



# Gospodarka nawozowa a ochrona wód



„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”  
Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej „Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich”  
Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020.  
Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Publikacja opracowana przez Fundację na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.

Praca napisana pod redakcją naukową:

**dr. hab. Jacka Walczaka**

Zespół autorów:

**prof. dr hab. Marek Pieszka**

**dr Wojciech Krawczyk**

**dr Tamara Jadczyzyn**

**dr Zuzanna Jarosz**

**dr hab. n. o zdrowiu Grzegorz Dziubanek, prof. SUM**

**dr n. o zdrowiu Joanna Domagalska**

**dr n. med. Monika Rusin**

Zdjęcie na okładce – **Jakub Zieliński**

ISBN: **978-83-956926-5-9**

Publikacja pt.: „Gospodarka nawozowa a ochrona wód” powstała w ramach projektu „Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”. Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej „Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020. Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.



Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

ul. Gombrowicza 19, 01-682 Warszawa

Telefon: +48 22 864 03 90

Mail: [fdpa@fdpa.org.pl](mailto:fdpa@fdpa.org.pl)

[www.fdpa.org.pl](http://www.fdpa.org.pl)



Partner projektu:

Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Barzkowicach

Barzkowice 2, 73-134 Barzkowice

Telefon: +48 91 561 37 00-02

Mail: [barzkowice@home.pl](mailto:barzkowice@home.pl)

[www.zodr.pl](http://www.zodr.pl)



Publikacja bezpłatna przygotowana w ramach operacji pn. „Gospodarka nawozowa a ochrona wód” w ramach Planu Działania Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020.

Odwiedź portal KSOW – **[www.ksow.pl](http://www.ksow.pl)**

Zostań Partnerem Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich

Copyright © by Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA), Warszawa 2022.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tego opracowania nie może być kopiowana, powielana lub rozpowszechniana bez uprzedniej pisemnej zgody FDPA.

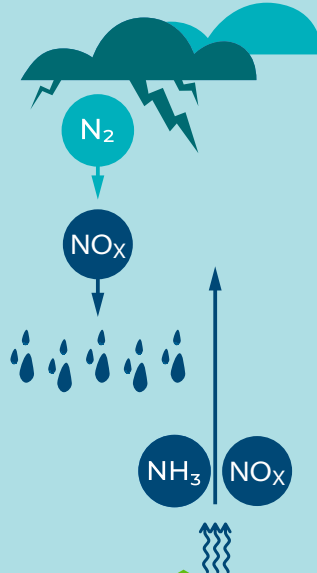
# SPIS TREŚCI

---

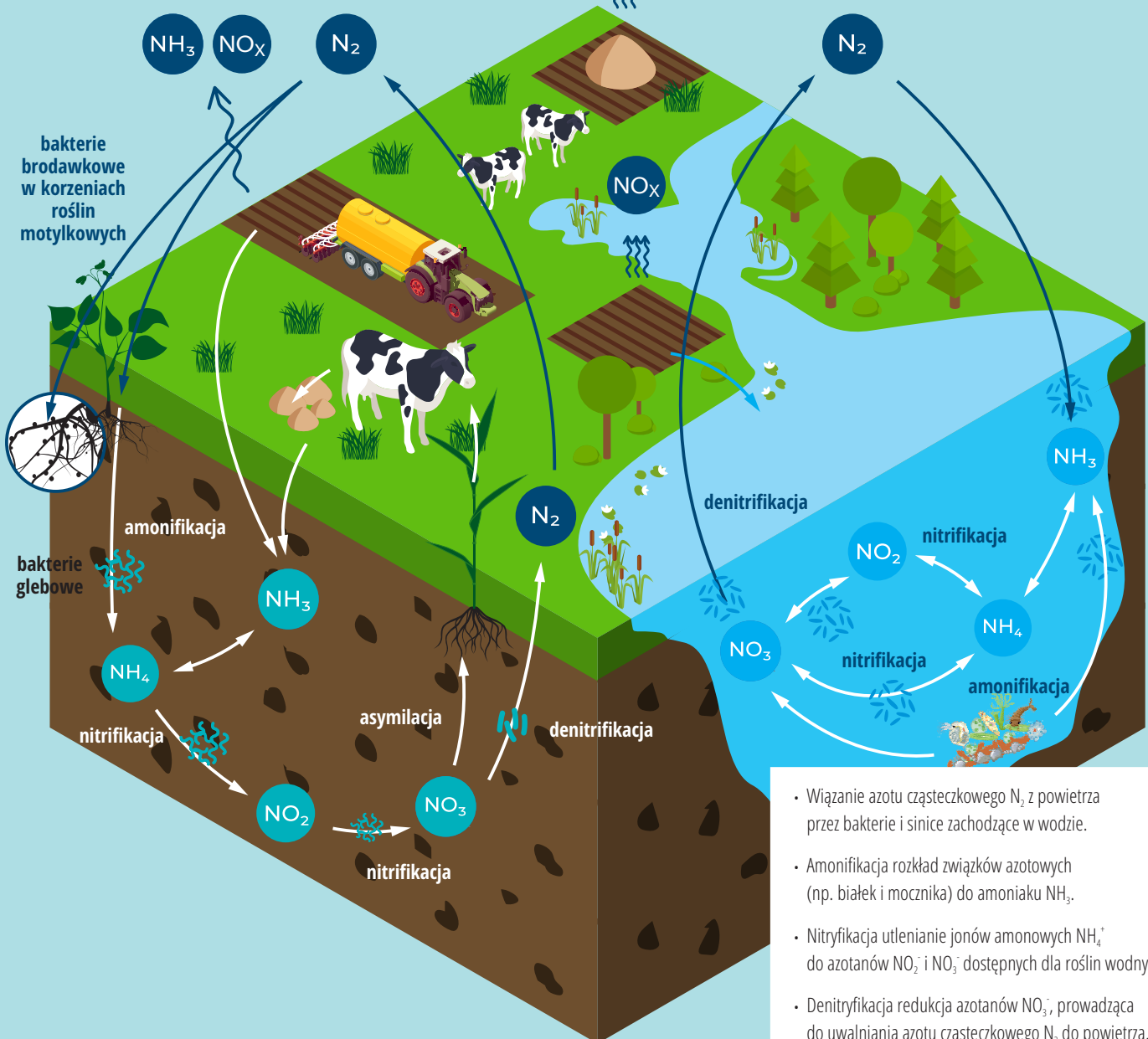
<b>1. Ogólne zagadnienia związane z problematyką obiegu azotu i fosforu w przyrodzie</b>	<b>02</b>
– dr Wojciech Krawczyk (Instytut Zootechniki PIB w Krakowie-Balicach)	
<b>2. Wpływ związków azotu w powietrzu i wodzie na zdrowie człowieka</b>	<b>09</b>
– prof. dr hab. Grzegorz Dziubanek, dr n. med. Monika Rusin, Joanna Domagalska (Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach)	
<b>3. Zasady żywienia roślin i zwierząt</b>	
<b>Bilansowanie potrzeb pokarmowych zwierząt</b>	<b>17</b>
– prof. dr hab. Marek Pieszka (Instytut Zootechniki PIB w Krakowie-Balicach)	
<b>Bilansowanie potrzeb pokarmowych roślin</b>	<b>32</b>
– dr Tamara Jadczyzyn (Instytut Upraw i Nawożenia PIB w Puławach)	
<b>4. Praktyki redukujące rozpraszanie azotu i fosforu w rolnictwie</b>	
<b>Praktyki mitygacyjne w nawożeniu i uprawie</b>	<b>45</b>
– dr Zuzanna Jarosz (Instytut Upraw i Nawożenia PIB w Puławach)	
<b>Praktyki mitygacyjne w chowie zwierząt</b>	<b>62</b>
– dr Wojciech Krawczyk (Instytut Zootechniki PIB w Krakowie-Balicach)	
<b>5. Działania obowiązkowe i dobrowolne w gospodarstwie</b>	<b>73</b>
– dr Zuzanna Jarosz (Instytut Upraw i Nawożenia PIB w Puławach)	
<b>6. Rola Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 we wzmacnianiu ochrony wód, gleby i powietrza</b>	<b>80</b>
– dr Wojciech Krawczyk (Instytut Zootechniki PIB w Krakowie-Balicach)	
<b>7. Piśmiennictwo</b>	<b>91</b>

# Obieg azotu w przyrodzie

- Wiązanie azotu cząsteczkowego  $N_2$  z powietrza atmosferycznego, który przy udziale bakterii brodawkowych żyjących w symbiozie z roślinami motylkowymi oraz bakterii azotowych: tlenowych lub beztlenowych żyjących w glebie, przekształcany jest w jony amonowe  $NH_4^+$ .
- Amonifikacja rozkład związków azotowych (np. białek i mocznika) do amoniaku  $NH_3$ .
- Nitrifikacja utlenianie jonów amonowych  $NH_4^+$  do azotanów  $NO_2^-$  i  $NO_3^-$  dostępnych dla roślin.
- Asymilacja pobieranie łatwo przyswajalnych przez rośliny form azotu w postaci jonów azotanowych  $NO_2^-$  i  $NO_3^-$  lub amonowych  $NH_4^+$ .
- Denitryfikacja redukcja azotanów  $NO_3^-$ , prowadząca do uwalniania azotu cząsteczkowego  $N_2$  do powietrza.



- W wyniku wyładowań elektrycznych w atmosferze (wysoka temperatura) azot cząsteczkowy  $N_2$  łączy się z tlenem, tworząc reaktywne tlenki azotu  $NO_x$ .
- Występujące w powietrzu tlenki azotu są obok tlenków siarki głównymi prekursorami powstawania kwaśnych deszczów tworzących się w obecności pary wodnej.
- Sole kwasu azotowego wchodzące w skład kwaśnego deszczu stanowią jedno ze źródeł azotu w zbiornikach wodnych przyczyniając się do ich eutrofizacji.
- Wyemitowany do powietrza amoniak pochodzący z produkcji rolnej tworzy pyły przenoszenie na znacznej odległości i jest deponowany w zbiornikach wodnych.



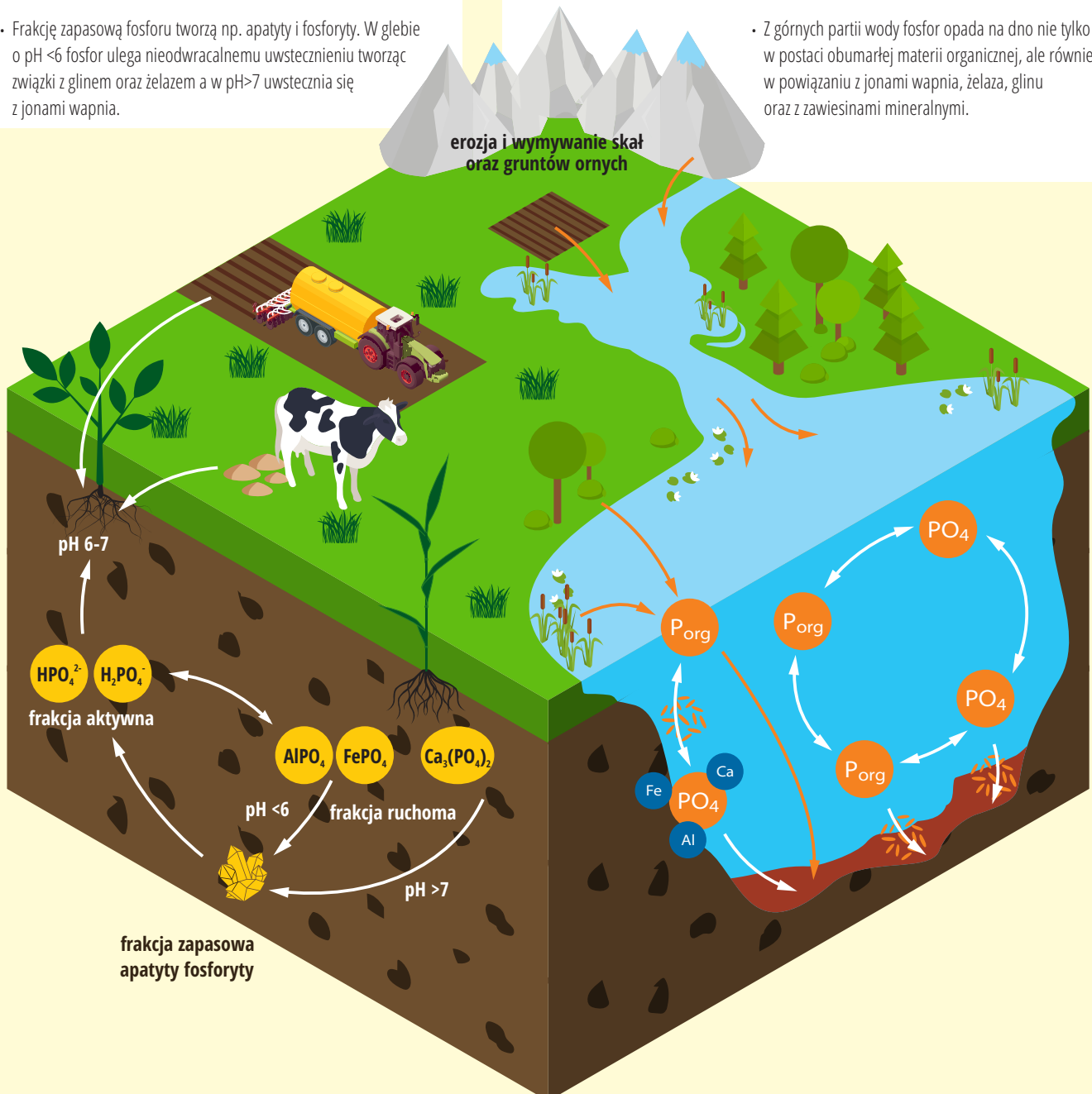
- Wiązanie azotu cząsteczkowego  $N_2$  z powietrza przez bakterie i sinice zachodzące w wodzie.
- Amonifikacja rozkład związków azotowych (np. białek i mocznika) do amoniaku  $NH_3$ .
- Nitrifikacja utlenianie jonów amonowych  $NH_4^+$  do azotanów  $NO_2^-$  i  $NO_3^-$  dostępnych dla roślin wodnych.
- Denitryfikacja redukcja azotanów  $NO_3^-$ , prowadząca do uwalniania azotu cząsteczkowego  $N_2$  do powietrza.



