Metodyka badania obornika kurzego była

zgodna z normami określonymi w CEN TC 335 – oznaczono zawartość wilgotności, popiołu, substancje lotne, węgiel, wodór, azot, siarkę chloru i wyższą wartość opałową (HHV). Ze względu na heterogeniczność obornika kurzego przeanalizowano liczne próbki w celu ustalenia właściwości paliwa. W uzyskanym popiele oznaczono zawartość pierwiastków (Lynch i in., 2013).

Efekt zastosowanej metody

Niższa wartość opałowa obornika kurzego mieści się w zakresie od 8,75 GJ/t do 14,27 GJ/t, natomiast HHV mieści się w zakresie od 15,7 GJ/t do 19,5 GJ/t. Stwierdzono, że gęstość nasypowa obornika kurzego wynosi 670 kg/m³ przy 50% wilgotności, co jest stosunkowo niską wartością w porównaniu z węglem (900 kg/m³). Niska gęstość nasypowa skutkuje niską gęstością energii i wpływa na ekonomikę transportu materiału do zakładu przetwarzania. Wykorzystanie obornika kurzego jako paliwa do spalania koncentruje składniki odżywcze ściółki w nieorganicznej, sterylnej formie. Jednak podczas spalania traci się azot, natomiast odzyskiwany jest zarówno fosfor, jak i potas, a także wiele innych makro- i mikroelementów. Zawartość pierwiastków w popiele wykazała wysoki poziom fosforu, potasu i wapnia (odpowiednio 110 g/kg, 170 g/kg i 160 g/kg).

Wyniki przedstawione tutaj pokazują, że obornik kurzy jest użytecznym źródłem biomasy, jeśli jest produkowana lokalnie. Kluczowym czynnikiem przy wyborze FBC jest możliwość działania na małą skalę, na miejscu, jak opisano tutaj. Transport ściółki poza miejsce jest kosztowny i wymaga dużego zużycia paliwa. Należy zachować ostrożność, aby zminimalizować szkodliwe emisje podczas spalania, a także należy zastosować odpowiednie zbieranie pyłu. Wykorzystanie ściółki w sposób opisany tutaj zmniejsza odpady do 10% pierwotnej masy, łagodzi zanieczyszczenie środowiska i koncentruje składniki odżywcze w sterylnym i łatwym do transportu popiele. Wykazano, w jaki sposób zastosowanie technologii FBC na małą skalę może rozwiązać zarówno problemy z energią, jak i odpadami, a także stworzyć dodatkowe źródło przychodów w postaci bogatego w minerały popiołu nadającego się jako nawóz (Lynch i in., 2013).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Lynch D., Henihan A., Bowen B., Lynch D., McDonnell K., Kwapinski W., Leahy J. (2013). Utilisation of poultry litter as an energy feedstock. Biomass Bioenergy, 49: 197–204.

Strategia 8

Przykrycie pryzmy obornika kurzego plastikową folią

Opis metody

Obornik kurzy to jeden z nawozów stosowanych do poprawy żyzności gleby. Nieodpowiednie przechowywanie obornika w niezabezpieczonych pryzmach na polach stwarza ryzyko negatywnego wpływu na środowisko i klimat z powodu emisji amoniaku (NH_3) i gazów cieplarnianych (GHG).

Ściółka została zebrana z fermy kurcząt brojlerów z dwóch kurników o powierzchni około 2000 m². W każdym budynku utrzymywano w 1 cyklu produkcyjnym, trwającym 42 dni, 33 500 kurcząt Rustic Gold o końcowej masie ciała 2150 g. Materiał ściółkowy stanowił torf wymieszany z wiórami drzewnymi. Po zakończeniu cyklu produkcyjnego ściółka została usunięta z budynków i przeniesiona na przyczepy, a następnie 2 godziny po opróżnieniu budynków ze ściółki zbudowano na polu pryzmę w kształcie trapezu o początkowej wysokości około 1,8 m i początkowej wadze 22,0 ton. Długość i szerokość pryzmy wynosiły odpowiednio około 8,0 m i 4,5 m, co daje powierzchnię około 36 m². Okres przechowywania obornika w pryzmie wynosił 44 dni. Przechowywanego w pryzmie obornika nie przykrywano przez pierwsze 6 dni. Następnie pryzmę szczelnie przykryto czarną folią plastikową (polietylenową) o grubości 0,14 mm i przytrzymało oponami i workami z piaskiem. Folia została usunięta 10 dni przed zakończeniem badań. W przechowywanym oborniku umieszczono w trzech różnych pozycjach i na trzech różnych wysokościach czujniki temperatury (HOBO MX Pendant, Onset Computer Corporation, MA, USA). Czujniki znajdowały się na poziomie gruntu, 1 m nad ziemią i bezpośrednio pod folią na szczycie pryzmy. Podczas dwóch odkrytych okresów czujniki były umieszczone na szczycie pryzmy. W trakcie badań mierzono emisje metanu (CH_4), NH_3 i podtlenku azotu (N_2O) stosując metodę Lagrange’a Stochastic (bLS) (Flesch i in., 1995) (Kamp i Feilberg, 2024).

Efekt zastosowanej metody

Przykrycie pryzmy obornika kurzego folią zredukowało emisję NH_3 o 92–95%, CH_4 o 25–40% i N_2O o 82–89% w porównaniu z okresami kiedy pryzma była niezabezpieczona folią. Emisje gazów cieplarnianych, oparte na potencjale globalnego ocieplenia, wskazują na znaczny udział N_2O (55–72% emisji w $\text{CO}_2\text{-eq}$) w okresach, kiedy pryzma obornika kurzego nie była zabezpieczona i 27% w okresie przykrycia pryzmy folią. Ponadto emisje gazów cieplarnianych zostały zmniejszone o 63–72% w okresie zabezpieczenia pryzmy folią w porównaniu z okresami bez zabezpieczenia pryzmy.

Wyniki niniejszego badania potwierdzają, że przykrycie pryzm obornika w celu złagodzenia emisji NH_3 i gazów cieplarnianych jest opłacalną strategią globalnego łagodzenia emisji gazów cieplarnianych (Kamp i Feilberg, 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia. Metoda stosowana w polskiej produkcji drobiarskiej.

Piśmiennictwo

Flesch T.K., Wilson J.D., Yee E. (1995). Backward-time Lagrangian stochastic dispersion models and their application to estimate gaseous emissions J. Appl. Meteorology, 34: 1320–1332.

Kamp J.N., Feilberg A. (2024). Covering reduces emissions of ammonia, methane, and nitrous oxide from stockpiled broiler litter. Biosyst. Eng., 248: 73–81.

Strategia 9

Kompostowanie obornika kurzego z dodatkiem 15% odwodnionego węgla brunatnego

Opis metody

Kompostowanie tlenowe jest skuteczną i przyjazną dla środowiska technologią, która może przekształcać pod wpływem aktywności mikrobiologicznej odpady organiczne (np. obornik kurzy lub pomiot) w nawóz organiczny. Jednak około 10%–46% N w oborniku zwierzęcym jest tracone w postaci amoniaku (NH_3). Ponadto tworzenie się mikroobszarów beztlenowych w pryzmach kompostowych może prowadzić do emisji gazów cieplarnianych (GHG), takich jak metan (CH_4) i podtlenek azotu (N_2O). Emisje NH_3 i N_2O nie tylko obniżają jakość kompostu (przyczyniają się do utraty C i N), ale również powodują poważne zanieczyszczenie atmosfery i środowiska. Węgiel brunatny może zwiększyć retencję N poprzez absorbowanie NH_4^+ i NH_3 . Jednak wpływ współkompostowania na emisje NH_3 i GHG w kontekście zamkniętego cyklu obiegu składników odżywczych jest nadal słabo zbadany.

W badaniu zużyta ściółka pochodząca z fermy kurcząt brojlerów była kompostowana bez lub z 15% odwodnionego węgla brunatnego, a ich odpowiednie komposty zostały przetestowane w inkubacji glebowej w celu oceny emisji NH_3 i GHG. Dla porównania przeprowadzono również testową inkubację gleby z mocznikiem. Początkowa zawartość wilgotności w kompostach wyniosła 55%–60%, a proces kompostowania trwał 52 dni. Podczas kompostowania regularnie oceniano zmiany właściwości fizykochemicznych, bilans węgla i azotu oraz emisję NH_3 , N_2O , CO_2 , CH_4 , ekwiwalent GHG. Przeanalizowano również kwantyfikację pięciu genów nityfikacji i denityfikacji (*amoA*, *amoB*, *nirK*, *nirS* i *nosZ*) w kompostach w celu zbadania mechanizmów wpływu dodatku odwodnionego węgla brunatnego na emisję NH_3 i N_2O . W glebie poddanej różnym modyfikacjom oceniono przepływy i skumulowane emisje NH_3 , N_2O i CO_2 oraz zmiany właściwości fizykochemicznych (Cao i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Skumulowana emisja NH_3 z kompostu wzbogaconego w odwodniony węgiel brunatny została zmniejszona o 50,2%, podczas gdy emisja N_2O wzrosła 15,6 raza w porównaniu do kompostu z samego obornika kurzego. Całkowita emisja gazów cieplarnianych z kompostu wzbogaconego została zmniejszona o 16,8% w porównaniu do kompostu z samego obornika kurzego. Dodatek węgla brunatnego znacznie zwiększył nityfikację i denityfikację, o czym świadczy zwiększona ilość *amoA*, *amoB*, *nirK* i *nirS*. Wzrost redukcji emisji NH_3 przez odwodniony węgiel brunatny może być przypisany obniżonemu pH i zwiększonej pojemności wymiany kationów. Natomiast zwiększona emisja N_2O była związana ze zwiększoną nityfikacją i denityfikacją. W badaniu inkubacji gleby z dodatkiem kompostu wzbogaconego stwierdzono mniejszą emisję NH_3 podczas gdy zwiększyła się emisja CO_2 i N_2O w porównaniu do gleby z mocznikiem. Kompost z odwodnionym węglem brunatnym dodany do ziemi zmniejszył emisję GHG o 28,0%–51,8% w porównaniu do kompostu bez dodatku. Wysoki potencjał łagodzenia emisji gazów cieplarnianych odwodnionego węgla brunatnego wynika z jego wyższej zdolności adsorpcji NH_3 i NH_4^+ . Niższe ulatnianie się

NH₃ skutkowało silniejszym łagodzeniem hamowania nitryfikacji i denitryfikacji, co z kolei zmniejszyło produkcję N₂O.

Podsumowując, dodanie odwodnionego węgla brunatnego do kompostowania obornika kurzego oraz dalsze jego wykorzystanie do nawożenia zmniejszyło emisje NH₃ i gazów cieplarnianych. Zastosowanie odwodnionego węgla brunatnego może być użyteczną strategią mającą na celu łagodzenie negatywnego wpływu utylizacji odpadów z produkcji zwierzęcej na zmiany klimatyczne i zanieczyszczenie środowiska (Cao i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Badania wstępne.

Piśmiennictwo

Cao Y., Bai M., Han B., Butterly C., Hu H., He J., Griffith D.W.T., Chen D. (2024). NH₃ and greenhouse gas emissions during co-composting of lignite and poultry wastes and the following amendment of co-composted products in soil. *Environ Technol.*, 45(27): 5794–5807.

Strategia 10

Dodatek 6% octu drzewnego do obornika kurzego

Opis metody

Kompostowanie jest skuteczną metodą wykorzystania zużytej ściółki z chowu kurcząt brojlerów. Kompostowanie obornika kurzego napotyka na wyzwania związane ze stratami azotu (N) poprzez emisję amoniaku (NH_3) i podtlenku azotu (N_2O), zmniejszając tym samym zawartość składników odżywczych w kompoście. Wraz ze wzrostem temperatury wewnątrz kompostu organiczne związki N rozkładają się, tworząc nieorganiczne związki N (głównie NH_4^+), co prowadzi do ulatniania się NH_3 , który nieuchronnie powstaje podczas procesu kompostowania. Emisje N_2O w procesie kompostowania są ściśle związane z fizycznymi i chemicznymi właściwościami materiałów kompostowych, zawartością tlenu w pryzmie i formami N w kompoście. Tworzenie się N_2O następuje podczas niepełnej nitrifikacji/denitryfikacji, gdzie N_2O może być syntetyzowany w warunkach niedoboru O_2 lub akumulacji NO_3^- -N (lub azotynów).

Dodatki do kompostu mogą poprawić retencję składników odżywczych i zmniejszyć wpływ kompostowania na środowisko. Ocet drzewny to produkt uboczny produkcji biowęgla, zawiera kwasy, fenole i inne związki, dzięki czemu jest przydatny jako płynny nawóz, odżywka do gleby, pestycyd i regulator wzrostu roślin. Może skutecznie zmniejszać ulatnianie się NH_3 i emisję N_2O podczas kompostowania oraz poprawić żyzność kompostu. Ponadto ocet drzewny zawiera różne kwaśne związki, które mogą reagować z jonami NH_4^+ w kompoście i w ten sposób może obniżyć pH kompostu.

Obornik kurzy i słomę pszenną dokładnie wymieszano w stosunku wagowym 2:3 i rozdzielono na 2 pryzmy, pierwszą kontrolną bez dodatku i drugą z dodatkiem 6% octu drzewnego. Na początku procesu kompostowania dodatek wymieszano równomiernie z surowym materiałem kompostowym. Podstawowe właściwości octu drzewnego to: pH 3,5, całkowity azot 170,5 mg/l, całkowity fosfor 103,4 mg/l i całkowity potas 324 mg/l. Wilgotność mieszanki kompostowej utrzymywano na poziomie około 60%. Pryzmę kompostową obracano 4., 8., 12. i 16. dnia od rozpoczęcia kompostowania. Próbkę kompostu pobierano na początku, przy każdym obracaniu i na końcu procesu kompostowania. W próbkach oznaczano pH, N, P, K, węgiel organiczny, próchnicę, azot amonowy (NH_4^+ -N) i azot azotanowy (NO_3^- -N) (Huang i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Ocet drzewny może łączyć się z OH^- w kompoście, co prowadzi do obniżenia pH kompostu. Wyniki wskazują, że dodanie octu drzewnego do kompostu może obniżyć pH kompostu o 0,3–0,5 jednostki, z kolei niższe pH zmniejsza ulatnianie się amoniaku o 21,6% podczas kompostowania z dodatkiem octu drzewnego.

Dodatek octu drzewnego do obornika kurzego spowodował o 10% niższą całkowitą emisję N_2O . Prawdopodobnie dlatego, że ocet drzewny potencjalnie zwiększa aktywność reduktazy N_2O z denitryfikujących mikroorganizmów jednocześnie hamując aktywność reduktaz biorących udział w konwersji NO_3^- do N_2O , tym samym

zmniejszając emisję N_2O . Właściwości fizykochemiczne kompostu są ściśle związane z emisjami NH_3 i N_2O . Po zastosowaniu octu drzewnego ilość próchnicy w kompoście wzrosła o 8,5% w porównaniu z konwencjonalnym sposobem kompostowania (Huang i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Huang W., Sun X., Sun H., Feng Y., Gong X., Ma Y., Jiang J., Xue L. (2024). Effects of biochar and wood vinegar co-application on composting ammonia and nitrous oxide losses and fertility. *Bioresour. Technol.*, 412: 131388.

Strategia 11

Dodatek 15% biowęgla do obornika kurzego

Opis metody

Kompostowanie tlenowe to skuteczna metoda recyklingu obornika kurzego i słomy. Polega na rozkładaniu przez mikroorganizmy materiałów organicznych w warunkach tlenowych w celu wytworzenia nawozów organicznych. Obornik zwierzęcy dostarcza niezbędnych składników odżywczych, takich jak azot (N) i fosfor (P) dla upraw. Jednak niewłaściwe kompostowanie może prowadzić do strat N poprzez emisję NH_3 i N_2O , zmniejszając zawartość składników odżywczych w kompoście. Utrata gazowego N poprzez ulatnianie się NH_3 może stanowić 79–94% całkowitej utraty N z kompostowanych materiałów, a dodatkowe 10% traci się poprzez emisję N_2O , przyczyniając się do znacznego zanieczyszczenia atmosfery.

Dodatki do kompostu mogą poprawić retencję składników odżywczych i zmniejszyć wpływ kompostowania na środowisko. Biowęgiel jest stabilnym materiałem o małej wielkości cząstek i wysokiej zawartości węgla, uzyskiwanym z biomasy rolniczej i leśnej poprzez procesy termochemiczne, takie jak piroliza, zgazowanie i hydrotermalna karbonizacja. Ostatnio biowęgiel jest stosowany do remediacji gleby i łagodzenia emisji gazów cieplarnianych ze względu na swoją mikroporowatą strukturę oraz wysoką zawartość węgla. Po dodaniu do kompostu biowęgiel może zmniejszyć straty N poprzez ograniczenie emisji NH_3 i N_2O , zwiększając retencję składników odżywczych.

Obornik kurzy i słomę pszenną dokładnie wymieszano w stosunku wagowym 2:3 i rozdzielono na 2 pryzmy, pierwszą kontrolną bez dodatku i drugą z dodatkiem 15% biowęgla. Na początku procesu kompostowania dodatek wymieszano równomiernie z surowym materiałem kompostowym. Zastosowano biowęgiel z cedru o parametrach: pH 7,8, całkowity azot 5,1 mg/kg, całkowity fosfor 4,7 mg/kg i całkowity potas 55,9 mg/kg. Poziom wilgotności mieszanki kompostowej utrzymywano na poziomie około 60%. Pryzmę kompostową obracano 4., 8., 12. i 16. dnia od rozpoczęcia kompostowania. Próbkę kompostu pobierano na początku, przy każdym obracaniu i na końcu procesu kompostowania. W próbkach oznaczano pH, N, P, K, węgiel organiczny, próchnicę, azot amonowy ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) i azot azotanowy ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) (Huang i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Biowęgiel adsorbuje $\text{NH}_4^+\text{-N}$ i hamuje uwalnianie OH^- w roztworze kompostu, obniżając w ten sposób pH kompostu. Wyniki wskazują, że dodanie biowęgla do kompostu może obniżyć pH kompostu o ok. 0,4–0,6 jednostki, z kolei niższe pH zmniejsza ulatnianie się amoniaku o 22,6% podczas kompostowania z dodatkiem biowęgla. Dodatek biowęgla do obornika kurzego spowodował o 26,1% niższą całkowitą emisję N_2O . Wykazano, że wyższe pH biowęgla wpływa na aktywność bakterii denitryfikujących w kompoście, co skutkuje zmniejszeniem emisji N_2O .

Właściwości fizykochemiczne kompostu są ściśle związane z emisjami NH_3 i N_2O . Po zastosowaniu biowęgla ilość próchnicy w kompoście wzrosła o 9,0% w porównaniu z konwencjonalnym sposobem kompostowania (Huang i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej
Uzależniona od dostępności przetestowanego biowęgla.

Piśmiennictwo

Huang W., Sun X., Sun H., Feng Y., Gong X., Ma Y., Jiang J., Xue L. (2024). Effects of biochar and wood vinegar co-application on composting ammonia and nitrous oxide losses and fertility. *Bioresour. Technol.*, 412: 131388.

Strategia 12

Dodatek mieszanki 6% octu drzewnego i 15% biowęgla do obornika kurzego

Opis metody

Kompostowanie obornika kurzego jest często stosowaną praktyką, jednak napotyka na wyzwania związane ze stratami azotu (N) poprzez emisję amoniaku (NH_3) i podtlenku azotu (N_2O).