# Obieg fosforu w przyrodzie

- Roślinom uprawnym należy dostarczać właściwą ilość przyswajalnych form fosforu poprzez regularne nawożenie mineralne i naturalne. Fosfor występuje w glebie w postaci związków mineralnych (fosforany wapnia, magnezu i glinu), jak i organicznych (fosfolipidy i fityna).
- Związki rozpuszczalne w roztworze glebowym, jak np. jony fosforanowe:  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  stanowią frakcję aktywną tego pierwiastka.
- Frakcja ruchoma fosforu to fosforany wapnia, glinu i żelaza ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ ) wodorofosforany oraz fosfor zabsorbowany na powierzchni tlenków, minerałów ilastych oraz substancji organicznej.
- Frakcję zapasową fosforu tworzą np. apatyty i fosforyty. W glebie o  $\text{pH} < 6$  fosfor ulega nieodwracalnemu uwstecznieniu tworząc związki z glinem oraz żelazem a w  $\text{pH} > 7$  uwstecznia się z jonami wapnia.

- W wodach naturalnych źródłem fosforu jest rozkład materii organicznej. Fosfor ulega również stopniowemu wymyciu z gleby do wód, gdzie zostaje strącony w postaci fosforanów wapnia i osadów dennych.
- W zbiornikach wodnych fosfor krąży między poszczególnymi warstwami wody, w zależności od sposobu jej przepływu i mieszania się, a także stanu troficznego. Zachodzące ruchy cyrkulacyjne nie pozwalają organizmom planktonowym opaść do głębszych warstw wody, dlatego też forma organiczna fosforu zostaje rozłożona przy udziale enzymów ponownie do jonów fosforanowych, które mogą być powtórnie zasymilowane. Proces ten może powtarzać się wielokrotnie.
- Jeśli fosfor w formie organicznej zdoła opaść do głębszych warstw wody to dopiero w tych warstwach ulega mineralizacji. Przemiany chemiczne fosforu w wodzie prowadzą do jego wytrącania i jest on akumulowany w osadach dennych.
- Z górnych partii wody fosfor opada na dno nie tylko w postaci obumarłej materii organicznej, ale również w powiązaniu z jonami wapnia, żelaza, glinu oraz z zawiesinami mineralnymi.



# Ogólne zagadnienia związane z problematyką obiegu azotu i fosforu w przyrodzie

**dr Wojciech Krawczyk**

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy w Balicach k. Krakowa

Azot jest podstawowym składnikiem budulcowym organizmów żywych. Jego forma organiczna wchodzi w skład kwasów nukleinowych, aminokwasów, białek, mocznika, chlorofilu i witamin, czyli związków chemicznych decydujących o podtrzymaniu procesów życiowych oraz rozmnażaniu roślin i zwierząt. Pierwiastek ten w formie cząsteczkowej stanowi główny składnik powietrza. Występuje w nim także w formie zjonizowanej i w postaci tlenków azotu oraz amoniaku.

**Amoniak tworzy w powietrzu pyły przenoszone na znaczne odległości, które deponowane w wodach przyczyniają się do ich eutrofizacji. Formy mineralne azotu, czyli jony amonowe, azotynowe i azotanowe – odpowiednio azotany (III) i azotany (V) – są rozpowszechnione obok formy organicznej w środowisku glebowym i wodnym. Glebowe bakterie symbiotyczne i niesymbiotyczne, wykazujące się zdolnością wiązania azotu atmosferycznego, przekształcają tę formę azotu za pośrednictwem enzymu nitrogenazy w amoniak i łatwo przyswajalne dla roślin jony amonowe.**

4

Efektywność bakterii asymilujących azot cząsteczkowy z powietrza jest uzależniona m.in. od rodzaju i właściwości gleby (odczyn pH), a także od koncentracji azotu w glebie (powyżej dawki 90 kg N/ha wiązanie ustaje i nie zawiązują się brodawki korzeniowe). Glebowe bakterie niesymbiotyczne wiążące azot cząsteczkowy to bakterie tlenowe (np. *Azotobacter*) i beztlenowe (np. *Clostridium*). Szacuje się, że bakterie niesymbiotyczne wiążą 10–50 kg/N/ha w glebie. Drugim rodzajem bakterii posiadającym zdolność asymilacji azotu cząsteczkowego w glebie są bakterie symbiotyczne (np. *Rhizobium*), współgzystujące z roślinami motylkowymi (np. łubinem, lucerną, koniczyną). W wyniku odpowiednich procesów chemicznych, zachodzących pomiędzy rośliną a tym rodzajem bakterii, przylegają one do korzeni, wytwarzając na nich brodawki, a aktywowana w nich nitrogenaza pozwala na wiązanie azotu cząsteczkowego. Przyjmuje się, że w wyniku symbiozy bakterii brodawkowych z roślinami motylkowymi asymiluje się 100–400 kg/N/ha w glebie.

Rozkład białka czy kwasów nukleinowych budujących mikroorganizmy następuje na skutek ich mineralizacji. Proces ten za pośrednictwem enzymatycznej hydrolizy białka prowadzi do powstania peptydów i aminokwasów, a następnie do przekształcenia ich w procesie amonifikacji. W wyniku kolejnych przemian biochemicznych amoniak w glebie przechodzi w jon amonowy, który może być przyswajany przez rośliny, ulegać sorpcji lub emisji do powietrza atmosferycznego.

Następną reakcją zachodzącą w glebie wyłącznie przy udziale tlenu jest nityfikacja. Polega ona na utlenieniu amoniaku do azotynów i azotanów, czyli tych form azotu, które są łatwiej przyswajalne przez rośliny niż jony amonowe. Dlatego rola bakterii nityfikacyjnych oraz ich efektywność

zależna m.in. od warunków glebowych jest szczególnie ważna dla rozwoju roślin. Reakcja nityfikacji przebiega dwuetapowo. W pierwszej fazie bakterie z rodzaju np. *Nitrosomonas* i *Nitrosospira* utleniają jony amonowe do azotynów, a w drugiej – jony azotynowe utleniane są przez bakterie z rodzaju np. *Nitrobacter* do azotanów.

Ostatnim procesem zachodzącym w glebie z udziałem azotu jest reakcja denitryfikacji. Zachodzi ona w warunkach beztlenowych przy udziale bakterii denitryfikacyjnych (np. *Pseudomonas*) i może mieć charakter częściowy, redukujący azotany do azotynów, oraz całkowity, polegający na redukcji azotanów do azotu cząsteczkowego emitowanego do atmosfery. Z punktu widzenia zasobności gleby i przyswajalności form azotu przez rośliny jest to reakcja niekorzystna, prowadząca do strat azotu z tego środowiska. Reakcja denitryfikacji, skutkująca emisją azotu cząsteczkowego do powietrza atmosferycznego, zamyka cykl tego pierwiastka w przyrodzie.

Azot wyemitowany z gleby w wyniku denitryfikacji zwiększa pulę związków tego pierwiastka znajdujących się w powietrzu (azot cząsteczkowy stanowi w nim 78% składu). **W normalnych warunkach atmosferycznych znajdujące się w powietrzu dwuatomowe i połączone potrójnym wiązaniem cząsteczki azotu są niereaktywne i nie wchodzi w reakcję z tlenem. Natomiast naturalnie występujące w atmosferze wyładowania elektryczne i towarzysząca im wysoka temperatura sprawiają, że azot cząsteczkowy łączy się z tlenem, tworząc reaktywne tlenki azotu.** Wysoka temperatura jest także przyczyną powstawania spalin w sektorze transportu drogowego, który obok przemysłu energetycznego i rolnictwa jest głównym źródłem emisji tlenków azotu do powietrza atmosferycznego. Szacuje się, że światowe rolnictwo jest odpowiedzialne za dwie trzecie emisji związków azotu. Emisja tlenków azotu pochodzących z nawozów naturalnych, gleby oraz spalania resztek poźniwnych w 2020 r. wyniosła 71,83 Gg.

**Jeszcze większym obciążeniem dla atmosfery jest emisja amoniaku, w której udział rolnictwa na poziomie kraju wynosi 98%. Wyemitowany do powietrza amoniak charakteryzuje się zdolnością tworzenia pyłów drobnych, a ich trwałość, wynosząca nawet 14 dni, pozwala na ich przenoszenie na znaczne, transgraniczne odległości oraz jego depozycję w zbiornikach wodnych oddalonych o tysiące kilometrów od źródła emisji.**

Występujące w powietrzu tlenki azotu są obok tlenków siarki głównymi prekursorami powstawania kwaśnych deszczów tworzących się w obecności pary wodnej. Kwas azotowy, powstający w wyniku utleniania się tlenków azotu przy udziale reaktywnej grupy hydroksylowej oraz reakcji pentatlenku diazotu z wodą, przyczynia się do zjawiska tzw. kwaśnej depozycji w glebie i wodzie.

Kwaśna depozycja soli kwasu azotowego wchodzących w skład kwaśnego deszczu stanowi także jedno ze źródeł azotu w zbiornikach wodnych. Ponadto źródłem łatwo rozpuszczalnych w wodzie azotanów (soli kwasu azotowego) są spływy powierzchniowe lub odcieki przedostające się do wód z gleb. Procesy biochemiczne z udziałem azotu w wodzie charakteryzują się podobnym przebiegiem do tych zachodzących w glebie. Azot cząsteczkowy jest asymilowany przez występujące w wodzie wybrane gatunki bakterii oraz sinic (np. *Anabaena*, *Nostoc*), natomiast głównym

źródłem amoniaku, jonów amonowych i azotanowych jest rozkład materii organicznej znajdującej się w wodzie.

Pierwszym etapem rozkładu materii organicznej w tym środowisku jest hydroliza białek, a następnie amonifikacja, w wyniku której powstaje amoniak i jon amonowy. **Zawartość azotu amonowego w wodach powierzchniowych podlega w ciągu roku znacznym wahaniom. Zawartość ta zmniejsza się w lecie, kiedy rośliny zużywają azot i równocześnie jego związki podlegają nityfikacji. Natomiast zimą, przy niskiej temperaturze, kiedy zanika życie biologiczne, a nityfikacja jest zahamowana – ulega zwiększeniu.**

Kolejnym etapem obiegu azotu w wodzie jest reakcja nityfikacji, czyli utleniania amoniaku do azotynów i azotanów, form łatwo rozpuszczalnych i przyswajalnych w tym środowisku przez rośliny, zachodząca przy udziale wyspecjalizowanych rodzajów bakterii. Niewielki nadmiar występujących w wodzie azotanów nieprzyswojonych przez rośliny jest zjawiskiem naturalnym i nie zaburza jej równowagi troficznej. Problem pojawia się, kiedy dochodzi do nadmiernej depozycji tych form azotu trafiających do wód powierzchniowych wraz ze spływami, które niosą dodatkowy ładunek tego oraz innych pierwiastków biogennych i pochodzących z erodowanych lub przenawożonych gleb. Część nadwyżki azotanów zostaje usunięta z wody dzięki procesowi denityfikacji zachodzącemu przy udziale bakterii denityfikacyjnych. Jego konsekwencją jest powstanie azotu cząsteczkowego emitowanego do powietrza atmosferycznego. Jednak pozostały nadmiar tych form azotu zaburza równowagę troficzną wody i przyczynia się do jej eutrofizacji. Duże znaczenie mają także ścieki miejskie i przemysłowe, które wnoszą do wód duży ładunek nie tylko azotu, ale i fosforu. **Nadmiar nagromadzonych w wodzie i pochodzących z tych źródeł substancji odżywczych prowadzi do nadmiernej produkcji biomasy roślinnej. Jej szybki i obfity wzrost wiąże się z bardzo dużym wykorzystaniem tlenu w tym środowisku, konsekwencją jest jego całkowite zużycie spowodowane również rozkładem materii organicznej. Tego rodzaju degradacja ekosystemów wodnych, prowadząca do obumierania gatunków i zaniku życia biologicznego w akwenach, dotyka nie tylko wód śródlądowych, ale i morskich.** Na przykład w Morzu Bałtyckim zaburzenie trofii – poprzez podwyższoną zawartość azotu i fosforu przy temperaturze wody przekraczającej 20°C – powoduje charakterystyczny „zakwit” sinic z rodzaju: *Anabaena lemmermannii*, *Aphanizomenon flos-aquae* i *Nodularia spumigena*. Te organizmy wytwarzają kilka rodzajów toksyn, tj. hepatotoksyny (mikrocystyny, nodularyna i cylindrospermopsyna), neurotoksyny (anatoksyna-a, anatoksyna-a(s) i saksytoksyna), dermatotoksyny (lynbgyatoksyna-a, aplysiatoksyna i debromoaplysiatoksyna). Niektóre z nich, np. nodularyna, w bardzo dużych stężeniach uszkadzają wątrobę człowieka i działają rakotwórczo na pozostałe gatunki zwierząt.