Niskie pH octu drzewnego i wysokie pH biowęgla mogą negatywnie wpłynąć na kompostowanie, gdy są stosowane oddzielnie. Połączenie octu drzewnego z biowęgłem może rozwiązać problemy z pH oraz zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych i NH_3 . Ta kombinacja dodatków do kompostu może również obniżyć straty N poprzez neutralizację pH i poprawę procesu kompostowania oraz końcowych właściwości kompostu. Jedną z przyczyn tych efektów może być to, że połączenie octu drzewnego i biowęgla neutralizuje pH, zwiększając ich skuteczność, gdy są stosowane razem.

Obornik kurzy i słomę pszenną dokładnie wymieszano w stosunku wagowym 2:3 i rozdzielono na 2 przyzmy, pierwszą kontrolną bez dodatku i drugą z dodatkiem mieszanki 6% octu drzewnego oraz 15% biowęgla. Na początku procesu kompostowania dodatek mieszanki wymieszano równomiernie z surowym materiałem kompostowym. Zastosowano biowęgiel z cedru o parametrach: pH 7,8, całkowity azot 5,1 mg/kg, całkowity fosfor 4,7 mg/kg i całkowity potas 55,9 mg/kg. Podstawowe właściwości octu drzewnego to: pH 3,5, całkowity azot 170,5 mg/l, całkowity fosfor 103,4 mg/l i całkowity potas 324 mg/l. Poziom wilgotności mieszanki kompostowej utrzymywano na poziomie około 60%. Przyzmę kompostową obracano 4., 8., 12. i 16. dnia od rozpoczęcia kompostowania. Próbkę kompostu pobierano na początku, przy każdym obracaniu i na końcu procesu kompostowania. W próbkach oznaczano pH, N, P, K, węgiel organiczny, próchnicę, azot amonowy ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) i azot azotanowy ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) (Huang i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Wyniki wskazują, że dodanie mieszanki 6% octu drzewnego oraz 15% biowęgla do kompostu kurzego może obniżyć pH kompostu o około 0,6 jednostki, z kolei niższe pH zmniejsza ulatnianie się amoniaku o 58,9%, zwiększając tym samym zawartość N w komposcie o 21,5%. Mieszanka 6% octu drzewnego oraz 15% biowęgla dodana do kompostu kurzego wykazała najwyższą skuteczność w redukcji ulatniania się NH_3 . Może to być spowodowane tym, że różne kwasy organiczne zawarte w occie drzewnym reagują bezpośrednio z jonami NH_4^+ lub pośrednio zwiększają zdolność adsorpcyjną biowęgla na NH_3 .

Z drugiej strony mieszanka 6% octu drzewnego oraz 15% biowęgla spowodowała znacząco wyższą całkowitą emisję N_2O , o 173,8% w porównaniu do kontrolnego kompostu. Zastosowanie w mieszanki octu drzewnego oraz biowęgla zmodyfikowało kształtowanie się pH kompostu w trakcie całego procesu kompostowania. Zawarty w mieszance ocet drzewny obniżył ogólne pH podczas początkowego etapu kompostowania. Wykazano, że pH jest znacząco negatywnie skorelowane z emisjami

N₂O. Mogło to przyczynić się do znacznych emisji N₂O wynikających z synergicznego działania octu drzewnego oraz biowęgla w początkowym okresie kompostowania. Właściwości fizykochemiczne kompostu są ściśle związane z emisjami NH₃ i N₂O. Po zastosowaniu w mieszanki 6% octu drzewnego oraz 15% biowęgla, ilość próchnicy w kompoście wzrosła o 2,6% w porównaniu z konwencjonalnym sposobem kompostowania (Huang i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Uzależniona od dostępności przetestowanego biowęgla.

Piśmiennictwo

Huang W., Sun X., Sun H., Feng Y., Gong X., Ma Y., Jiang J., Xue L. (2024). Effects of biochar and wood vinegar co-application on composting ammonia and nitrous oxide losses and fertility. *Bioresour. Technol.*, 412: 131388.

Strategia 13

Dodatek zmodyfikowanej słomy kukurydzianej do kompostu kurzego

Opis metody

Obornik drobiowy jest znaczącym źródłem emisji amoniaku (NH_3), ponieważ zawiera wysoki poziom azotu, stanowiącego 3,8% suchej masy. Emisje NH_3 stanowią poważne ryzyko dla zdrowia ludzi i środowiska, przy czym około 90% światowych emisji NH_3 pochodzi z działalności związanej z rolnictwem. Emitowany amoniak to nie tylko strata cennego składnika odżywczego azotu (N), ale także prekursor drobnych cząstek (tj. o średnicy aerodynamicznej $\leq 2,5 \mu\text{m}$; $\text{PM}_{2,5}$), wpływających na zdrowie układu oddechowego, a pośrednio służy jako prekursor silnego gazu cieplarnianego, podtlenku azotu (N_2O), gdy osadza się na łądzie. NH_3 przyczynia się również do szeregu problemów, w tym nieprzyjemnego zapachu, eutrofizacji wody i zakwaszenia gleby, jeśli zostanie przekształcony w azotan (NO_3^-).

W badaniach oceniono potencjał wykorzystania modyfikowanej słomy kukurydzianej jako środka do redukcji emisji NH_3 z obornika kurzego. Zmodyfikowano słomę kukurydzianą za pomocą katalizatorów 1% wag. Pt/TiO_2 , stosując technologię częściowego utleniania w niskiej temperaturze, aby zmniejszyć emisję NH_3 z obornika drobiowego. Próbkę słomy kukurydzianej zostały wysuszone na powietrzu, zmiażdżone i przesiane przez sito o oczkach 0,2–0,4 mm w celu uzyskania proszku do późniejszej modyfikacji. Do modyfikacji zastosowano katalizator Pt/TiO_2 (1 wt%) poprzez impregnację proszku TiO_2 w wodnym roztworze $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ przez 24 godziny i kalcynację w temperaturze 500°C przez 3 godziny. Katalizator połączono z proszkiem słomy kukurydzianej w stosunku wagowym 1:100 i poddano ogrzewaniu do 220°C przy przepływie O_2 wynoszącym 200 ml/min przez okres 3 godzin przy ciśnieniu 1 bara, używając specjalnie zaprojektowanego reaktora obrotowego. Użyty produkt – zmodyfikowaną słomę kukurydzianą nazwano $\text{CS-Pt/TiO}_2\text{-O}_2$, zgodnie z konwencją nazewnictwa oznaczającą użycie katalizatora Pt/TiO_2 i przepływu O_2 .

Świeży obornik kurzy został zebrany z przemysłowej fermy kurcząt brojlerów i podzielony na trzy części. Do jednej dodano 50% zmodyfikowanej słomy kukurydzianej ($\text{CS-Pt/TiO}_2\text{-O}_2$), do drugiej dodano 50% niemodyfikowanej słomy kukurydzianej, a trzecią wykorzystano jako kontrolę bez żadnych dodatków. Oborniki poddano inkubacji w komorach w stałej temperaturze 23°C przez 15 dni. Przez cały okres utrzymywano przepływ świeżego powietrza na poziomie 80 ml/min. Ilość NH_3 uwolnionego w każdej komorze mierzono za przez cały okres badawczy (Jiao i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Stwierdzono, że katalizator Pt/TiO_2 może umożliwiać zachodzenie procesów egzotermicznych w niższych temperaturach poprzez zmniejszenie energii aktywacji. Absorpcja NH_3 przez zmodyfikowaną słomę kukurydzianą była wyraźnie większa w porównaniu z oryginalną słomą kukurydzianą. Dodanie 50% zmodyfikowanej słomy kukurydzianej do obornika kurzego spowodowało znaczną redukcję emisji NH_3 o 54,1–98,6% w porównaniu z grupą kontrolną. Badania wskazują, że adsorpcja NH_3 przez zmodyfikowaną słomę kukurydzianą jest wywołana głównie obecnością

kwaśnych i zasadowych grup funkcyjnych, podczas gdy powierzchnia i struktura porów mają minimalny wpływ na adsorpcję.

Wyniki wskazują, że ten proces modyfikacji katalitycznej jest obiecujący jako potencjalne podejście do ponownego wykorzystania odpadów rolniczych, redukcji zanieczyszczenia NH_3 i odzyskiwania NH_3 jako nieorganicznego nawozu azotowego. W przedstawionym powyżej badaniu zaproponowano zrównoważone pod względem środowiskowym i ekonomicznie opłacalne rozwiązanie w celu zmniejszenia emisji NH_3 z obornika drobiowego, rozwiązując tym samym kluczowe problemy środowiskowe i ekonomiczne w sektorze rolniczym (Jiao i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze doświadczenia oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Jiao Y.H., Huang J., Hu J., Weatherley A.J., Liu W., Li C.Y., Ma Z.L., Han B. (2024). Abating ammonia emission from poultry manure by Pt/TiO₂ modified corn straw. *J. Environ. Manage.*, 350: 119621.

Strategia 14

Zastosowanie 2% dodatku wodorosiarczanu sodu do obornika kurzego

Opis metody

Wodorosiarczan sodu jest kwasem na bazie minerałów służy jako środek obniżający pH oraz pomaga w redukcji patogenów.

Do badań posłużyła ściółka z wiór sosnowych zebrana z komercyjnej fermy kurcząt brojlerów. Kurczęta odchowywane były przez okres 33 dni. Końcowa masa ptaków wynosiła średnio 2,2 kg. Próbkki ściółki zostały pobrane w kilku miejscach wewnątrz brojlerni (m.in. pod linią pojenia i przy ścianach budynku). Zebrane próbki ściółki przesypiano do dużego pojemnika, wymieszano, a następnie pobrano reprezentatywne próbki do badania inkubacyjnego w ilości 100 g. Próbkki ściółki zhomogenizowano i umieszczono w 2 pojemnikach o średnicy 8 cm. Na powierzchnię próbki doświadczałnej równomiernie rozprowadzono 2% dodatku wodorosiarczanu sodu. Próbkki umieszczono w inkubatorze [KB240 UL (E6), Binder Inc.] w temperaturze 30°C i wilgotności 40% na 40 dni. Emisje NH_3 mierzono codziennie przez pierwsze 10 dni a następnie w 3-dniowych odstępach przez kolejne 30 dni. W próbkach ściółki przed i po inkubacji analizowano również: pH (Mitchell i Donald, 1999), całkowitą zawartość azotu i węgla metodą spalania termicznego przy użyciu analizatora CNS (Vario Max, Elementar Americas) (Poudel i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie wodorosiarczanu sodu do obornika kurzego w stężeniu 2% znacząco obniżyło pH ściółki zarówno przed, jak i po inkubacji próbek. Testowany dodatek zmniejszył także emisje NH_3 o 91% przez okres 40 dni (Poudel i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze doświadczenia oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Mitchell C.C., Donald J.O. (1999). The value and use of poultry manures as fertilizer. Alabama Coop. Ext. Serv. Cir. ANR-244. Auburn Univ., Auburn.

Poudel S., Chakraborty D., Prasad R. (2024). Evaluation of the efficacy of amendment types and rates in reducing ammonia emissions from broiler litter. Poultry Sci., 103: 104467.

Strategia 15

Dodatek 4% wodorosiarczanu sodu do obornika kurzego

Opis metody

Do badań użyto ściółki z wiór sosnowych, która została zebrana z komercyjnej fermy kurcząt brojlerów. Kurczęta odchowywane były przez okres 33 dni. Końcowa masa ptaków wynosiła średnio 2,2 kg. Próbkę ściółki zostały pobrane w kilku miejscach wewnątrz brojlarni (m.in. pod linią pojenia i przy ścianach budynku). Zebrane próbki ściółki przesypyano do dużego pojemnika, wymieszano a następnie pobrano reprezentatywne próbki do badania inkubacyjnego w ilości 100 g. Próbkę ściółki zhomogenizowano i umieszczono w 2 pojemnikach o średnicy 8 cm. Na powierzchnię próbki doświadczalnej równomiernie rozprowadzono 4% dodatku wodorosiarczanu sodu. Próbkę umieszczono w inkubatorze [KB240 UL (E6), Binder Inc] w temperaturze 30°C i wilgotności 40% na 40 dni. Emisję NH_3 mierzono codziennie przez pierwsze 10 dni a następnie w 3-dniowych odstępach przez kolejne 30 dni. W próbkach ściółki przed i po inkubacji analizowano również: pH (Mitchell i Donald, 1999), całkowitą zawartość azotu i węgla metodą spalania termicznego przy użyciu analizatora CNS (Vario Max, Elementar Americas) (Poudel i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie wodorosiarczanu sodu do obornika kurzego w stężeniu 4% znacząco obniżyło pH ściółki zarówno przed, jak i po inkubacji próbek. Testowany dodatek zmniejszył także emisję NH_3 o 98,7% przez okres 40 dni. Nie stwierdzono istotnych różnic w poziomie azotu i węgla pomiędzy ściółką doświadczalną a kontrolną (Poudel i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze doświadczenia oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

- Mitchell C.C., Donald J.O. (1999). The value and use of poultry manures as fertilizer. Alabama Coop. Ext. Serv. Cir. ANR-244. Auburn Univ., Auburn.
- Poudel S., Chakraborty D., Prasad R. (2024). Evaluation of the efficacy of amendment types and rates in reducing ammonia emissions from broiler litter. Poultry Sci., 103: 104467.

Strategia 16

Dodatek wodorosiarczanu sodu w ilości 6% do obornika kurzego

Opis metody

Do badań użyto ściółki z wiór sosnowych, która została zebrana z komercyjnej fermy kurcząt brojlerów. Kurczęta odchowywane były przez okres 33 dni. Końcowa masa ptaków wynosiła średnio 2,2 kg. Próbkę ściółki zostały pobrane w kilku miejscach wewnątrz brojlerni (m.in. pod linią pojenia i przy ścianach budynku). Zebrane próbki ściółki przesypało do dużego pojemnika, wymieszano, a następnie pobrano reprezentatywne próbki do badania inkubacyjnego w ilości 100 g. Próbkę ściółki zhomogenizowano i umieszczono w 2 pojemnikach o średnicy 8 cm. Na powierzchnię próbki doświadczalnej równomiernie rozprowadzono 6% dodatku wodorosiarczanu sodu. Próbkę umieszczono w inkubatorze [KB240 UL (E6), Binder Inc] w temperaturze 30°C i wilgotności 40% na 40 dni. Emisję NH_3 mierzono codziennie przez pierwsze 10 dni, a następnie w 3-dniowych odstępach przez kolejne 30 dni. W próbkach ściółki przed i po inkubacji analizowano również: pH (Mitchell i Donald, 1999), całkowitą zawartość azotu i węgla metodą spalania termicznego przy użyciu analizatora CNS (Vario Max, Elementar Americas) (Poudel i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Wodorosiarczaniu sodu wpłynął na obniżenie pH ściółki zarówno przed, jak i po inkubacji próbek. Wykazano mniejszą o 99,7% emisję NH_3 przez okres 40 dni. Poziom całkowitego azotu i węgla w próbkach ściółki doświadczalnej przed inkubacją obniżył się odpowiednio o 2,8 i 2,5%, po inkubacji wzrósł odpowiednio o 7,9 i 8% w porównaniu z kontrolą (Poudel i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze doświadczenia oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

- Mitchell C.C., Donald J.O. (1999). The value and use of poultry manures as fertilizer. Alabama Coop. Ext. Serv. Cir. ANR-244. Auburn Univ., Auburn.
- Poudel S., Chakraborty D., Prasad R. (2024). Evaluation of the efficacy of amendment types and rates in reducing ammonia emissions from broiler litter. Poultry Sci., 103: 104467.

Strategia 17

Zastosowanie 13% biowęgla jako dodatku do obornika kurzego

Opis metody

Biowęgiel to bogaty w węgiel substrat wytwarzany poprzez pirolizę biomasy roślinnej w warunkach beztlenowych. Właściwości fizykochemiczne biowęgla sprzyjają adsorpcji $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, tym samym redukując emisję NH_3 .

Do badań posłużyła ściółka z wiór sosnowych zebrana z komercyjnej fermy kurcząt brojlerów. Kurczęta odchowywane były przez okres 33 dni. Końcowa masa ptaków wynosiła średnio 2,2 kg. Próbkki ściółki zostały pobrane w kilku miejscach wewnątrz brojlarni (m.in. pod linią pojenia i przy ścianach budynku). Zebrane próbki ściółki przesypały do dużego pojemnika, wymieszano a następnie pobrano reprezentatywne próbki do badania inkubacyjnego w ilości 100 g. Próbkki ściółki zhomogenizowano i umieszczono w 2 pojemnikach o średnicy 8 cm. Na powierzchnię próbkki doświadczalnej równomiernie rozprowadzono 13% biowęgla z drewna sosnowego o pH=6,5. Próbkki umieszczono w inkubatorze [KB240 UL (E6), Binder Inc] w temperaturze 30°C i wilgotności 40% na 40 dni. Emisje NH_3 mierzono codziennie przez pierwsze 10 dni a następnie w 3-dniowych odstępach przez kolejne 30 dni. W próbkkach ściółki przed i po inkubacji analizowano również: pH (Mitchell i Donald, 1999), całkowitą zawartość azotu i węgla metodą spalania termicznego przy użyciu analizatora CNS (Vario Max, Elementar Americas) (Poudel i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie 13% dodatku biowęgla do obornika kurzego nie wpłynęło na pH ściółki zarówno przed, jak i po inkubacji próbek. Testowany dodatek zmniejszył natomiast emisję NH_3 o 40,7% przez okres 40 dni (Poudel i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze doświadczenia oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Mitchell C.C., Donald J.O. (1999). The value and use of poultry manures as fertilizer. Alabama Coop. Ext. Serv. Cir. ANR-244. Auburn Univ., Auburn.

Poudel S., Chakraborty D., Prasad R. (2024). Evaluation of the efficacy of amendment types and rates in reducing ammonia emissions from broiler litter. Poultry Sci., 103: 104467.

Strategia 18

Dodatek 17% biowęgla z drewna sosnowego do obornika kurzego

Opis metody

Do badań posłużyła ściółka z wiór sosnowych zebrana z komercyjnej fermy kurcząt brojlerów. Kurczęta odchowywane były przez okres 33 dni. Końcowa masa ptaków wynosiła średnio 2,2 kg. Próbkki ściółki zostały pobrane w kilku miejscach wewnątrz brojlerni (m.in. pod linią pojenia i przy ścianach budynku). Zebrane próbki ściółki przesypało do dużego pojemnika, wymieszano a następnie pobrano reprezentatywne 100 g próbki do badania inkubacyjnego. Próbkki ściółki zhomogenizowano i umieszczono w 2 pojemnikach o średnicy 8 cm. Na powierzchnię próbki doświadczalnej równomiernie rozprowadzono 17% biowęgla z drewna sosnowego o pH=6,5. Próbkki umieszczono w inkubatorze [KB240 UL (E6), Binder Inc] w temperaturze 30°C i wilgotności 40% na 40 dni. Emisje NH₃ mierzono codziennie przez pierwsze 10 dni, a następnie w 3-dniowych odstępach przez kolejne 30 dni. W próbkach ściółki przed i po inkubacji analizowano również: pH (Mitchell i Donald, 1999), całkowitą zawartość azotu i węgla metodą spalania termicznego przy użyciu analizatora CNS (Vario Max, Elementar Americas) (Poudel i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie 17% dodatku biowęgla do obornika kurzego nie wpłynęło na pH ściółki zarówno przed, jak i po inkubacji próbek. Testowany dodatek zmniejszył natomiast emisje NH₃ o 45,7% przez okres 40 dni (Poudel i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze doświadczenia oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Mitchell C.C., Donald J.O. (1999). The value and use of poultry manures as fertilizer. Alabama Coop. Ext. Serv. Cir. ANR-244. Auburn Univ., Auburn.