**Fosfor jest drugim obok azotu pierwiastkiem biogennym, niezbędnym do prawidłowego przebiegu głównych procesów życiowych organizmów żywych. Wchodzi w skład białek, DNA i RNA, a także innych związków chemicznych, umożliwiających wzrost i rozwój roślin oraz zwierząt.** Fosfor odgrywa główną rolę w budowaniu tkanek i przebiegu procesu fotosyntezy. To pierwiastek stymulujący rozwój korzeni. Poprawia zawiązywanie się kwiatów i powstawanie kłosów, owoców i nasion. Przyczynia się do powstawania fitiny, odpowie-



działnej za kiełkowanie nasion. Niedobór dostępnych dla roślin form fosforu, spowodowany m.in. nieodpowiednim pH gleby, skutkuje karłowatością roślin oraz ciemnofioletowo-czarnymi nekrotycznymi plamami na liściach, które ulegają stopniowej deformacji i uschnięciu. Osłabiony jest także rozwój pędów, opóźnia się proces kwitnienia oraz dojrzewania roślin, a także obniża się ich odporność na niską temperaturę. Podobnie jak z azotem – odpowiednie zbilansowanie pokarmowe fosforu i zrównoważone nawożenie nim decyduje o właściwym plonowaniu roślin.

**Obieg fosforu, w przeciwieństwie do azotu, nie ma charakteru cyklu zamkniętego w przyrodzie. Jego zawartość w glebie musi być stale uzupełniana, ponieważ jest pobierany przez rośliny lub wymywany do wód i deponowany w osadach dennych jako nieczynny. Ten pierwiastek występuje w glebie w postaci wielu związków mineralnych (fosforany wapnia, magnezu i glinu) i organicznych (fosfolipidy i fityna). W przeciwieństwie do azotu jego formy są mało ruchliwe w glebie, jednak w wyniku opadów atmosferycznych może on zostać częściowo wymyty lub przeniesiony w głąb profilu glebowego. Tam w zależności od właściwości fizyko-chemicznych gleby zmienia swoją formę na bardziej lub mniej przyswajalną dla roślin.** Związki rozpuszczalne w wodzie, np. jony fosforanowe, stanowią frakcję aktywną tego pierwiastka. Frakcja ruchoma fosforu, stanowiąca 10% tego pierwiastka w glebie, to fosforany wapnia, glinu i żelaza, wodorofosforany oraz fosfor zabsorbowany na powierzchni tlenków minerałów ilastych oraz substancji organicznej. Frakcja ruchoma może przechodzić we frakcję aktywną i zapasową, powstającą w wyniku krystalizacji fosforanów, które dzięki temu stają się praktycznie niedostępne dla roślin i zabezpieczone przed wymywaniem. Tę ostatnią, zapasową frakcję fosforu tworzą np. apatyty i fosforyty. Aby zapewnić optymalną dostępność jonów fosforanowych należy uregulować odczyn gleby na poziomie pH 6–7. Poniżej tej wartości fosfor ulega nieodwracalnemu uwstecznieniu, tworząc związki z glinem oraz żelazem. Powyżej wartości pH 7 uwstecznia się z jonami wapnia.

**Spośród związków chemicznych fosforu powstających w trakcie przemian biochemicznych tylko fosforowodór ma postać gazową i jest emitowany do atmosfery. Powstaje jako produkt beztlenowej redukcji fosforanów przeprowadzanej przez bakterie z rodzajów: *Clostridium*, *Escherichia* i *Salmonella*. Ilości fosforowodoru uwalnianego z rolnictwa są jednak tak niewielkie, że nie mają żadnego znaczenia dla procesów zachodzących w atmosferze i środowisku naturalnym.**

Fosfor w postaci różnego typu związków należy do naturalnych składników wód powierzchniowych. Rodzaj i ilość występujących w wodzie połączeń tego pierwiastka zależą od ich pochodzenia oraz reakcji zachodzących w wodzie. W wodach naturalnych fosfor – podobnie jak azot – bierze się z rozkładu materii organicznej pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Jest także naturalnie uwalniany do gleby w wyniku procesów wietrzenia. Ulega stopniowemu wymyciu z gleby do rzek i mórz, gdzie zostaje strącony w postaci fosforanów wapnia i osadów dennych. Antropogeniczne źródła tego pierwiastka to grunty orne (GO), z których trafia do wód powierzchniowych w postaci spływów. Źródłem poważnych zanieczyszczeń wód związkami fosforu są ponadto ścieki przemysłowe z zakładów produkujących nawozy sztuczne. W wyniku zachodzących w wodzie hydrolizy i dysocjacji polifosforanów i kwasu fosforowego (V) fosfor może występować w postaci jonów

i w kompleksach, np.:  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $(\text{FeHPO}_4)$ ,  $(\text{CaHPO}_4)$ . **W zbiornikach wodnych fosfor krąży między poszczególnymi warstwami wody, w zależności od sposobu jej przepływu i mieszania się, a także stanu troficznego. Podczas stagnacji, gdy uwarstwienie wody jest wyraźnie zaznaczone, w jej górnej warstwie – natlenionej i naświetlonej – znajdują się jony fosforanowe pobierane przez fitoplankton i wbudowywane w jego organizm. Zachodzące ruchy cyrkulacyjne nie pozwalają organizmom planktonowym opaść do głębszych warstw wody, dlatego forma organiczna fosforu zostaje rozłożona przy udziale enzymów ponownie do jonów fosforanowych, które mogą być powtórnie zasymilowane. Ten proces może się powtarzać wielokrotnie. Jeśli fosfor w formie organicznej zdoła opaść do głębszych warstw wody, to dopiero w tych warstwach ulega mineralizacji.** Przemiany chemiczne fosforu w wodzie prowadzą do jego wytrącania – jest on akumulowany w osadach dennych. Z górnych partii wody fosfor opada na dno nie tylko w postaci obumarłej materii organicznej, ale również w powiązaniu z jonami wapnia, żelaza, glinu oraz z zawiesinami mineralnymi. Jeżeli w strefie zetknięcia osadów dennych z wodą panują warunki tlenowe, to jony żelaza  $\text{Fe}^{3+}$  wiążą trwale jony fosforanowe i w takiej formie odkładane są w osadach dennych. Jeżeli na skutek eutrofizacji zaczyna brakować tlenu, to żelazo trójwartościowe przechodzi do dwuwartościowego  $\text{Fe}^{2+}$ . Ponieważ fosforany żelaza (2+) są lepiej rozpuszczalne, następuje uwalnianie fosforu z osadów dennych do wody. W warunkach skrajnego zanieczyszczenia dochodzi do redukcji siarczanów w wodzie – przechodzą one w siarkowodór. Wtedy duża część żelaza w postaci jonów  $\text{Fe}^{2+}$  tworzy nierozpuszczalne siarczki na powierzchni osadów dennych i zostaje wyłączona ze strącania fosforu, nawet podczas cyrkulacji. **W zdegradowanych jeziorach, w warunkach skrajnych, w osadach dennych powstaje metan. Unoszące się pęcherzyki metanu mimo stabilnego uwarstwienia termicznego transportują znaczne ilości fosforu do warstwy produkcyjnej jeziora. Zjawisko konwekcji metanowej to główny mechanizm nawożenia wewnętrznego, a powstanie siarkowodoru w wodzie jest momentem, od którego eutrofizacja wody przebiega w sposób lawinowy.**

# Wpływ nadmiaru związków azotu w środowisku na zdrowie człowieka

## A Źródła azotanów

- 1 Opady atmosferyczne
- 2 Rośliny jadalne
- 3 Nawozy mineralne
- 4 Nawozy naturalne
- 5 Wymywanie powierzchniowe/  
Spływ powierzchniowy

## B Człowiek pijący wodę z nadmiarem związków azotu

- 6 Choroby:
  - Nowotwory złośliwe
  - Methemoglobinemia
  - Anemia



# Wpływ związków azotu w powietrzu i wodzie na zdrowie człowieka

**dr hab. n. o zdrowiu Grzegorz Dziubanek, prof. SUM**  
**dr n. med. Monika Rusin, dr n. o zdrowiu Joanna Domagalska**

Katedra Zdrowia Środowiskowego, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu  
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

---

## Wstęp

Do wzrostu rośliny potrzebują podaży azotu niezbędnego do wytwarzania: aminokwasów, białek, kwasów nukleinowych itp. Pomimo wysokiej zawartości azotu w powietrzu rośliny nie potrafią samodzielnie wiązać azotu atmosferycznego. W związku z rosnącym zapotrzebowaniem krajowego oraz światowego rynku spożywczego na żywność istnieje potrzeba intensyfikacji produkcji żywności i zwiększenia wielkości uzyskiwanych plonów. Do najważniejszych sposobów sprostania tym wyzwaniom należy powszechne stosowanie nawozów azotowych. Źródłem związków azotu dla uprawianych roślin są nawozy sztuczne (mineralne) i nawozy pochodzenia naturalnego, takie jak: obornik, gnojowica czy gnojówka. Poza niewątpliwymi korzyściami związanymi ze wzbogaceniem gleb uprawnych w związki azotu istnieje również szereg potencjalnych zagrożeń wynikających z tego typu praktyk dla środowiska oraz zdrowia człowieka. Szkodliwe oddziaływanie może wynikać z nadmiernej ilości związków azotowych i fosforowych w środowisku oraz z wprowadzenia do ekosystemów toksycznych związków stanowiących potencjalne zanieczyszczenie nawozów, np. metali ciężkich, trwałych zanieczyszczeń organicznych itp. W niniejszym rozdziale skupiono się na zagrożeniach zdrowia wynikających z obecności związków azotowych w środowisku.

## Czym są azotany i nitrozoaminy

Azotany (III), zwane dawniej azotynami, oraz azotany (V) zaliczane są do grupy poważnych środowiskowych czynników ryzyka zdrowotnego społeczeństwa. **Źródłem narażenia populacji generalnej na azotany jest droga pokarmowa.** Stosowanie nawozów azotowych na terenach ornych, niejednokrotnie w nadmiernych ilościach, przyczynia się do występowania **pozostałości azotanów (III i V) w roślinach jadalnych oraz w wodach gruntowych i powierzchniowych.** Omawiane związki mogą trafiać do organizmu człowieka także z żywnością konserwowaną o przedłużonej przydatności do spożycia, np. z produktami mięsnymi czy serami. Toksyczne właściwości azotanów oraz ich powszechne występowanie przyczyniły się do ustanowienia najwyższego dopuszczalnego stężenia tych substancji w wodzie przeznaczonej do spożycia oraz w żywności, aby chronić stan zdrowia konsumentów (Kaczor-Kurzawa, 2015).

W środowisku, w żywności i w organizmie człowieka azotany (III i V) pod wpływem czynników fizykochemicznych, takich jak: pH, temperatura, promieniowanie UV, oraz w obecności niektórych bakterii czy grzybów z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium* ulegają przemianom chemicznym. Jednym



z produktów reakcji mogą być **niebezpieczne dla ludzkiego zdrowia związki – nitrozoaminy**. W organizmie człowieka mogą być wytwarzane w drogach pokarmowych przy kwaśnym pH, pod warunkiem że żywność zawiera prekursory amin drugorzędowych. Zachodzą wówczas reakcje pomiędzy azotanami lub azotynami a aminami, których produktem są rakotwórcze nitrozoaminy.

**Ludzie mogą być też narażeni na nitrozoaminy w wyniku spożywania niektórych przetworzonych artykułów spożywczych. Zaliczają się do nich np. peklowane i wędzone produkty mięsne**, do których na etapie produkcji dodawane są azotany (III i V) jako środki konserwujące. W surowych wyrobach peklowanych nie stwierdza się obecności nitrozoamin. Dopiero poddanie takiej żywności obróbce termicznej skutkuje powstawaniem tych związków, a ich stężenie zależy od metody obróbki cieplnej. Najwyższą zawartość nitrozoamin wykazuje się w produktach smażonych, a najniższe – w żywności podgrzanej w kuchence mikrofalowej. Warto podkreślić, że stężenie nitrozoamin w tłuszczu jest dziesięciokrotnie wyższe niż w mięsie (Afé i wsp., 2021). Źródłem narażenia na nitrozoaminy mogą być również niektóre kosmetyki, produkty farmaceutyczne oraz dym tytoniowy.