Poudel S., Chakraborty D., Prasad R. (2024). Evaluation of the efficacy of amendment types and rates in reducing ammonia emissions from broiler litter. Poultry Sci., 103: 104467.

Strategia 19

Dodatek 11% zeolitu do obornika kurzego

Opis metody

Do badań posłużyła ściółka z wiór sosnowych zebrana z komercyjnej fermy kurcząt brojlerów. Kurczęta odchowywane były przez okres 33 dni. Końcowa masa ptaków wynosiła średnio 2,2 kg. Próbkki ściółki zostały pobrane w kilku miejscach wewnątrz brojlarni (m.in. pod linią pojenia i przy ścianach budynku). Zebrane próbki ściółki przesypały do dużego pojemnika, wymieszano, a następnie pobrano reprezentatywne 100 g próbki do badania inkubacyjnego. Próbkki ściółki zhomogenizowano i umieszczono w 2 pojemnikach o średnicy 8 cm. Na powierzchnię próbki doświadczalnej równomiernie rozprowadzono 11% zeolitu o pH=7,0. Próbkki umieszczono w inkubatorze [KB240 UL (E6), Binder Inc] w temperaturze 30°C i wilgotności 40% na 40 dni. Emisję NH₃ mierzono codziennie przez pierwsze 10 dni, a następnie w 3-dniowych odstępach przez kolejne 30 dni. W próbkach ściółki przed i po inkubacji analizowano również: pH (Mitchell i Donald, 1999), całkowitą zawartość azotu i węgla metodą spalania termicznego przy użyciu analizatora CNS (Vario Max, Elementar Americas) (Poudel i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowanie 11% dodatku zeolitu do obornika kurzego nie wpłynęło na pH ściółki zarówno przed, jak i po inkubacji próbek. Testowany dodatek zmniejszył natomiast emisję NH₃ o 32,5% przez okres 40 dni (Poudel i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze doświadczenia oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Mitchell C.C., Donald J.O. (1999). The value and use of poultry manures as fertilizer. Alabama Coop. Ext. Serv. Cir. ANR-244. Auburn Univ., Auburn.

Poudel S., Chakraborty D., Prasad R. (2024). Evaluation of the efficacy of amendment types and rates in reducing ammonia emissions from broiler litter. Poultry Sci., 103: 104467.

KATEGORIA

POZOSTAŁE

Strategia 1

Zastosowanie hybrydowego systemu solarno-wiatrowego do ogrzewania kurnika

Opis metody

Wytwarzanie energii cieplnej i elektrycznej wiąże się z emisją gazów cieplarnianych, które powodują zmiany klimatyczne. Równocześnie w społeczeństwach wzrasta świadomość ekologiczna. W krajach Europy Środkowej udział energii odnawialnej w ogólnej produkcji energii jest stosunkowo niewielki, a jednym z sektorów, w którym można poczynić pewne postępy, jest rolnictwo.

W pracy przedstawiono wyniki symulacji potencjału redukcji CO₂ poprzez wymianę konwencjonalnego systemu ogrzewania kurnika na hybrydowy system solarno-wiatrowy. Obliczono zapotrzebowanie na ciepło dla 2400 ptaków. W analizie wykorzystano proste modele kolektorów słonecznych, turbin wiatrowych oraz zasobnik ciepła. System modelowany był w środowisku Matlab/Simulink i analizowano różne konfiguracje systemu dla warunków klimatycznych typowych dla Europy Środkowej.

Powierzchnia kolektorów słonecznych wahała się od 0 do 80 m², średnica turbin wiatrowych wahała się od 0 do 20 m, a liczba zbiorników ciepła wynosiła od 1 do 4. Oprócz procentu redukcji emisji CO₂ wprowadzono dwa inne wskaźniki: stopień wykorzystania energii odnawialnej oraz ważoną redukcję emisji CO₂ – współczynnik wykorzystania energii odnawialnej (Kapica i in., 2015).

Efekt zastosowanej metody

Rozmiary urządzeń produkujących energię ze źródeł odnawialnych i magazynów energii zostały przyjęte w szerokim zakresie. Szczególnie w przypadku turbiny wiatrowej jej maksymalny wymiar osiąga nierealne wartości. Turbina o średnicy 20 m wymagałaby masywnej konstrukcji, a całkowita wysokość mogłaby wynosić do 30 m. W regionie, dla którego przeprowadzono analizę, średnie prędkości wiatru wynoszą około 3 m/s przy niskich wysokościach. Zakłada się, że turbina będzie się obracać przez około 50% czasu, a przez większość tego czasu będzie pracować z minimalną mocą. W przypadku niskich prędkości wiatru, aby uzyskać rozsądną ilość energii (w porównaniu z wymaganiami w studium przypadku), jej rozmiar musiałby być duży, co również wiąże się z dużymi kosztami i trudnościami technicznymi. Zaletą wiatru jako źródła energii jest jego dość równomierny rozkład roczny z nieco wyższymi wartościami zimą, więc zbiorniki magazynowe nie muszą gromadzić całej energii potrzebnej w okresie zimowym, ponieważ część z niej może być generowana w tym okresie. Natomiast potencjał energii słonecznej jest stosunkowo wysoki w analizowanym regionie, jednak jest on nierównomiernie rozłożony w ciągu roku, ponieważ jego dostępność w sezonie zimowym jest ograniczona. Powoduje to konieczność magazynowania większej ilości energii niż pozyskiwanej z wiatru. W przypadku gdy cała energia jest dostarczana ze źródeł odnawialnych, można spodziewać się redukcji emisji od 0,11 do 0,22 kg na kg masy ptaka, w zależności od zastępowanego paliwa. Niższe wartości dotyczą gazu ziemnego i LPG, a wyższe oleju opałowego i węgla.

Wyniki wskazują, że wysoki wskaźnik redukcji CO₂ można osiągnąć, wykorzystując tylko jedno z tych źródeł (wiatr lub słońce), zwłaszcza przy wyższej pojemności magazynowania ciepła. Prawdopodobnie będzie to lepsze pod względem kosztów inwestycyjnych (Kapica i in., 2015).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Istnieje możliwość wdrożenia.

Piśmiennictwo

Kapica J., Pawlak H., Ścibisz M. (2015). Carbon dioxide emission reduction by heating poultry houses from renewable energy sources in Central Europe. *Agric Syst*, 139: 238–249.

Strategia 2

Dodatek 4% naturalnego zeolitu do ścieków z przemysłu drobiarskiego

Opis metody

Zeolity naturalne znajdują zastosowanie w oczyszczaniu wody i ścieków absorpcji wody i gazów. Znanych jest ponad 40 rodzajów zeolitu naturalnych, ale tylko 7 z nich występuje w złożach nadających się do eksploatacji.

Określono możliwość zastosowania tureckiego zeolitu naturalnego w ilości 4% do oczyszczania ścieków z przemysłu drobiarskiego. Procesowi oczyszczania poddano ściek pobrany z zakładu zajmującego się ubojem i przetwórstwem drobiu (woj. małopolskie). Proces oczyszczania ścieków prowadzono poprzez dodanie do stałej objętości ścieku wynoszącego 50 ml zeolitu naturalnego typu kinoptylolitu w ilości 4% w stosunku do masy oczyszczanego ścieku oraz przy stałym czasie mieszania wynoszącym 30 min. Następnie zawiesinę odstawiono na 15 min w celu sedymentacji i poddano sączeniu. Otrzymaną po przesączeniu frakcję cieklą poddano analizie oznaczając: chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT), azot Kjeldahla, stężenie pierwiastków (Ca, Fe, Mn, Pb, Zn, Cd, Ni), mętność, barwę pH i temperaturę, a za pomocą zmysłu węchu starano się ocenić, jak zmienia się intensywność emitowanych substancji zapachowych (Makara i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zastosowany zeolit naturalny przy dawce 4% wykazywał skuteczność w obniżaniu oznaczanych parametrów tj. ChZT i azotu Kjeldahla odpowiednio o 76,69 i 69,59%, mętności w 99,69% oraz zredukował barwę oczyszczanego ścieku o ok 91,27%. Stwierdzono także wyraźne zmniejszenie emisji substancji zapachowych z nad oczyszczanych prób ścieków (Makara i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze doświadczenia oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Makara A., Łopata K., Kowalski Z., Generowicz A., Mała M. (2024). Skuteczność zeolitu naturalnego w usuwaniu wybranych zanieczyszczeń ze ścieków z przemysłu drobiarskiego. *Przemysł Chemiczny*, 103/10; DOI: 10.15199/62.2024.10.9

Strategia 3

Zastosowanie 5% zeolitu do ścieków z przemysłu drobiarskiego

Opis metody

Oczyszczanie ścieków to ważny obszar zastosowania naturalnych zeolitów ze względu na ich ogólnoswiatową dostępność w postaci różnych struktur, ciągłą eksploatację, właściwości takie jak łatwość wymiany jonowej, adsorpcji, a także przyjazność dla środowiska i niski koszt.

Określono skuteczność tureckiego zeolitu naturalnego typu kinoptylolitu w ilości 5% w usuwaniu wybranych zanieczyszczeń ze ścieków z przemysłu drobiarskiego. Procesowi oczyszczania poddano ściek pobrany z zakładu zajmującego się ubojem i przetwórstwem drobiu (woj. małopolskie). Proces oczyszczania ścieków prowadzono poprzez dodanie do stałej objętości ścieku wynoszącego 50 ml zeolitu naturalnego typu kinoptylolitu w ilości 5% w stosunku do masy oczyszczanego ścieku oraz przy stałym czasie mieszania wynoszącym 30 min. Następnie zawiesiny odstawiono na 15 min w celu sedymentacji i poddano sączeniu. Otrzymaną po przesączeniu frakcję ciekłą poddano analizie oznaczając: chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT), azot Kjeldahla, stężenie pierwiastków (Ca, Fe, Mn, Pb, Zn, Cd, Ni), mętność, barwę pH i temperaturę, a za pomocą zmysłu węchu starano się ocenić, jak zmienia się intensywność emitowanych substancji zapachowych wraz z wrastającą dawką zeolitu (Makara i in., 2024).