## Środowiskowe źródła narażenia ludności na azotany

Szczególnie niebezpieczne dla zdrowia i życia ludzi jest zanieczyszczenie azotanami wód przeznaczonych do spożycia. Jednym z najważniejszych czynników narażenia człowieka na azotany jest woda pitna, w szczególności pochodząca ze źródeł indywidualnych, czyli ze studni. Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego (GUS), w 2021 r. 85,6% mieszkańców obszarów wiejskich miało dostęp do wody pochodzącej z sieci wodociągowych. Pozostali mieszkańcy korzystali z indywidualnych źródeł wody przeznaczonej do spożycia. Tego rodzaju źródła nie podlegają obowiązkowym badaniom kontrolnym, obejmującym parametry fizykochemiczne i mikrobiologiczne, decydującym o przydatności wody do spożycia (Kaczor-Kurzawa, 2015).

**Woda przeznaczona do spożycia, czerpana z płytkich studni kopanych, jest szczególnie zagrożona zanieczyszczeniem związkami azotu.** Studnie kopane mają z reguły głębokość do ok. 10 metrów. Skażenie takich wód następuje w wyniku, zachodzącego w czasie opadów atmosferycznych lub roztopów, spływu powierzchniowego zanieczyszczeń chemicznych i mikrobiologicznych znajdujących się w glebach. Duży wpływ na jakość wody studziennej ma usytuowanie studni, tzn. jej odległość od pól uprawnych, szamba, budynków mieszkalnych i inwentarskich, rowów melioracyjnych itp. Na spływ powierzchniowy zanieczyszczeń wpływ ma również wysokość ocembrowania studni. Istotną rolę odgrywa też szczelność okolicznych szamb.

Najwyższe stężenie azotanów w wodach podziemnych obserwowane jest w płytkich warstwach wodonośnych, do ok. 5 m głębokości. Budowa geologiczna podłoża gruntowego wpływa na tempo przemieszczania się azotanów do wód podziemnych. W gruncie posiadającym dobre właściwości filtracyjne (np. piaskowym) przemieszczanie się wód (z powierzchni gleby w jej głąb) wraz z zanieczyszczeniami azotowymi następuje w krótkim czasie. Warto zauważyć, że omawiane zanieczyszczenia mogą być przenoszone od źródła pochodzenia na znaczne odległości, nawet do kilkudziesięciu metrów. Znane są także przypadki występowania azotanów w wodach podziemnych

w odległości aż 5 km od nawożonych pól uprawnych. W gruntach cechujących się słabszą przepuszczalnością proces przemieszczania się wód wraz z azotanami przebiega znacznie wolniej. Stosowanie nawozów azotowych prowadzi do stopniowego zanieczyszczenia środowiska, w tym w szczególności wód gruntowych, co może negatywnie wpłynąć na stan zdrowia populacji (Kaczor-Kurzawa, 2015).

Proces usuwania związków azotowych z zanieczyszczonej wody jest kosztowny oraz długotrwały. Najskuteczniejszym sposobem profilaktyki zdrowia mieszkańców terenów wiejskich jest rozbudowa sieci wodociągowej i kanalizacyjnej, budowa oczyszczalni przydomowych oraz wyposażenie gospodarstw w szczelne zbiorniki na odpady pochodzące z produkcji rolnej. Wskazane jest też prowadzenie cyklicznych badań jakości wody studziennej pod względem jej przydatności do spożycia. Wspomniane badania powinny obejmować oznaczenia parametrów mikrobiologicznych i fizykochemicznych, w tym zawartości związków azotowych.

Obecność azotanów wykazuje się także w roślinach jadalnych z upraw traktowanych nawozami azotowymi. **Najwyższa zawartość azotanów wykazywana jest m.in. w warzywach korzeniowych (np. w burakach), bulwach (np. w rzodkwi), a także w: liściach sałaty, kapusty, szpinaku itp. oraz w: warzywach przeznaczonych do wczesnego zbioru, np. nowalijkach.** Wysoka zawartość związków azotowych w produktach szklarniowych jest związana ze stosowaniem w niektórych gospodarstwach dużych ilości nawozów dla uzyskania szybkiego wzrostu roślin. Z punktu widzenia bezpieczeństwa zdrowotnego, ważną rolę odgrywa również sposób przechowywania roślin jadalnych. **Należy unikać przechowywania warzyw w szczelnych opakowaniach z tworzyw sztucznych (foliowych)**, ponieważ w warunkach ograniczonego dostępu tlenu następuje redukcja azotanów do bardziej szkodliwych azotynów. Im dłuższy czas takiego przechowywania, tym stężenie azotynów będzie wyższe. Wskazane jest zatem, aby konsumenci dokonywali zakupu świeżych, nieuszkodzonych warzyw, ponieważ takie produkty charakteryzują się najniższym stężeniem azotynów. Powinni również przechowywać rośliny jadalne, zapewniając im odpowiedni dostęp tlenu, tzn. luzem, z zapewnieniem niskiej temperatury. Przed samym spożyciem warzywa powinny zostać oczyszczone, umyte oraz obrane, co może wpłynąć na zmniejszenie wielkości narażenia konsumentów na azotany.

## Skutki zdrowotne narażenia na azotany

Szczególnie wrażliwe na szkodliwe działanie azotanów zawartych w produktach spożywczych i wodzie pitnej są niemowlęta i małe dzieci. **Przykładem choroby spowodowanej ekspozycją na azotany jest methemoglobinemia.** Niska kwasowość soku żołądkowego niemowląt umożliwia rozwój bakterii, które redukują azotany (V) do azotanów (III). Te ostatnie związki reagują z żelazem zawartym w hemoglobinie krwinek czerwonych (erytrocytów), tworząc methemoglobinę. Reakcja polega na utlenieniu żelaza z drugiego ( $Fe_2^+$ ) na trzeci stopień ( $Fe_3^+$ ). Hemoglobina, która w normalnych warunkach odpowiada za transport tlenu do poszczególnych tkanek organizmu człowieka, po przekształceniu w methemoglobinę nie może prawidłowo pełnić swojej funkcji. Skutkiem może być niedotlenienie wielu tkanek organizmu. **Methemoglobinemia jest poważnym zagrożeniem dla życia niemowląt, a jej charakterystycznym objawem jest niebieskawe zabarwienie skóry**

**wywołane sinicą, dlatego chorobę nazwano „syndromem niebieskiego dziecka”.** W trakcie methemoglobinemii dochodzi do niedotlenienia ośrodkowego układu nerwowego (OUN) oraz mięśnia sercowego. Należy podkreślić, że długotrwałe niedotlenienie tkanek oraz narządów w organizmie niemowlęcia i dziecka może być przyczyną niedorozwoju umysłowego i (lub) opóźnienia w rozwoju fizycznym, może też doprowadzić do zgonu (Thresher i in., 2020). Rozpoznanie methemoglobinemii opiera się na:

- stwierdzeniu u chorego sinicy, która może obejmować całe ciało lub tylko jego część,
- laboratoryjnym oznaczeniu stężenia methemoglobiny we krwi.

Dzieci i niemowlęta są narażone na azotany przede wszystkim poprzez drogę pokarmową – pobierają je wraz z żywnością oraz wodą pitną. W związku z tym Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (US EPA – ang. *United States Environmental Protection Agency*) zaleca, aby niemowlęta – szczególnie te, które nie ukończyły trzeciego miesiąca życia – spożywały mieszanki mleczne przy użyciu wody niezanieczyszczonej tymi związkami. Aby zachować bezpieczeństwo zdrowotne, powinno się używać wody mineralnej lub wodociągowej, a jednocześnie należy unikać wody pochodzącej ze studni przydomowych.

**Długotrwałe narażenie osób dorosłych na azotany może być przyczyną m.in. nadciśnienia tętniczego i zawału serca, może także zwiększać ryzyko rozwoju chorób nowotworowych, w szczególności nerek i wątroby.** Ponadto liczne badania naukowe wykazały, że azotany:

- osłabiają działanie wielu enzymów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu,
- zmniejszają wykorzystanie przez organizm dostarczonych wraz z pożywieniem białek, tłuszczów, witamin z grupy B oraz witaminy A,
- łącząc się z innymi substancjami obecnymi w żywności, mogą tworzyć związki rakotwórcze,
- sprzyjają powstawaniu niedokrwistości, co jest skutkiem ich destrukcyjnego działania na krwinki czerwone,
- utrudniają wykorzystanie przez organizm witaminy B6, której niedobór jest pierwotną przyczyną niedokrwistości,
- zmniejszają łaknienie, przez co przyrost masy ciała ulega zahamowaniu.

Z kolei ostre, nagłe zatrucie związkami azotu objawia się bólami brzucha, zaczerwienieniem twarzy oraz skóry, zawrotami głowy, sinicą, dusznościami, a także spadkiem ciśnienia tętniczego, które może prowadzić do wystąpienia zapaści (Thresher i wsp., 2020).

## Nitrozoaminy i ich wpływ na zdrowie człowieka

Synteza nitrozoamin w organizmie człowieka zachodzi głównie w żołądku, czemu sprzyja niskie pH kwasu żołądkowego. Stamtąd te związki wraz z krwią są transportowane do innych organów. Tworzenie nitrozoamin może również zachodzić w jelitach przy udziale bakterii z rodzaju: *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Klebsiella*, *Neisseria*.

Nitrozoaminy mogą również stanowić zanieczyszczenie pożywienia oraz wody, a ich spożywanie – skutkować uszkodzeniem struktury DNA, co często prowadzi do występowania mutacji materiału

genetycznego i rozwoju procesów nowotworowych. **Nitrozoaminy są zaliczane do czynników ryzyka takich nowotworów złośliwych jak: rak przełyku, płuc, mózgu, wątroby, nerek, pęcherza moczowego, żołądka, trzustki, jelita grubego, prostaty, jajników oraz piersi.** Zawarte w żywności nitrozwiązki zwiększają też zagrożenie rozwoju białaczek u dzieci. Ponadto omawiane związki charakteryzują się wysoką teratogennością, czyli mogą wpływać na występowanie wad rozwojowych u płodu. Narażenie kobiet ciężarnych na nitrozoaminy może prowadzić do ciężkich uszkodzeń lub obumarcia zarodka w łonie matki w pierwszych tygodniach ciąży (Thresher i wsp., 2020).

Najpowszechniej występującą w pożywieniu nitrozoaminą jest NDMA (nitrozodymetyloamina). W badaniach przeprowadzonych na zwierzętach wykazano, że NDMA powoduje bardzo ciężkie uszkodzenia wątroby, owrzodzenia i krwawienia z jelit oraz działa drażniąco na błony śluzowe i skórę. Wykazano też, że nitrozoaminy działają synergistycznie z toksynami produkowanymi przez grzyby pleśniowe (tzw. mykotoksynami), które występują np. w nieprawidłowo przechowywanej żywności. Łączne narażenie człowieka na nitrozoaminy i mykotoksyny może stanowić poważny czynnik inicjujący procesy rozwoju chorób nowotworowych, w szczególności raka żołądka.

Nitrozoaminy zaliczane są do czynników generujących powstawanie reaktywnych form tlenu lub azotu, czyli wolnych rodników, które przyczyniają się do przyspieszenia procesów starzenia się, rozwoju miażdżycy naczyń krwionośnych oraz rozwoju nowotworów złośliwych. Badania naukowe wykazały, że dostarczanie do organizmu wraz z dietą zalecanej dziennej dawki witaminy E i selenu obniża ryzyko rozwoju chorób nowotworowych powodowanych narażeniem na nitrozoaminy. Wykazano również, że witamina C hamuje proces wytwarzania nitrozamin. Z tego powodu m.in. producenci wędlin dodają witaminę C do wyrobów mięsnych (Afé i wsp., 2021).

Działania profilaktyczne z jednej strony powinny polegać na kontroli zawartości nitrozoamin oraz ich prekursorów w wodzie i żywności, a z drugiej strony powinny obejmować informowanie konsumentów o skutecznych metodach zarządzania ryzykiem zdrowotnym. Działania ochronne obejmują zmniejszanie narażenia poprzez, unikanie potencjalnie najsilniej zanieczyszczonych produktów, np. wody studziennej oraz przetworzonej żywności, zapewnienie społeczeństwu dostępu do bezpiecznej żywności i wody, a także włączenie do diety odpowiedniej ilości witaminy E i pierwiastków o właściwościach antyoksydacyjnych, takich jak: selen, magnez czy wapń.

### **Amoniak – zanieczyszczenie gazowe atmosfery powstające w wyniku produkcji rolniczej**

Do zanieczyszczeń powstających w wyniku działalności rolniczej zalicza się amoniak ( $\text{NH}_3$ ). Ten gaz powstaje głównie w wyniku procesów rozkładu odchodów zwierzęcych, a także przy stosowaniu nawozów mineralnych zawierających azot w formie amonowej lub amidowej. Amoniak jest produktem rozkładu mocznika katalizowanego przez enzymy produkowane przez mikroorganizmy. Wysokie stężenie amoniaku może być odnotowywane wewnątrz budynków inwentarskich dla zwierząt hodowlanych, w miejscach składowania odpadów stałych oraz moczu. Czynnikiem sprzyjającymi emisji  $\text{NH}_3$  w pomieszczeniach gospodarczych są m.in.: niesprawna wentylacja, zwiększona obsada



zwierząt, wysoka temperatura oraz zbyt rzadkie usuwanie odchodów. Wykazano także wpływ wielkości podaży azotu w diecie żywieniowej zwierząt na emisję amoniaku z odchodów. Natomiast przy nawozach mineralnych zawierających azot w formie amonowej lub amidowej duży wpływ na wielkość emisji mają takie uwarunkowania, jak: wilgotność gleb, wilgotność oraz temperatura powietrza atmosferycznego czy dawka zastosowanego nawozu.

Emisja amoniaku z produkcji rolnej wywiera szkodliwy wpływ na stan środowiska, m.in. powoduje eutrofizację wód i zakwasza gleby. Amoniak stanowi również czynnik ryzyka zdrowotnego oraz pogarsza jakość życia ludzi. Ze względu na nieprzyjemny zapach amoniak wywołuje uciążliwości negatywnie wpływające na funkcjonowanie człowieka. **Do skutków zdrowotnych krótkotrwałego narażenia na amoniak zalicza się m.in.: podrażnienia górnych dróg oddechowych, w tym nosa i gardła, obrzęk płuc czy też podrażnienia i uszkodzenia skóry oraz oczu. Natomiast przewlekłe narażenie może skutkować zwiększonym ryzykiem rozwoju astmy oskrzelowej oraz uszkodzeniem płuc.** Warto podkreślić, że negatywne skutki zdrowotne występują u osób pracujących przy obsłudze zwierząt gospodarskich i samych zwierząt.

Amoniak przekształcany w procesach chemicznych i fotochemicznych przyczynia się do powstania aerozoli atmosferycznych wchodzących w skład drobnego pyłu  $PM_{2,5}$ . Zanieczyszczenia powietrza mają zdolność transgranicznego przemieszczania się, dlatego stanowią poważne zagrożenie dla środowiska i zdrowia. Jak wynika z danych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), długotrwała ekspozycja na pył zawieszony może powodować m.in. schorzenia układu krążenia i oddechowego oraz inicjować procesy nowotworowe. Przewlekły charakter chorób wywoływanych przez pył zawieszony obniża znacząco jakość życia obywateli, stanowiąc jednocześnie duże obciążenie ekonomiczne dla systemu ochrony zdrowia. Narażenie na zanieczyszczenia powietrza wiąże się ze zwiększoną umieralnością i skróceniem oczekiwanej długości życia. Problem jest szczególnie poważny w naszym kraju, ponieważ Polska ma najbardziej zanieczyszczone powietrze spośród wszystkich krajów członkowskich Unii Europejskiej.

## Podsumowanie

Związki azotu należą do substancji chemicznych, które są wprowadzane do środowiska podczas nawożenia pól uprawnych, emisji z niezabezpieczonych składowisk odpadów z produkcji rolnej, nieszczelnych szamb itp., stanowiąc zanieczyszczenie środowiska oraz czynnik ryzyka zdrowotnego. Do najważniejszych źródeł narażenia człowieka na azotany zalicza się spożywaną wodę pochodzącą z nieobjętych obowiązkowymi badaniami kontrolnymi studni przydomowych. Woda studzienna może ulegać zanieczyszczeniu azotanami w wyniku spływu powierzchniowego spowodowanego opadami atmosferycznymi oraz roztopami. Źródłem ekspozycji może być również przetworzona żywność, np. produkty peklowane, a także niektóre warzywa z silnie nawożonych upraw. Przewlekłe narażenie człowieka na azotany w wyniku konsumpcji skażonej wody oraz żywności może skutkować rozwojem wielu niebezpiecznych chorób, w tym nowotworów złośliwych oraz methemoglobinemii.

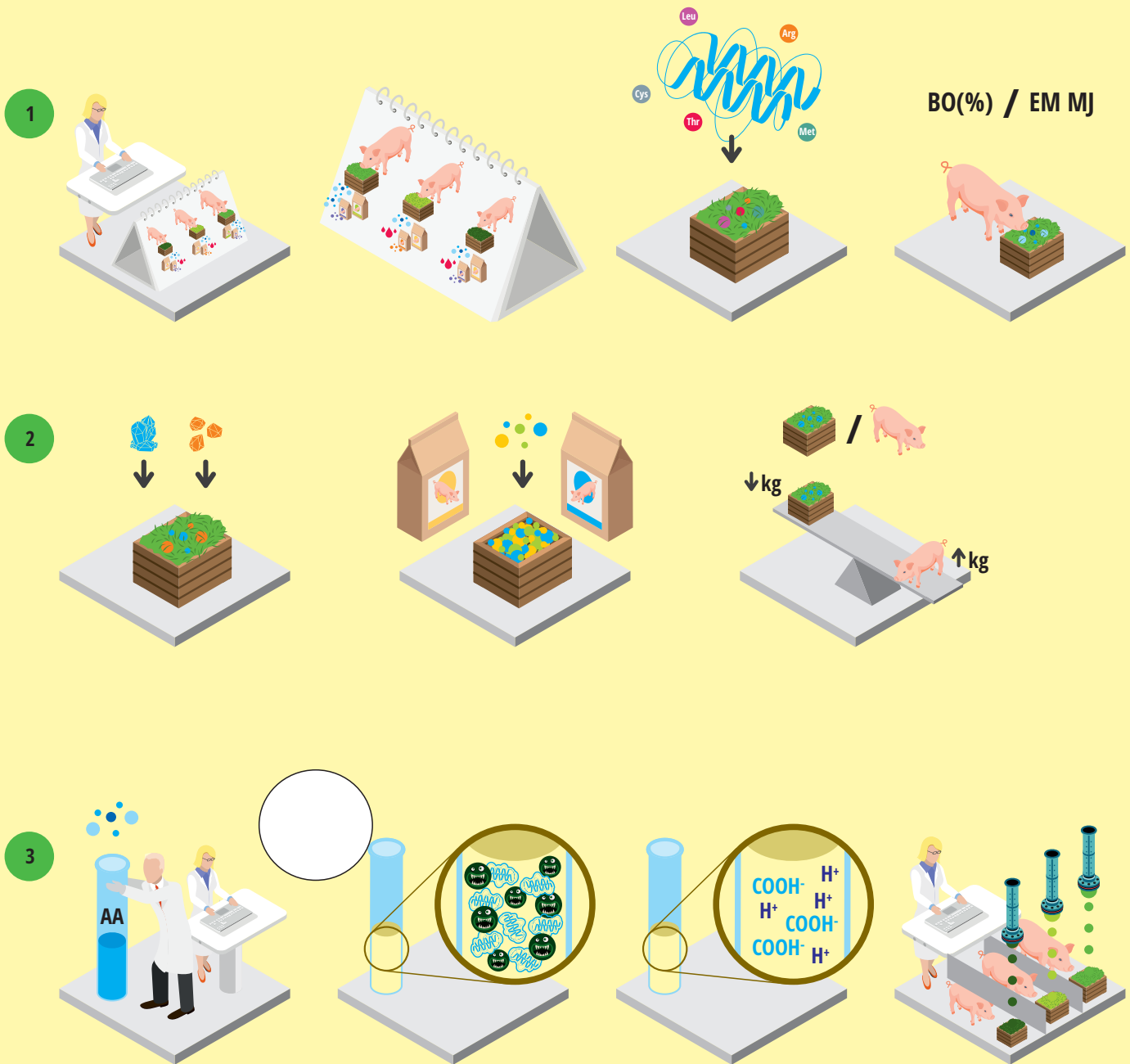
Mieszkańcy obszarów wiejskich są potencjalnie silniej narażeni na azotany w porównaniu z mieszkańcami miast. **Dlatego na terenach wiejskich jest wskazana rozbudowa sieci**

**wodociągowej, kanalizacyjnej, budowa oczyszczalni przydomowych oraz wyposażenie gospodarstw w szczelne zbiorniki na odpady z produkcji rolnej.** Ważne jest prowadzenie cyklicznych badań jakości wody studziennej, ze szczególnym uwzględnieniem pomiarów stężenia związków azotowych. **Niezmiernie ważne jest także wdrażanie przez mieszkańców zasad profilaktyki zdrowotnej w wymiarze indywidualnym.** Obejmuje ona m.in. unikanie konsumpcji żywności potencjalnie najsilniej zanieczyszczonej azotanami oraz wzbogacenie diety o składniki wykazujące właściwości antyoksydacyjne.



Fot. 2.1. Zdjęcie ze szkolenia podnoszącego świadomość dot. zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego zorganizowanego przez FDPA – prezentacja aplikacji doglebowej; fot. Jakub Zieliński

# Żywienie zwierząt gospodarskich z uwzględnieniem mitygacji rozpraszania związków azotu **N**



## 1 Bilansowanie dawek pokarmowych

- Opracowanie i stosowanie schematów żywienia.
- Bilansowanie białka strawnego pod kątem aminokwasów egzogennych.
- Właściwy stosunek białka do energii.

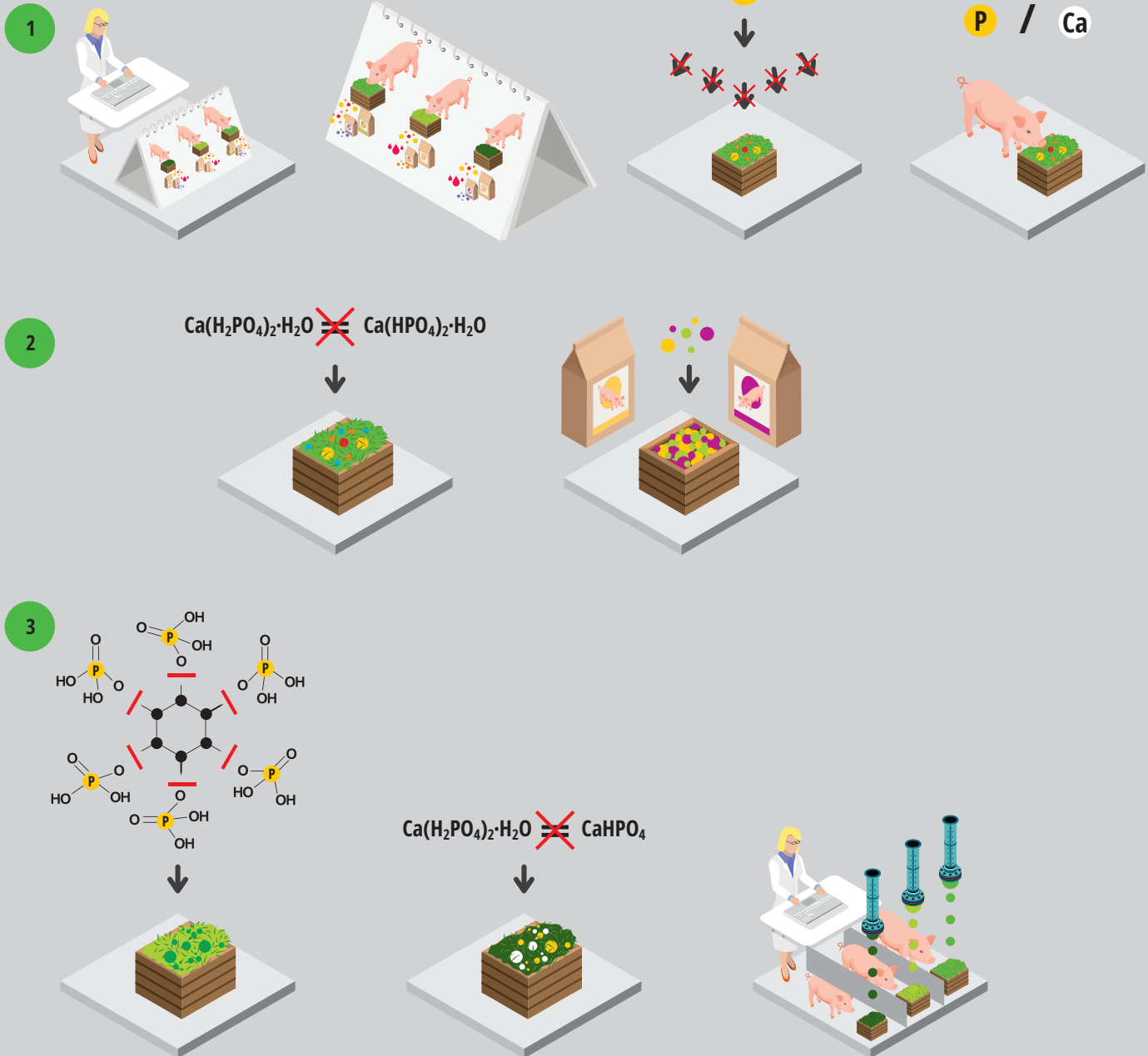
## 2 Wysoka jakość paszy

- Wykorzystanie materiałów paszowych o wysokiej koncentracji i strawności.
- Wykorzystywanie premiksów i koncentratów w paszach gospodarskich.
- Uzyskiwanie jak najniższego współczynnika efektywności wykorzystania paszy (kg paszy/kg przyrostu).

## 3 Pozostałe elementy poprawy strawności białka ogólnego

- Zastosowanie aminokwasów syntetycznych.
- Zastosowanie enzymów proteolitycznych.
- Zastosowanie białka chronionego.
- Zakwaszanie paszy.
- Żywienie wielofazowe.