Efekt zastosowanej metody

Zeolit naturalny przy dawce 5% wykazywał skuteczność w obniżaniu oznaczanych parametrów tj. ChZT i azotu Kjeldahla odpowiednio o 81,85 i 75,77%, całkowicie obniżył mętność oraz zredukował barwę oczyszczanego ścieku o ok 92,33%. Odnotowano także wyraźne zmniejszenie emisji substancji zapachowych znad oczyszczanych prób ścieków (Makara i in., 2024).

Możliwość wdrożenia w polskiej produkcji drobiarskiej

Konieczne są dalsze doświadczenia oraz przeprowadzenie badań terenowych w celu weryfikacji skuteczności metody w warunkach produkcji komercyjnej.

Piśmiennictwo

Makara A., Łopata K., Kowalski Z., Generowicz A., Mała M. (2024). Skuteczność zeolitu naturalnego w usuwaniu wybranych zanieczyszczeń ze ścieków z przemysłu drobiarskiego. *Przemysł Chemiczny*, 103/10; DOI: 10.15199/62.2024.10.9

SPIS LITERATURY

(wykorzystanej do opracowania monografii)

- Ahmed S.T., Yang C.J. (2017). Effects of dietary *Punica granatum* L. by-products on performance, immunity, intestinal and fecal microbiology, and odorous gas emissions from excreta in broilers. *J. Poult. Sci.*, 54: 157–166.
- Ahmed S.T., Islam M.M., Mun H.S., Sim H.J., Kim Y.J., Yang C.J. (2014). Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* as a probiotic strain on growth performance, cecal microflora, and fecal noxious gas emissions of broiler chickens. *Poultry Sci.*, 93: 1963–1971.
- Akamati K., Laliotis G.P., Bizelis I. (2023). Greenhouse gas emissions of the poultry sector in greece and mitigation potential strategies. *Gases*, 3: 47–56.
- Anderson K., Moore P.A.Jr., Martin J., Ashworth A.J. (2020). Effect of a new manure amendment on ammonia emissions from poultry litter. *Atmosphere*, 11(3): 257.
- Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Sokołowicz Z., Topczewska J., Lechowska J. (2018). Oddziaływanie ferm trzody chlewnej i drobiu na środowisko. *Proc. ECOpole*, 12: 117–129.
- Awasthi M.K., Duan Y., Awasthi S.K., Liu T., Zhang Z. (2020). Influence of bamboo biochar on mitigating greenhouse gas emissions and nitrogen loss during poultry manure composting. *Bioresour. Technol.*, 303: 122952.
- Borowski S., Matusiak K., Powałowski S., Pielech-Przybylska K., Makowski K., Nowak A., Rosowski M., Komorowski P., Gutarowska B. (2017). A novel microbial-mineral preparation for the removal of offensive odors from poultry manure. *Int. Biodeter. Biodegr.*, 119: 299–308.
- Brink M., Janssens G.P.J., Demeyer P., Bağcı Ö., Delezie E. (2022). Reduction of dietary crude protein and feed form: Impact on broiler litter quality, ammonia concentrations, excreta composition, performance, welfare, and meat quality. *Anim. Nutr.*, 15, 9: 291–303.
- Bundgaard A.M., Dalgaard R., Gilbert C., Thrane M. (2014). Assessment of the potential of digestibility-improving enzymes to reduce greenhouse gas emissions from broiler production. *J. Clean. Prod.*, 73: 218–226.
- Cao Y., Bai M., Han B., Butterly C., Hu H., He J., Griffith D.W.T., Chen D. (2024). NH₃ and greenhouse gas emissions during co-composting of lignite and poultry wastes and the following amendment of co-composted products in soil. *Environ. Technol.*, 45(27): 5794–5807.
- Chai L., Zhao Y., Xin H., Wang T., Soupir M.L. (2018). Mitigating airborne bacteria generations from cage-free layer litter by spraying acidic electrolysed water. *Biosyst. Eng.*, 170: 61–71.
- Choi I.H., Moore Jr P.A. (2008). Effects of liquid aluminum chloride additions to poultry litter on broiler performance, ammonia emissions, soluble phosphorus, total volatile fatty acids, and nitrogen contents of litter. *Poultry Sci.*, 87: 1955–1963.
- Czyż K., Dobrzański Z., Kowalska-Górska M., Senze M., Wrostek A. (2023). The effect of nanosilver-based preparation on microbiological quality of poultry litter. *Arch. Anim. Breed.*, 66: 421–431.
- Dančová N., Gregová G., Szabóová T., Marcinčák S. (2025). The effects of natural additives on litter condition, microclimate environment and antimicrobial resistance in the broiler chickens rearing. *Front. Sustain. Food Syst.*, 9: 1–13.
- Dilawar M.A., Saturno J.F.L., Mun H.S., Kim D.H., Jeong M.G., Yang C.J. (2019). Influence of two plant extracts on broiler performance, oxidative stability of meat and odorous gas emissions from excreta. *Ann. Anim. Sci.*, 19: 1099–1113.

- Dilawar M.A., Mun H.S., Rathnayake D., Yang E.J., Seo Y.S., Park H.S., Yang C.J. (2021). Egg quality parameters, production performance and immunity of laying hens supplemented with plant extracts. *Animals*, 11: 975.
- Dunkley C.S., Dunkley K.D. (2013). Greenhouse gas emissions from livestock and poultry. *Agric. Food Anal. Bacteriol*, 3: 17–29.
- Eleroğlu H., Yalçın H. (2005). Use of natural zeolite-supplemented litter increased broiler production. *S. Afr. J. Anim.* 35, 2: 90–97.
- Elsherbeni A.I., Youssef I.M., Kamal M., Youssif M.A., El-Gendi G.M., El-Garhi O.H., Alfassam H.E., Rudayni H.A., Allam A.A., Moustafa A., Alshaharni M., Al-Shehri M.S., El Kholy R.E., Hamouda M.O. (2024). Impact of adding zeolite to broilers' diet and litter on growth, blood parameters, immunity, and ammonia emission. *Poultry Sci.*, 103, 9: 103981.
- Fang S., Fan X., Xu S., Gao S., Wang T., Chen Z., Li D. (2024). Effects of dietary supplementation of postbiotic derived from *Bacillus subtilis* ACCC 11025 on growth performance, meat yield, meat quality, excreta bacteria, and excreta ammonia emission of broiler chicks. *Poultry Sci.*, 103: 103444.
- Flesch T.K., Wilson J.D., Yee E. (1995). Backward-time Lagrangian stochastic dispersion models and their application to estimate gaseous emissions *J. Appl. Meteorology*, 34: 1320–1332.
- Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A., Tempio G. (2013a). Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, xii pp.
- Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet, A., Opio C., Dijkman, J., Falcucci A., Tempio G. (2013b). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy, 37 pp.
- Guan S.Y. (1986). Soil enzyme and the methodology. Agriculture Press, Beijing, China, pp. 294–302.
- Hossain M.M., Cho S.B., Kang D.K., Nguyen Q.T., Kim I.H. (2024). Comparative effects of dietary herbal mixture or guanidinoacetic acid supplementation on growth performance, cecal microbiota, blood profile, excreta gas emission, and meat quality in Hanhyup-3-ho chicken. *Poultry Sci.*, 103(4): 103553.
- Huang W., Sun X., Sun H., Feng Y., Gong X., Ma Y., Jiang J., Xue L. (2024). Effects of biochar and wood vinegar co-application on composting ammonia and nitrous oxide losses and fertility. *Bioresour. Technol.*, 412: 131388.
- IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, eds. H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe. Japan: IGES.
- Ivančić I., Degobbi D. (1984). An optimal manual procedure for ammonia analysis in natural waters by the indophenol blue method. *Water Res.*, 18: 1143–1147.
- Jeong J.S., Kim I.H. (2014). Effect of astaxanthin produced by *Phaffia rhodozyma* on growth performance, meat quality, and fecal noxious gas emission in broilers. *Poultry Sci.*, 93: 3138–3144.
- Jiao Y.H., Huang J., Hu J., Weatherley A.J., Liu W., Li C.Y., Ma Z.L., Han B. (2024). Abating ammonia emission from poultry manure by Pt/TiO₂ modified corn straw. *J. Environ. Manage.*, 350: 119621
- Johnson J.M., Franzluebbers A.L., Weyers S.L., Reicosky D.C. (2007). Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environ. Pollut.*, 150: 107–124.

- Juroszek P., von Tiedemann A. (2013). Plant pathogens, insect pests and weeds in a changing global climate: a review of approaches, challenges, research gaps, key studies and concepts. *J. Agric. Sci.*, 151: 163–188.
- Kalus K., Konkol D., Korczyński M., Koziel J.A., Opaliński S. (2020). Effect of biochar diet supplementation on chicken broilers performance, NH₃ and odor emissions and meat consumer acceptance. *Animals*, 10: 1539.
- Kamp J.N., Feilberg A. (2024). Covering reduces emissions of ammonia, methane, and nitrous oxide from stockpiled broiler litter. *Biosyst. Eng.*, 248: 73–81.
- Kang H.K., Park S.B., Kim S.H., Kim C.H. (2016). Effects of stock density on the laying performance, blood parameter, corticosterone, litter quality, gas emission and bone mineral density of laying hens in floor pens. *Poultry Sci.*, 95: 2764–2770.
- Kapica J., Pawlak H., Ścibisz M. (2015). Carbon dioxide emission reduction by heating poultry houses from renewable energy sources in Central Europe. *Agric. Syst.*, 139: 238–249.
- Kodeks dobrej praktyki rolniczej w zakresie ograniczania emisji amoniaku. (2019). Praca zbiorowa pod redakcją ITP w Falentach. Rozdział II. Żywieniowe metody ograniczania emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej. C. Drób: 1. „Zastosowanie obniżonego poziomu białka w żywieniu drobiu”, 2. „Zastosowanie żywienia wielofazowego w odchowie brojlerów i indyków”. Walczak J., Sowula-Skrzyńska E., Borecka A., Krawczyk W., Tyra M., Pieszk M., Knapik J., Połtowicz K., Karpowicz A., Kowalska D., Wrona I. (autorzy rozdziału II). Inst. Technol. w Falentach.
- Jan R.X., Lee S.I., Kim I.H. (2017). Effects of *Enterococcus faecium* SLB 120 on growth performance, blood parameters, relative organ weight, breast muscle meat quality, excreta microbiota shedding, and noxious gas emission in broilers. *Poultry Sci.*, 96: 3246–3253.
- Lazarevic M., Resanovic R., Vucicevic I., Kocher A., Moran C.A. (2014). Effect of feeding a commercial ammonia binding product De-Odorase™ on broiler chicken performance. *J. Appl. Anim. Nutr.*, 2: 1–6.
- Li H.L., Zhao P.Y., Lei Y., Hossain M.M., Kim I.H. (2015). Phytoncide, phytogenic feed additive as an alternative to conventional antibiotics, improved growth performance and decreased excreta gas emission without adverse effect on meat quality in broiler chickens. *Livest. Sci.*, 181: 1–6.
- Lynch D., Henihan A., Bowen B., Lynch D., McDonnell K., Kwapinski W., Leahy J. (2013). Utilisation of poultry litter as an energy feedstock. *Biomass Bioenergy*, 49: 197–204.
- Madrid J., López M.J., Orengo J., Martínez S., Valverde M., Megías M.D., Hernández F. (2012). Effect of aluminum sulfate on litter composition and ammonia emission in a single flock of broilers up to 42 days of age. *Animal*, 6: 1322–1329.
- Mahardhika B.P., Mutia R., Ridla M. (2019). Efforts to reduce ammonia gas in broiler chicken litter with the use of probiotics. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 399: 012012.
- Makara A., Łopata K., Kowalski Z., Generowicz A., Mała M. (2024). Skuteczność zeolitu naturalnego w usuwaniu wybranych zanieczyszczeń ze ścieków z przemysłu drobiarskiego. *Przemysł Chemiczny*, 103/10; DOI: 10.15199/62.2024.10.9
- Mihina S., Bodo S., Galik R., Broucek J. (2015). Impact of alternative air exhaustion in housing for poultry on concentration of harmful gases in the air. *Agric. Eng. Int. CIGR Journal, Spec. Issue*, 2015: 105–109.
- Miles D.M., Owens P.R., Rowe D.E. (2006). Spatial variability of litter gaseous flux within a commercial broiler house: Ammonia, nitrous oxide, carbon dioxide and methane. *Poultry Sci.*, 85: 167–172.
- Mishra A., Vishwakarma K., Malaviya P., Kumar N., Pavón L.R., Shandilya C., Sharma R., Bisht A., Takkar S. (2022). Chapter 18 - Influence of greenhouse gases on plant epigenomes for food security. *Biomass, Biofuels, Biochemicals*, ss. 421–450.

- Mitchell C.C., Donald J.O. (1999). The value and use of poultry manures as fertilizer. Alabama Coop. Ext. Serv. Cir. ANR-244. Auburn Univ., Auburn.
- 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(4): 1327–1341.
- Mituniewicz T., Sowińska J., Wójcik A., Iwańczuk-Czernik K., Witkowska D., Banaś J. (2008). Effect of disinfectants on physicochemical parameters of litter, microbiological quality of poultry house air, health status and performance of broiler chickens. *Pol. J. Environ. Stud.*, 17(5): 745–750.
- Moore P.A.Jr. (2016). Composition and methods of treating animal manure. US Patent 9,301,440, 5 April 2016.
- Nielsen N.I., Jorgensen M., Bahrndorff S. (2011). Greenhouse gas emission from the danish broiler production estimated via LCA methodology. Knowledge Centre for Agriculture, 29 pp.
- Ogwuegbua M.C., Udehb F.U., Ugwuozorb J.C., Okoyeb P.E., Kalub J.C., Arumb E.C., Mthiyane M.N. (2024). Improving the physiological status of broiler chickens using rosemary leaf meal and sodium bentonite as ammonia gas control agents. *J. Appl. Anim. Res.*, 53: 2443185.
- Park J.H., Lee S.I., Kim I.H. (2018). Effect of dietary *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. *Poultry Sci.*, 97(7): 2451–2459.
- Park J.W., Jeong J.S., Lee S.I., Kim I.H. (2016). Effect of dietary supplementation with a probiotic (*Enterococcus faecium*) on production performance, excreta microflora, ammonia emission, and nutrient utilization in ISA brown laying hens. *Poultry Sci.*, 95: 2829–2835.
- Parmesan C., Hanley M.E. (2015). Plants and climate change: complexities and surprises. *Ann. Bot.*, 116: 849–864.
- Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hopppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (2000). Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Chapter 4. Agriculture. IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- Pereira J.L.S., Martins F., Bonifácio G., Garcia C., Teixeira J., Trindade H. (2024). Biochar as an alternative litter additive to mitigate gaseous emissions from broiler housing and subsequent storage. *Agronomy*, 14(7): 1595.
- Piotrowicz-Cieślak A., Klimkowicz-Pawlas A., Górny R.L., Ławniczek-Wałczyk A., Piechowicz L., Olkowska E., Potrykus M., Tankiewicz M., Krupka M., Siebielec G., Wolska L. (2023). Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Sci. Total Environ.*, 858: 160014.
- Poudel S., Chakraborty D., Prasad R. (2024). Evaluation of the efficacy of amendment types and rates in reducing ammonia emissions from broiler litter. *Poultry Sci.*, 103: 104467.
- Rojas-Downing M.M., Nejadhashemi A.P., Harrigan T., Woznicki S.A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Clim. Risk Manag.*, 16: 145–163.
- Sadecka Z., Suchowska-Kisielewicz M. (2016). Ko-fermentacja pomiotu kurzego. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 18: 609–625.
- Schneider A.F., De Almeida D.S., Yuri F.M., Zimmermann O.F., Gerber M.W., Gewehr C.E. (2016). Natural zeolites in diet or litter of broilers. *Brit. Poultry Sci.*, 57, 2: 257–263.
- Steiner C., Das K.C., Melear N., Lakly D. (2010). Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *J Environ Qual.*, 39: 1236–1242.

- Szwedziak K., Grzywacz Ż., Wrotkowski K. (2018). The application of microbial additive in poultry production as a way to reduce emission of harmful gases into the environment. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 20(1): 417–429.
- van Harn J., Aarnink A.J.A., Mosquera J., van Riel J.W., Ogink N.W.M. (2012). Effect of bedding material on dust and ammonia emission from broiler houses. *Transactions of the ASABE*, 55(1): 219–226.
- Weatherburn M.W. (1967). Pheno-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Anal. Chem.*, 39: 971–974.
- Wlazło Ł., Nowakowicz-Dębek B., Kapica J., Kwiecień M., Pawlak H.J. (2016). Removal of ammonia from poultry manure by aluminosilicates. *J. Environ Monit.* 183(3): 722–725.
- Wu-Haan W., Powers W.J., Angel C.R., Hale C.E., Applegate T.J. (2007). Effect of an acidifying diet combined with zeolite and slight protein reduction on air emissions from laying hens of different ages. *Poultry Sci.*, 86: 182–190.
- Zhang H.F., Jiao H.C., Song Z.G., Lin H. (2011). Effect of alum-amended litter and stocking density on ammonia release and footpad and hock dermatitis of broilers. *Agri. Sci.China*, 10(5): 777–785.

SPIS TREŚCI

WSTĘP	3
Kategoria	
KURY NIEŚNE	11
Strategia 1	
Ograniczanie bakterii w powietrzu i ściółce oraz pyłów zawieszonych (PM) poprzez opryskiwanie ściółki kwaśną wodą elektrolizowaną o pH 3 w dawce 25 ml/kg suchej ściółki/dzień.....	13
Strategia 2	
Redukcja poziomu bakterii w ściółce i w powietrzu poprzez opryskiwanie ściółki kwaśną wodą elektrolizowaną o pH 3 w dawce 25 ml/kg suchej ściółki/dzień oraz stężeniu wolnego chloru (FC) wynoszącym 200 mg/l	14
Strategia 3	
Zmniejszenie obsady kur nieśnych	15
Strategia 4	
Zastosowanie alternatywnego wywiewu powietrza w budynkach dla drobiu	16
Strategia 5	
Redukcja szkodliwych gazów poprzez zastosowanie paszy z dodatkiem środka zakwaszającego CaSO ₄ , zeolitu i o obniżonym poziomie białka	18
Strategia 6	
Dodatek 0,1% ekstraktu z roślin: mięty polnej (<i>Mentha arvensis</i>) i bodziszka Thunberga (<i>Geranium thunbergii</i>) do wody dla kur nieśnych	20
Strategia 7	
Zastosowanie obniżonego poziomu białka ogólnego w żywieniu kur nieśnych.....	21
Strategia 8	
Suplementacja diety kur nieśnych probiotykiem <i>Enterococcus faecium</i> DSM 7134 w ilości 0,005%	23
Strategia 9	
Wzbogacenie diety kur nieśnych probiotykiem <i>Enterococcus faecium</i> DSM 7134 w ilości 0,01%	24
Kategoria	
KURCZĘTA RZEŹNE	25
Strategia 1	
Dodatek mikrobiologiczny zawierający bakterie probiotyczne do ściółki dla kurcząt brojlerów.....	27
Strategia 2	
Zastosowanie dodatku Profistreu® do ściółki dla kurcząt rzeźnych.....	28
Strategia 3	
Zastosowanie ekologicznego produktu handlowego Stalosan®F do ściółki dla kurcząt rzeźnych.....	30
Strategia 4	
Zastosowanie tlenku wapnia (CaO) do ściółki dla kurcząt rzeźnych.....	31
Strategia 5	
Dodatek 25% zeolitu do ściółki dla kurcząt rzeźnych	32
Strategia 6	
Dodatek 50% zeolitu do ściółki dla kurcząt rzeźnych	33
Strategia 7	
Dodatek 75% zeolitu do ściółki dla kurcząt rzeźnych	34
Strategia 8	
Dodatek naturalnego zeolitu w ilości 100 g/kg ściółki dla kurcząt rzeźnych	35