# Żywienie zwierząt gospodarskich z uwzględnieniem mitygacji rozpraszania związków fosforu **P**



## 1 Bilansowanie dawek pokarmowych

- Opracowanie i stosowanie schematów żywienia.
- Bilansowanie dawek pod kątem fosforu strawnego.
- Właściwy stosunek w dawce fosforu do wapnia.

## 2 Wysoka jakość fosforanów paszowych

- Wykorzystanie materiałów paszowych o wysokiej koncentracji i strawności fosforu.
- Wykorzystywanie premiksów i koncentratów w paszach gospodarskich.

## 3 Pozostałe elementy poprawy strawności fosforu ogólnego

- Zastosowanie dodatku fitazy dla zwierząt monogastrycznych.
- Zastosowanie fosforanów paszowych jednowapniowych.
- Żywienie wielofazowe.

# Bilansowanie potrzeb pokarmowych zwierząt

**prof. dr hab. Marek Pieszka**

Instytut Zootechniki, Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa  
w Balicach k. Krakowa

---

## Wstęp

Znajomość składu i wartości pokarmowej pasz jest niezbędna do bilansowania dawek i diet pokarmowych dla zwierząt gospodarskich oraz ograniczenia rozpraszania N i P do środowiska, a także mitygacji N<sub>2</sub>O jako gazu cieplarnianego. Punktem wyjścia w układaniu dawek pokarmowych dla zwierząt jest znajomość składu chemicznego i wartości pokarmowej poszczególnych pasz. Zależy ona od gatunku i odmiany roślin, fazy wzrostu, warunków środowiskowych (gleba, nawożenie, opady), a także od sposobu i metody konserwacji, obróbki nasion oleistych i ziarna zbóż. Skład chemiczny pasz ulega zmianom wraz z upływem lat, a nowe technologie zbioru, konserwacji i obróbki ziarna skłaniają do poznania składu i wartości pokarmowej pasz nowych lub zmienionych materiałów paszowych. Racjonalne żywienie zwierząt wymaga dopasowania podaży energii i składników pokarmowych do potrzeb zwierząt, gdyż ich nadmiar lub niedobór w paszy pogarsza jej wykorzystanie oraz wpływa na jakość produktów mięsa, jaj czy mleka, a także na rozpraszanie biogenów do środowiska. Szczególną uwagę zwracamy na ilość i jakość białka zawartego w dawce pokarmowej ze względu na: właściwe zbilansowanie dawki pokarmowej, ilość podawanego białka związaną z kosztami żywienia oraz obciążeniem środowiska poprzez wydalany przez zwierzęta azot i jego utylizację.

## Świnie

Podstawą oceny zapotrzebowania świń na energię i białko jest znajomość ich potencjału wzrostowego i zdolności do pobierania paszy. Warunkiem racjonalnego żywienia zwierząt jest pokrycie zapotrzebowania na energię oraz składniki pokarmowe, a więc dostarczenie wszystkich niezbędnych składników w ilości oraz proporcjach odpowiadających ich zapotrzebowaniu. Nadmiar lub niedobór energii bądź nawet jednego ze składników pokarmowych może ograniczyć produktywność, wpływając na zmniejszone wykorzystanie paszy oraz obniżając jakość uzyskiwanych produktów.

Oprócz wiedzy na temat zapotrzebowania zwierząt niezbędna jest również prawidłowa ocena wartości pokarmowej komponentów paszowych. Te ostatnie to materiały pochodzenia roślinnego, zwierzęcego lub mineralnego, które mogą znaleźć zastosowanie w żywieniu zwierząt. Powinny zawierać składniki pokarmowe w postaci przyswajalnej. Zawierają one te same składniki, z których zbudowany jest organizm zwierzęcia, jednak różnią się budową chemiczną oraz występują w innych proporcjach. Warunkiem powodzenia produkcji zwierzęcej jest optymalne pokrycie potrzeb pokarmowych zwierząt, co można osiągnąć, znając ich potrzeby i wartości pokarmowe pasz. Komponenty pasz różnią się między sobą zawartością składników pokarmowych, ich strawnością, koncentracją



energii, jakością białka, jak również zdolnością do zaspokajania potrzeb zwierząt. Skład chemiczny i wartość pokarmowa paszy są ściśle uzależnione od wielu czynników i mogą się zmieniać w bardzo szerokim zakresie (tabela 3.1). Wahania te dotyczą szczególnie pasz pochodzenia roślinnego. W ziarnie jęczmienia zawartość np. białka ogólnego waha się od 8 do 16%, pszenicy – od 9 do 15%, pszenżyta – od 8 do 13%, żyta – od 6 do 10%. Wpływ na to mają m.in.: klimat, gleba, nawożenie, odmiana roślin, faza zbioru itp. Nie bez znaczenia jest również postępowanie po zbiorze, takie jak: suszenie, kiszenie, tłoczenie, przechowywanie itd. Pasze przemysłowe, stanowiące uboczny lub główny produkt procesów technologicznych, są zróżnicowaną grupą, a ich skład chemiczny zależy od składu surowca wyjściowego i technologii przerobu.

Koszty żywienia stanowią nawet 60–70% wszystkich nakładów ponoszonych w produkcji trzody chlewnej. Obecna sytuacja na rynku, charakteryzująca się niespotykanymi wysokimi cenami komponentów paszowych oraz relatywnie niskimi cenami żywca wieprzowego, zmusza producentów mięsa wieprzowego do weryfikacji kosztów oraz szukania oszczędności.

Tabela 3.1. Skład chemiczny i wartość pokarmowa ziarna zbóż

Wyszczególnienie	Jęczmień	Pszenica	Pszenżyto	Żyto	Kukurydza
Energia metaboliczna MJ/kg	13,5–14,3	14,5–15,7	14,3–15,4	12,2–15,4	15,8–16,0
Sucha masa, g	881,4–886,4	886,4–879,7	886,4	881,6	868,4
Białko ogólne, g	126,4–128,5	136,9	128,5	103,4	125,9
Tłuszcz surowe, g	15,9–20,6	18,6	15,9	16,2	46,7
Włókno surowe, g	27,6–53,2	33,8	27,6	23,1	26,1
Popiół, g	20,1–26,7	20,1	20,1	19,4	16,2
Ca, g	2,18	0,8	1,4	0,7	0,6
P, g	3,08	4,1	3,9	3,1	3,8

Źródło: IFZZ, 2020

Najskuteczniejszym sposobem chroniącym środowisko naturalne jest żywienie zwierząt, szczególnie dawkowania w paszy białka i fosforanów, zgodnie z ich zapotrzebowaniem. Jeżeli żywienie zwierząt jest oparte na materiałach paszowych pochodzenia roślinnego, wtedy może nastąpić niedobór niektórych aminokwasów (aminokwasy limitujące), powodujący zatrzymanie syntezy białka zwierzęcego. Dostarczenie zakładanej według norm porcji białka ogólnego poprawi ten stan, ale niewykorzystane aminokwasy zostaną wydalone z organizmu głównie z moczem oraz częściowo z kałem. W tej sytuacji niezwykle praktyczne są aminokwasy syntetyczne (krystaliczne), dodawane do diety, aby uzupełnić i zbilansować poziom białka. Obniżenie poziomu białka ogólnego nie tylko ogranicza ilość wydalonego azotu, ale też obniża pH odchodów oraz redukuje poziom emisji amoniaku nawet do 30%. Ograniczenie poziomu białka w diecie przez żywienie fazowe jest bardzo efektywnym sposobem zmniejszenia ilości wydalonego w odchodach azotu i emisji amoniaku (UNECE, 2015). Tucz dzieli się na kilka okresów, w których udział białka w mieszance jest ściśle zależny od rzeczywistych potrzeb organizmu przy danej masie ciała.

W tabeli 3.2 przedstawiono zapotrzebowanie na energię, białko oraz aminokwasy przez różne grupy technologiczne świń. Przy żywieniu zwierząt i podczas przygotowywania mieszanek paszowych warto pamiętać o tym, że ważna jest nie ilość białka, ale jego jakość, a koniecznie – ilość aminokwasów (szczególnie lizyny) niezbędnych do budowy tkanki mięsnej. Przez ostatnie lata coraz więcej uwagi poświęca się wartości biologicznej białka paszy. Tę wartość determinuje zawartość aminokwasów egzogennych, zwłaszcza lizyny i metioniny, oraz tryptofanu i treoniny. W żywieniu świń zaleca się stosowanie odpowiedniego poziomu białka i lizyny, a w stosunku do zawartości lizyny dostosowuje się ilości pozostałych aminokwasów według tzw. profilu białka idealnego.

Tabela 3.2. Koncentracja energii metabolicznej i białka w 1 kg mieszanki pełnodawkowej z uwzględnieniem standaryzowanej strawności aminokwasów (BSJS) dla różnych grup technologicznych świń

Grupa technologiczna	Składniki		
	Energia metaboliczna (MJ/kg)	Białko ogólne (g/MJ)	BSJS (g)
Prosięta do 10 kg	14,4	14,4	14,4
Warchlaki 10–30 kg	13,6–14,1	13,6–14,1	13,6–14,1
Tuczniki 30–60 kg	13,2	13,2	13,2
Tuczniki 60–90 kg	12,8	12,8	12,8
Tuczniki > 90	12,5	12,5	12,5
Lochy w ciąży (90–105 dz.)	12,0	12,0	12,0
Lochy w laktacji (105 dz.)	12,5	12,5	12,5

BSJS – białko standaryzowane strawne do końca jelita cienkiego

Źródło: IFŻZ, 2020

Organizm zwierzęcia wymaga dostarczania z paszą aminokwasów, szczególnie tych, których sam nie może wytworzyć. Wymaga także zaopatrzenia w grupy aminowe, niezbędne do syntezy aminokwasów wytwarzanych w organizmie. Spośród 22 aminokwasów 9 musi być dostarczanych w paszy. Należą do nich: lizyna, metionina, treonina, tryptofan, fenyloalanina, histydyna, izoleucyna, leucyna oraz walina.

Głównym źródłem aminokwasów, peptydów oraz grup aminowych jest białko pasz. Składniki pasz znacznie się różnią zawartością białka i składem aminokwasowym. Ziarna zbóż charakteryzują się niską zawartością białka, podczas gdy nasiona roślin strączkowych, rośliny oleiste, składniki pasz pochodzenia zwierzęcego, takie jak: plazma krwi, mączka kostna, mięsna lub rybna, są bogate w białko.

Ograniczenie w stosowaniu poekstrakcyjnej śruty sojowej GMO w żywieniu zwierząt zmusza do poszukiwania alternatywnych źródeł białka, w tym aminokwasów syntetycznych. Białko pasz pochodzenia roślinnego, w porównaniu z potrzebami organizmu współczesnych genotypów szybko

rosnących świń, zawiera za mało aminokwasów niezbędnych (egzogennych) w stosunku do sumy pozostałych aminokwasów endogennych. W niedoborze znajdują się najczęściej: lizyna, metionina, treonina i tryptofan.

Lizyna jest pierwszym aminokwasem limitującym wartość biologiczną białka pasz dla świń, gdyż spośród aminokwasów niezbędnych jest jej – w większości pasz – najmniej w stosunku do potrzeb. Zapotrzebowanie świń na poszczególne niezbędne aminokwasy pokrywające potrzeby bytowe (stała odbudowa białek organizmu) lub na odkładanie białka w tkankach organizmu (wzrost zwierząt, rozwój płodu) są wartościami względnie stałymi (IFŻŻ, 2020). Jest to charakteryzowane stałymi proporcjami między poszczególnymi aminokwasami niezbędnymi.

Suma potrzeb bytowych oraz tych, na które konieczne jest odłożenie białka, stanowi o zapotrzebowaniu zwierzęcia na aminokwasy. Potrzeby te zależą od: genotypu, etapu rozwoju i wzrostu, stanu fizjologicznego, środowiska, a także czynników żywieniowych (IFŻŻ, 2020).

Za podstawę bilansowania aminokwasów, jak już wspomniano, przyjęto lizynę. Przyjmując zapotrzebowanie na lizynę za 100 (w jednostkach wagowych), pozostałe egzogenne aminokwasy (metionina z cystyną, treonina i tryptofan) wyraża się w procentach zawartości lizyny. Dodając syntetyczną L-lizynę do paszy, można osiągnąć zgodną z zapotrzebowaniem świń proporcję z następnymi po lizynie aminokwasami ograniczającymi (tabela 3.3).

Tabela 3.3. Zalecane proporcje zawartości aminokwasów do lizyny w 1 kg mieszanki pełnoporcjowej dla tuczników trzody chlewnej

Wyszczególnienie	Prosięta	Warchlaki	Tuczniaki		
Masa ciała (kg)	10–20	21–30	31–60	61–90	>90
Metionina i cystyna	60	60	63	63	63
Treonina	64	64	66	66	66
Tryptofan	20	20	19	19	19
Walina	68	68	68	68	68
Izoleucyna	60	60	56	56	56

Źródło: IFŻŻ, 2020

Właściwe zbilansowanie aminokwasów w dawce pokarmowej z zapotrzebowaniem zwierząt ma bardzo duże znaczenie nie tylko dlatego, że decyduje o wykorzystaniu najdroższego składnika, czyli białka paszy, lecz także dlatego, że nadmiar każdego aminokwasu w stosunku do zapotrzebowania ulega dezaminacji i powoduje zwiększenie ilości azotu wydalanego z moczem. Przy intensywnej produkcji zwierzęcej wzrost ilości wydalanego azotu zwiększa trudności w utylizacji odchodów i może stwarzać zagrożenie dla środowiska. W związku z tym poszukuje się metod umożliwiających dokładniejsze dostosowanie ilości aminokwasów w dawce do zapotrzebowania zwierząt. Jedną z takich metod jest ich normowanie w oparciu o zawartość aminokwasów przyswajalnych, tj. wchłanianych w jelicie cienkim świń. Stwierdzono bowiem, że tylko aminokwasy wchłaniane w tym odcinku

przewodu pokarmowego mogą być wykorzystane przez organizm. Układając dawki pokarmowe dla trzody chlewnej, należy brać pod uwagę skład aminokwasowy białek komponentów pasz i w miarę możliwości tak je dobierać, aby zawartość aminokwasów niezbędnych była zbliżona do zapotrzebowania zwierząt, dla których mieszanka jest przeznaczona. Wszystkie aminokwasy syntetyczne dodane do pasz w normalnie przebiegającym procesie trawienia są wchłaniane całkowicie w jelicie cienkim świnii, są więc w pełni dostępne dla organizmu.

Korzyści płynące z bilansowania aminokwasów w mieszankach dla świń to m.in.:

- dokładne pokrycie zapotrzebowania na aminokwasy,
- możliwość obniżenia poziomu białka ogólnego w mieszance,
- możliwość ograniczenia składników paszy wyłącznie do komponentów pochodzenia roślinnego,
- zmniejszenie emisji azotu do środowiska,
- poprawa mikroklimatu w chlewni,
- zmniejszenie kosztów żywienia.

## Drób

Żywienie drobiu polega na dokładnym pokryciu potrzeb organizmu, to jest dostarczeniu ptakom optymalnej ilości energii i składników pokarmowych z uwzględnieniem kierunku ich użytkowania, wieku oraz intensywności i fazy produkcji. Efektem prawidłowego żywienia powinno być pełne wykorzystanie potencjału genetycznego współczesnych mieszańców kur nieśnych, kurcząt brojlerów i indyków, prowadzące do uzyskania optymalnych, ekonomicznie efektywnych wskaźników produkcyjnych oraz wysokiej jakości mięsa i jaj konsumpcyjnych. Prawidłowe żywienie drobiu wymaga stosowania materiałów paszowych uwzględniających zawartość substancji antyżywniowych. Zapotrzebowanie ptaków na białko powinno być bilansowane na podstawie zawartości aminokwasów niezbędnych, a szczególnie aminokwasów limitujących. Należą do nich przede wszystkim aminokwasy siarkowe: metionina, cystyna i lizyna, a w dalszej kolejności – treonina, tryptofan i arginina.

Uzyskanie wysokiej produktywności wymaga, aby poszczególne aminokwasy były dostarczane w ściśle określonych ilościach i odpowiednich proporcjach z uwzględnieniem kierunku i intensywności użytkowania danej grupy technologicznej drobiu. Jak już wspomniano, nowoczesne żywienie drobiu opiera się na aminokwasach strawnych. Surowce paszowe stosowane w żywieniu drobiu grzebiącego mogą się różnić – niekiedy znacznie – pod względem strawności poszczególnych aminokwasów. Współczynniki strawności tych związków, określane w bezpośrednich testach na ptakach, są obecnie najczęściej stosowanym miernikiem oceny faktycznej wartości pokarmowej białka paszowego. Jest to jeden z głównych elementów precyzyjnego żywienia pozwalający na osiągnięcie wysokich wyników produkcyjnych przy niskim obciążeniu środowiska. Jeżeli zapotrzebowanie ptaka na aminokwasy zostanie zaspokojone przy ilości wyższej niż optymalna, wzrasta udział azotu w aminokwasach endogennych i w związkach niebiałkowych. Azot ten zostanie bezproduktywnie wydalony przez organizm w postaci kałomoczu, dodatkowo obciążając procesami przemiany wątrobę i nerki, co w skrajnych przypadkach doprowadza do schorzeń tych organów.

Podstawowym składnikiem mieszanek dla drobiu jest ziarno zbóż wykazujące niedobór lizyny i, w mniejszym stopniu, aminokwasów siarkowych. Śruty poekstrakcyjne, nasiona roślin strączkowych i drożdże zawierają niewystarczające ilości aminokwasów siarkowych, są natomiast zasobne w lizynę. Niedobór tryptofanu występuje głównie w ziarnie kukurydzy i nasionach strączkowych. Praktyczne dawki pokarmowe dla drobiu najczęściej mogą wykazywać niedobór lizyny i aminokwasów siarkowych, rzadziej – tryptofanu. U kurcząt może wystąpić również niedobór argininy i glicyny. Niedobór poszczególnych aminokwasów w dawce paszowej powoduje zazwyczaj wystąpienie ogólnego niedoboru białka w organizmie. Aby ocenić stopień zapotrzebowania kur niosek na aminokwasy, należy stosować metodę kompleksową, uwzględniającą typ ptaka, jego przeznaczenie, poziom produkcji, skład mieszanki, warunki środowiskowe itp. To pozwala na znacznie lepsze poznanie szeregu czynników oraz ich wzajemnej interakcji w procesie trawienia białka i przyswajania aminokwasów. Aby zaspokoić potrzeby energetyczne drobiu, należy właściwie skomponować dawkę pokarmową. Zawartość energii w materiałach paszowych i mieszankach dla poszczególnych gatunków drobiu jest wyrażana w jednostkach pozornej energii metabolicznej EMN wyrażonej w dżulach (J). Potrzeby energetyczne ptaków zależą od: masy i powierzchni ciała, temperatury otoczenia, stopnia opierzenia, tempa przyrostu masy ciała lub produkcji jaj. Podana w zaleceniach żywieniowych dla poszczególnych gatunków lub kierunków użytkowania ptaków koncentracja energii w MJ (energii metabolicznej) mieszanki wyraża zalecany poziom energii, do którego należy dostosować zawartość wszystkich innych niezbędnych składników pokarmowych, a przede wszystkim niezbędnych aminokwasów. W tabeli 3.4 podano zalecane wartości pokarmowe mieszanek dla kurcząt brojlerów.

Tabela 3.4. Zalecenia żywienia kurcząt brojlerów

Składniki (g/kg)	Okres odchowu (dni życia)				
	1–10	11–24	25–35	36–42	> 42
EM, MJ/kg	12,60	12,95	13,35	13,45	13,45
Lizyna	13,8	12,5	11,3	10,5	10,3
Metionina	5,3	5,1	4,6	4,3	4,2
Metionina i cystyna	10,3	9,5	8,8	8,2	8,0
Treonina	9,2	8,3	7,6	7,2	7,0
Tryptofan	2,2	2,0	1,9	1,9	1,8
Arginina	14,7	13,2	12,1	11,4	11,1
Walina	10,6	9,7	8,8	8,2	8,0
Izoleucyna	9,3	8,5	7,8	7,3	7,1
Leucyna	15,2	13,8	12,3	11,4	11,2
Białko ogólne	220–230	200–220	190–200	180–190	170–180
EM/BO	134	147	164	174	184
Wapń	9,6	8,8	8,0	7,6	7,4
Fosfor przyswajalny	4,7	4,3	3,9	3,7	3,6
Sód	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5



W zależności od typu mieszańców towarowych masa ciała prawidłowo żywionych kurcząt, które mają 39–42 dni, powinna mieścić się w zakresie 2,4–2,8 kg. Produkcja brojlerów o większej masie (3,3–3,5 kg) wiąże się z przedłużeniem okresu odchowu powyżej 42 dni. Aby ograniczyć nadmierne otłuszczenie tuszek, w tym dodatkowym okresie żywienia stosuje się mieszanki o zmniejszonym poziomie energii i białka. Należy mieć na uwadze, że wraz z wiekiem radykalnie zwiększa się zużycie paszy na jednostkę przyrostu masy ciała, co pociąga za sobą wzrost kosztów żywienia, a w ślad za tym wzrost całkowitych kosztów produkcji.

## Przeżuwacze

Wyniki kilkunastoletnich badań, dotyczące trawienia i przemiany energii u przeżuwaczy, spowodowały zasadnicze zmiany w ocenie wartości pokarmowej pasz oraz określania zapotrzebowania na składniki pokarmowe i wprowadzenie do praktyki rolniczej nowych systemów żywienia zwierząt przeżuwających. W Polsce zalecany jest system francuski INRA (franc. Instytut National de la Recherche Agronomique – Narodowy Instytut Badań Rolniczych), ale część hodowców stosuje inne, m.in. system niemiecki DLG (niem. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft – Niemieckie Towarzystwo Rolnicze) czy amerykański – NRC (National Research Council – Wymagania żywieniowe bydła mlecznego).

Wartość energetyczną pasz i zapotrzebowanie zwierząt określa się w jednostkach specyficznych dla danego kraju, uwzględniając kierunek produkcji. Wyraża się je w energii netto, stosując jednostki energetyczne lub jednostki paszowe, albo w jednostkach energetycznych energii metabolicznej, uwzględniając stopień jej wykorzystania na energię netto. Ilość pobranej energii oraz źródła białka mają zasadniczy wpływ na wykorzystanie białka ogólnego strawnego. Każda zmiana dawki powoduje zmiany w przebiegu metabolizmu mikrobiologicznego w żwaczu oraz w procesach trawiennych zachodzących w trawieńcu i w jelitach. Podobnie jak z oceną wartości energetycznej opracowano nowe systemy oceny wartości białka pasz, co pozwoliło na ustalenie zasad bilansowania dawek pokarmowych. Wszystkie te systemy pozwalają na określenie ilości białka trawionego w jelicie cienkim, nieulegającego rozkładowi w żwaczu, i białka mikrobiologicznego. Bilansowanie dawek pokarmowych z uwzględnieniem ilości białka rozkładanego i nierozkładanego w żwaczu (INRA, NRC) w porównaniu z bilansowaniem dawek na białko ogólne (normy tradycyjne) pozwala na zaoszczędzenie białka i mniejsze wydalanie azotu do środowiska. Na podstawie wielu wyników badań przeprowadzonych na buhajkach i jagniętach (Strzetelski i in., 1991; Kamiński i in., 1995), żywionych według różnych systemów normowania energii i białka, wykazano, że normy oparte na nowych zasadach żywienia przeżuwaczy w porównaniu z normami tradycyjnymi pozwalają na bardziej precyzyjne zbilansowanie dawek pokarmowych i przewidywanie efektów produkcyjnych.

### Żywienie krów według systemu INRA

Zgodnie z zasadami tego systemu pełne pokrycie potrzeb energetycznych i białkowych krów mlecznych powinno być zaspokojone w wyniku najwyższego udziału w dawce pokarmowej pasz objętościowych wysokiej jakości i optymalnego udziału pasz treściwych. Krowa mleczna może uzyskać zakładaną wydajność, gdy wartość pokarmowa skarmianych pasz odpowiada wartościom

podanym w dawce pokarmowej. Dotyczy to zwłaszcza pasz objętościowych, których jakość i wartość pokarmowa zależy od wielu czynników, m.in. od: okresu zbioru i fazy wegetacyjnej roślin, długości cięcia, przebiegu pogody w czasie zbioru i sposobu konserwacji i przechowywania. Czynniki te mają bowiem duży wpływ na smak i wartość wypełnieniową paszy objętościowej, a tym samym na jej pobranie przez zwierzęta. Zróżnicowanie między ilością zadawaną paszy i rzeczywiście pobieranej przez krowę paszy objętościowej powoduje zmianę jej proporcji do paszy treściwej w dawce pokarmowej, co wpływa ujemnie na bilans energetyczno-białkowy i procesy trawienne. Należy więc dążyć do tego, żeby skarmiane pasze objętościowe były jak najlepszej jakości, gdyż rzutuje to na zużycie paszy treściwej i koszty produkcji. Podawanie krowom mlecznym wysokich dawek paszy treściwej, gdy skarmiane są pasze objętościowe miernej jakości, nie gwarantuje uzyskania zakładanej produkcji. Zapotrzebowanie krowy na składniki pokarmowe zależy od zmian zachodzących w produkcji mleka w trakcie laktacji. Na początku laktacji wzrost produkcji mleka zależy głównie od możliwości produkcyjnych krowy uwarunkowanych genetycznie. Można go określić na podstawie różnicy między największą produkcją, którą krowa osiąga w szczycie laktacji (5–6 tydzień po wycieleniu) a produkcją początkową. Wzrost dziennej wydajności mleka u krów o umiarkowanej wydajności mleka (25–30 kg/dzień) wynosi 8 kg, natomiast u krów wysokowydajnych (35–50 kg/dzień) 15 i więcej kg/dzień.