Strategia 9	
Dodatek 2% biowęgla do paszy dla kurcząt rzeźnych	36
Strategia 10	
Dodatek mieszanki z biowęgla, gliceryny oraz glinokrzemianów do paszy dla kurcząt rzeźnych w ilości 3%	37
Strategia 11	
Obniżenie poziomu białka surowego w paszy dla kurcząt brojlerów	38
Strategia 12	
Dodatek spiruliny (<i>Arthrospira platensis</i>) w ilości 0,25% do paszy dla kurcząt rzeźnych	39
Strategia 13	
Dodatek spiruliny (<i>Arthrospira platensis</i>) w ilości 0,5% do paszy dla kurcząt rzeźnych.. ..	40
Strategia 14	
Dodatek Spiruliny (<i>Arthrospira platensis</i>) w ilości 0,75% do paszy dla kurcząt rzeźnych.....	41
Strategia 15	
Dodatek spiruliny (<i>Arthrospira platensis</i>) w ilości 1% do paszy dla kurcząt rzeźnych.....	42
Strategia 16	
Zastosowanie fitoncydu w ilości 0,5 g/kg paszy – fitogenicznego dodatku do paszy kurcząt rzeźnych	43
Strategia 17	
Zastosowanie fitoncydu w ilości 1 g/kg paszy – fitogenicznego dodatku do paszy dla kurcząt rzeźnych	44
Strategia 18	
Dodatek astaksantyny wytwarzanej przez <i>Phaffia rhodozyma</i> w ilości 2,3 mg/kg paszy dla kurcząt rzeźnych	45
Strategia 19	
Dodatek astaksantyny wytwarzanej przez <i>Phaffia rhodozyma</i> w ilości 4,6 mg/kg paszy dla kurcząt rzeźnych	46
Strategia 20	
Dodatek <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> w ilości 5 g/kg paszy dla kurcząt rzeźnych	47
Strategia 21	
Dodatek <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> w ilości 20 g/kg paszy dla kurcząt rzeźnych	48
Strategia 22	
Zastosowanie obniżonego poziomu białka ogólnego w żywieniu kurcząt brojlerów	50
Strategia 23	
Zastosowanie żywienia wielofazowego w odchowie kurcząt rzeźnych	52
Strategia 24	
Wprowadzenie do diety kurcząt rzeźnych enzymów poprawiających strawność XAP	53
Strategia 25	
Dodatek afenu w ilości 1 kg/m ² do ściółki w odchowie kurcząt rzeźnych	54
Strategia 26	
Zastosowanie diety wzbogaconej w 0,015% postbiotyku pochodzącego z <i>Bacillus subtilis</i>	55
Strategia 27	
Zastosowanie postbiotyku ACCC 11025 w ilości 0,030% jako dodatku do paszy kurcząt rzeźnych	56
Strategia 28	
Dodatek postbiotyku ACCC 11025 w ilości 0,045% do paszy kurcząt rzeźnych.....	57
Strategia 29	
Dodatek 10% biowęgla do ściółki dla kurcząt brojlerów	58

Strategia 30	
Zastosowanie preparatu nanosrebra do ściółki dla drobiu	60
Strategia 31	
Dodatek zeolitu do paszy dla kurcząt brojlerów w ilości 15 g/kg.....	61
Strategia 32	
Dodatek zeolitu do ściółki dla kurcząt brojlerów w ilości 1,5 kg/m ²	62
Strategia 33	
Zastosowanie płynnego chlorku glinu (AlCl ₃) jako dodatku do ściółki w odchowie kurcząt brojlerów	63
Strategia 34	
Dodatek płynnego chlorku glinu (AlCl ₃) do ściółki w ilości 200 g/kg w odchowie kurcząt brojlerów	65
Strategia 35	
Wzbogacenie diety kurcząt brojlerów mączką z liści rozmarynu w ilości 3 g/kg paszy ...	66
Strategia 36	
Zastosowanie dodatku mączki z liści rozmarynu w ilości 6 g/kg paszy w odchowie kurcząt rzeźnych	67
Strategia 37	
Wzbogacenie paszy oraz ściółki w substancje humusowe w odchowie kurcząt brojlerów.....	68
Strategia 38	
Zastosowanie substancji humusowych i probiotyku w odchowie kurcząt brojlerów	70
Strategia 39	
Suplementacja diety kurcząt brojlerów produktami ubocznymi granatu (<i>Punica granatum</i> L.)	72
Strategia 40	
Dodatek 4% biowęgla do paszy dla kurcząt rzeźnych	74
Strategia 41	
Wzbogacenie diety kurcząt brojlerów w mieszankę z biowęgla, gliceryny oraz glinokrzemianów w ilości 4%.....	75
Strategia 42	
Wzbogacenie paszy 0,05% <i>E. faecium</i> w postaci produktu probiotycznego SLB 120 w odchowie kurcząt brojlerów	76
Strategia 43	
Dodatek do paszy kurcząt brojlerów 0,10% probiotyku SLB 120.....	77
Strategia 44	
Zastosowanie paszy z dodatkiem probiotyku SLB 120 w ilości 0,20% w odchowie kurcząt brojlerów	78
Strategia 45	
Suplementacja mieszanką ziołową (mieszanka żeńszenia i karczocha) kurcząt rzeźnych a emisja gazów wydaliniczych.....	79
Strategia 46	
Zastosowanie probiotyku (w ilości 2 ml/l) w wodzie pitnej w odchowie kurcząt brojlerów.....	81
Strategia 47	
Oprysk ściółki dla kurcząt brojlerów probiotykiem w ilości 80 ml/2 m ²	82
Strategia 48	
Zastosowanie probiotyku zawierającego bakterie kwasu mlekowego <i>Lactobacillus</i> sp. oraz <i>Bacillus</i> sp. w wodzie pitnej i do oprysku ściółki w odchowie kurcząt brojlerów.....	83
Strategia 49	
Redukcja amoniaku z odchodów drobiu przy pomocy 1% dodatku bentonitu sodowego .	84

Strategia 50	
Dodatek 2% bentonitu sodowego w celu redukcji amoniaku z odchodów drobiu.....	85
Strategia 51	
Dodatek 1% zeolitu w celu redukcji amoniaku z odchodów drobiu.....	86
Strategia 52	
Dodatek 2% zeolitu do odchodów drobiu.....	87
Strategia 53	
Zastosowanie nadtlenu wapnia do ściółki dla kurcząt brojlerów.....	88
Strategia 54	
Zastosowanie siarczanu glinu $Al_2(SO_4)_3$ w ilości 0,25 kg/m ² ściółki w odchowie kurcząt brojlerów	89
Strategia 55	
Zastosowanie dodatku AMLA do ściółki dla kurcząt brojlerów	90
Strategia 56	
Zastosowanie ałunu do ściółki dla kurcząt brojlerów w ilości 98 kg/100 m ²	92
Strategia 57	
Zastosowanie produktu De-Odorase™ w produkcji kurcząt brojlerów.....	93
Strategia 58	
Zastosowanie ściółki z kiszonki kukurydzy w odchowie kurcząt brojlerów	94
Kategoria	
ODCHODY	95
Strategia 1	
Preparat mikrobiologiczno-mineralny do obornika kurzego	97
Strategia 2	
Dodatek 10% biowęgla bambusowego do pomiotu kurzego	98
Strategia 3	
Zastosowanie 20% biowęgla sosnowego na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i utraty azotu podczas kompostowania odchodów drobiu	99
Strategia 4	
Dodatek 2% ałunu do odchodów kurcząt rzeźnych	100
Strategia 5	
Dodatek 4% ałunu do odchodów kurcząt rzeźnych	101
Strategia 6	
Ko-fermentacja pomiotu kurzego	102
Strategia 7	
Wykorzystanie obornika kurzego jako surowca energetycznego	104
Strategia 8	
Przykrycie przemy obornika kurzego plastikową folią	106
Strategia 9	
Kompostowanie obornika kurzego z dodatkiem 15% odwodnionego węgla brunatnego	108
Strategia 10	
Dodatek 6% octu drzewnego do obornika kurzego	110
Strategia 11	
Dodatek 15% biowęgla do obornika kurzego	112
Strategia 12	
Dodatek mieszanki 6% octu drzewnego i 15% biowęgla do obornika kurzego	114
Strategia 13	
Dodatek zmodyfikowanej słomy kukurydzianej do kompostu kurzego	116
Strategia 14	
Zastosowanie 2% dodatku wodorosiarczanu sodu do obornika kurzego	118

Strategia 15	
Dodatek 4% wodorosiarczanu sodu do obornika kurzego	119
Strategia 16	
Dodatek wodorosiarczanu sodu w ilości 6% do obornika kurzego.....	120
Strategia 17	
Zastosowanie 13% biowęgla jako dodatku do obornika kurzego	121
Strategia 18	
Dodatek 17% biowęgla z drewna sosnowego do obornika kurzego	122
Strategia 19	
Dodatek 11% zeolitu do obornika kurzego	123
Kategoria	
POZOSTALE	125
Strategia 1	
Zastosowanie hybrydowego systemu solarno-wiatrowego do ogrzewania kurnika	127
Strategia 2	
Dodatek 4% naturalnego zeolitu do ścieków z przemysłu drobiarskiego	129
Strategia 3	
Zastosowanie 5% zeolitu do ścieków z przemysłu drobiarskiego	130
Spis literatury	131