Zgodnie z założeniami INRA, przewidywaną produkcję maksymalną (PMp) wylicza się wzorami::

$$\text{pierwiastki} - \text{PMp} = \text{PP} \times 1,6$$

$$\text{wieloródki} - \text{PMp} = \text{PP} \times 1,33$$

W początkowym okresie laktacji, kiedy znacznie zwiększa się wydajność mleka, zdolność pobrania przez krowę paszy jest z przyczyn fizjologicznych niższa o ok. 20–30% niż u krowy w środkowym okresie laktacji. Aby w tym okresie laktacji pokryć niedobór energii, organizm krowy wykorzystuje rezerwy tłuszczowe i traci na masie. Straty masy ciała są tym większe, im większe są jej możliwości produkcyjne. W praktyce przyjmuje się, że w pierwszym okresie laktacji krowa może stracić średnio 20–60 kg masy ciała. Jeżeli ubytki są zbyt duże i później krowa nie będzie mogła odbudować rezerw swojego ciała, to może to ujemnie wpłynąć na wydajność mleczną, zdrowie i rozrodczość. Na prawidłowy przebieg laktacji ma duży wpływ właściwe żywienie jałówek wysokocielnych i krów zasuszonych, począwszy od 3. tygodnia przed wycieleniem. W tym czasie zwierzęta powinny otrzymywać te same pasze objętościowe i treściwe, którymi będą karmione po wycieleniu. Ilość pasz treściwych podawanych jałówkom lub krowom w ostatnim tygodniu przed wycieleniem wynosi 2–3 kg/dzień w zależności od przewidywanej wydajności krowy. Po wycieleniu zwiększa się stopniowo ilość skarmianej paszy treściwej o ok. 2 kg/tydzień, aż do osiągnięcia ilości potrzebnej dla pokrycia zapotrzebowania energetycznego i białkowego na produkcję maksymalną (PM) w szczycie laktacji. Ze względu na ograniczone możliwości krowy do wykorzystania rezerw białkowych dawka pasz treściwych przewidziana dla pierwszego okresu laktacji powinna zawierać odpowiednią ilość pasz wysokobiałkowych (śrutę poekstrakcyjnej rzepakowej i (lub) sojowej). Ogólną ilość paszy treściwej – energetycznej i białkowej, przewidzianą dla szczytu laktacji, oblicza się, uwzględniając dopuszczalne straty masy ciała krowy w początkowym okresie laktacji. Pod uwagę bierze się także przewidywaną

wielkość produkcji maksymalnej (PM) i ograniczoną możliwość pobrania przez krowę paszy objętościowej. Zakłada się, że prawidłowo zbilansowana dawka pokarmowa dla krów będących w pierwszym okresie laktacji musi pokryć 100% zapotrzebowania energetycznego krowy w 12. tygodniu laktacji, natomiast nieznaczny niedobór białka w dawce jest dopuszczalny.

W środkowym okresie laktacji krowa powinna odbudować rezerwy ciała, które zostały wykorzystane w pierwszym okresie laktacji. W tym czasie produkcja mleka obniża się stopniowo, natomiast zdolność pobrania przez krowę paszy jest większa niż ilość mleka. Prawidłowo ułożona dawka pokarmowa dla tego okresu laktacji powinna więc całkowicie pokryć zapotrzebowanie produkcyjne krowy i potrzeby pokarmowe związane z odbudową rezerw ciała. Krowa zaczyna przybierać na wadze, począwszy od 4–5 miesiąca laktacji, kiedy obserwuje się spadek produkcji mleka. Według norm INRA, na 1 kg dziennego przyrostu masy ciała krowy wieloródki stosuje się dodatek 4,5 kg paszy treściwej, u pierwiastki 3,5 kg, o zawartości 1 jednostki pokarmowej. Ułożone według systemu INRA dawki pokarmowe pokrywają niedobory energetyczne i zapobiegają chorobom metabolicznym, które jeszcze często występują w praktyce hodowlanej.

Prawidłowa ułożona dawka pokarmowa powinna zaspokoić zapotrzebowanie krowy na produkcję mleka i zapewnić odbudowę rezerw ciała. Najpierw ustala się dawkę podstawową, tj. największą ilość paszy objętościowej, którą krowa może pobrać w dziennej dawce, oraz ilość zawartych w niej składników pokarmowych. Następnie wylicza się ilość i rodzaj paszy treściwej „produkcyjnej” i „wyrównującej”, potrzebnej do zbilansowania dawki pokarmowej pod względem energii i białka. Wyliczona dawka pokarmowa powinna pokryć zapotrzebowanie bytowe i produkcyjne krowy, zgodnie z zleceniami zawartymi w polskim wydaniu norm żywienia bydła, owiec i kóz (IZ-INRA, 2014).

Zastosowanie systemu IZ-INRA zapewnia właściwe energetyczno-białkowe zbilansowanie dawek pokarmowych dla zwierząt średnio- i wysokomlecznych, a przez to: zminimalizowanie strat składników pokarmowych, tym samym obniżając obciążenie środowiska. Zastosowanie programów komputerowych INRAtion i INWAR usprawnia i przyspiesza układanie dawek pokarmowych oraz ustalenie procentowego udziału komponentów w mieszankach treściwych, w zależności od jakości pasz objętościowych.

Według krajowych nowoczesnych norm żywienia zwierząt przeżuujących IZ-INRA (2014), pokrycie zapotrzebowania na składniki pokarmowe dla rosnącego i opasanego bydła powinno nastąpić w wyniku maksymalnego pobrania paszy objętościowej dobrej jakości i stosunkowo niskiego zużycia paszy treściwej. Dawka pokarmowa powinna być tak zbilansowana, aby energetyczne i białkowe potrzeby zwierzęcia były w pełni pokryte przy zachowaniu w niej optymalnego stosunku paszy treściwej do objętościowej. Im lepszej jakości jest pasza objętościowa, tym więcej zwierzę może jej pobrać i w związku z tym zużyć mniej paszy treściwej do uzyskania zakładanego przyrostu masy ciała. Ilość paszy treściwej w dawce pokarmowej zależy równocześnie od założonego poziomu produkcji (wysokości dziennych przyrostów masy ciała), a także od rasy, płci i masy ciała opasanych zwierząt.

W zależności od poziomu produkcji i wysokości zakładanych dziennych przyrostów masy ciała w normacji żywienia IZ-INRA wyróżniono dwie klasy bydła:

- szybko rosnące zwierzęta, uzyskujące przyrosty masy ciała co najmniej 1000 g/dzień, dla których zapotrzebowanie energetyczne wyrażono w jednostkach pokarmowych produkcji żywca (JPŻ = 1820 kcal energii netto przy produkcji żywca, ENŻ);
- wolno rosnące zwierzęta, uzyskujące przyrost masy ciała poniżej 1000 g/dzień, dla których zapotrzebowanie energetyczne wyrażono w jednostkach pokarmowych produkcji mleka (JPM = 1700 kcal energii netto produkcji mleka, ENI).

Zapotrzebowanie na białko trawione w jelicie cienkim (BTJ) obejmuje potrzeby bytowe i produkcyjne zwierząt. Zapotrzebowanie bytowe ustalono na podstawie bilansu (3,25 g BTJ/kg metabolicznej masy ciała, tj. MC 0,75), a zapotrzebowanie produkcyjne – na podstawie ilości zatrzymanego w organizmie zwierzęcia białka ogólnego (g/dzień), stosując odpowiednie równania empiryczne i współczynnik wykorzystania BTJ na wzrost. Zdolność pobrania paszy (ZPP) dla różnych kategorii bydła (w zależności od rasy i płci) obliczono w jednostkach wypełnieniowych bydłecych (JWB).

Ustalając dawki pokarmowe dla młodego bydła opasowego, bierze się pod uwagę energetyczno-białkowe zapotrzebowanie zwierząt, zależnie od masy ciała i zakładanych dziennych przyrostów masy ciała. Dawki pokarmowe zmienia się w określonych przedziałach masy ciała, zwykle co ok. 50–60 kg. W praktyce rolniczej pasze objętościowe soczyste skarmia się zazwyczaj do woli, a niedobór białka, energii i składników mineralnych uzupełnia się paszą treściwą i mieszankami mineralnymi. W żywieniu późno dojrzewającego i wolno rosnącego bydła, uzyskującego przyrosty masy ciała poniżej 1000 g/dzień, pasza objętościowa dobrej jakości może być wyłączna. Natomiast przy opasaniu bydła wcześnie dojrzewającego i szybko rosnącego, uzyskującego przyrosty powyżej 1000 g/dzień, konieczne jest dodatkowe skarmianie pasz treściwych zbożowych i wysokobiałkowych.

Najczęściej jednak w opasie młodego bydła rzeźnego stosuje się mieszane dawki pokarmowe (objętościowo-treściwe), gdyż pasza treściwa determinuje gęstość energetyczną dawki (GED), co ma zasadniczy wpływ na wielkość dziennych przyrostów masy ciała. Deficyt składników pokarmowych, wynikający z różnicy między zapotrzebowaniem na energię i białko a ilością tych składników dostarczoną tylko z paszą objętościową, uzupełniamy poprzez odpowiedni dodatek energetycznej i wysokobiałkowej paszy treściwej (np. śruty jęczmiennej lub kukurydzianej i poekstrakcyjnych śrut: rzepakowej lub sojowej, makuchu rzepakowego lub śrut z nasion roślin strączkowych). W gospodarstwach wielkoobszarowych o wysokiej skali produkcji opasanie młodego bydła rzeźnego można również prowadzić w oparciu o dawki pełnoskładnikowe (TMR), skarmiane do woli. W tym systemie opasania następuje niejako samoregulacja pobrania paszy przez zwierzęta, co powoduje większe pobranie suchej masy, a tym samym i składników pokarmowych. Aby jednak zapewnić ich najwyższe wykorzystanie przez mikroorganizmy żwacza oraz w przemianach tkankowych zwierzęcia, dawki TMR należy tak bilansować, aby zawierały białko i węglowodany o podobnym tempie rozkładu w żwaczu.

Prawidłowo zbilansowane dawki pokarmowe powinny pokryć zapotrzebowanie opasanych zwierząt na energię (JPŻ lub JPZ), białko (BTJ) i składniki mineralne oraz zapewnić pobranie suchej masy zgodnie z ich zdolnością pobrania paszy (ZPP). Przy skarmianiu kiszonki z przewędniętych traw średniej jakości zachodzi potrzeba wprowadzenia do dawek pokarmowych więcej pasz zbożowych niż przy skarmianiu kiszonki z całych roślin kukurydzy lub kiszonki z całych roślin zbożowych (GPS).

Dawki pokarmowe dla buhajków ras mięsnych późno dojrzewających, odznaczających się większą predyspozycją do odkładania białka niż buhajki ras mlecznych (np. rasy polskiej holsztyńsko-fryzyskiej odmiany czarno-białej lub czerwono-białej), powinny być bogatsze w pasze wysoko-białkowe.

Mieszanki treściwe przeznaczone dla opasanego bydła powinny zawierać w 1 kg suchej masy: 160–180 g białka ogólnego (BO), 110–120 g białka trawionego w jelicie (BTJ), 1,0–1,1 jednostek pokarmowych (JPŻ lub JPM) oraz 5–6 g P i 9–10 g Ca. W skład mieszanek mogą wchodzić: śruty i otręby zbożowe, poekstrakcyjne śruty (np. rzepakowa i sojowa), makuchy z nasion roślin oleistych oraz wysłodki buraczane suche. Mieszanki treściwe powinny zawierać 2–2,5% mieszanki mineralnej z udziałem makro- (Ca, P, Mg, Na) i mikroelementów (Cu, Zn, Mn, J, Se, Co) oraz witamin (głównie A i D).

## Bilansowanie fosforu u zwierząt gospodarskich

Fosfor pełni w organizmie różne ważne funkcje fizjologiczne. W roślinach magazynowany jest głównie w formie fityn. Fityniany to organiczne związki fosforu występujące powszechnie w świecie roślin, szczególnie obficie w nasionach zbóż i roślin oleistych. Pierwiastek ten, zawarty w materiałach paszowych jest mało dostępny dla zwierząt, zwłaszcza monogastrycznych, dlatego mieszanki paszowe muszą być o niego uzupełniane. Może on pochodzić z pasz zwierzęcych, mineralnych lub roślinnych. Podstawę żywienia zwierząt hodowlanych stanowią pasze roślinne o zróżnicowanej wartości pokarmowej, w tym zawartości i dostępności fosforu. Odpowiednie zbilansowanie dawki pod względem jego zawartości jest bardzo ważne, gdyż jego niedobór obniża produktywność zwierząt, a nadmiar zwiększa jej koszt i obciążenie środowiska. Jest on wówczas wydalany z kałem i stanowi zagrożenie dla środowiska naturalnego, zwłaszcza dla otwartych zbiorników wodnych i wód gruntowych (Jongbloed i in., 2000). Ponieważ przeżuwacze mają żwacz, to na stopień trawienia związków fosforowych oraz wchłanianie tego pierwiastka wpływa wiele czynników, m.in.: rodzaj pasz, gatunek i rasa zwierząt, pH treści jelita, zawartość witamin i probiotyków, stosowanie stymulatorów wzrostu, kwasów organicznych i czynników antyodżywczych, oddziaływanie hormonów: parathormonu i kalcytoniny, stosunek Ca:P i innych składników mineralnych.

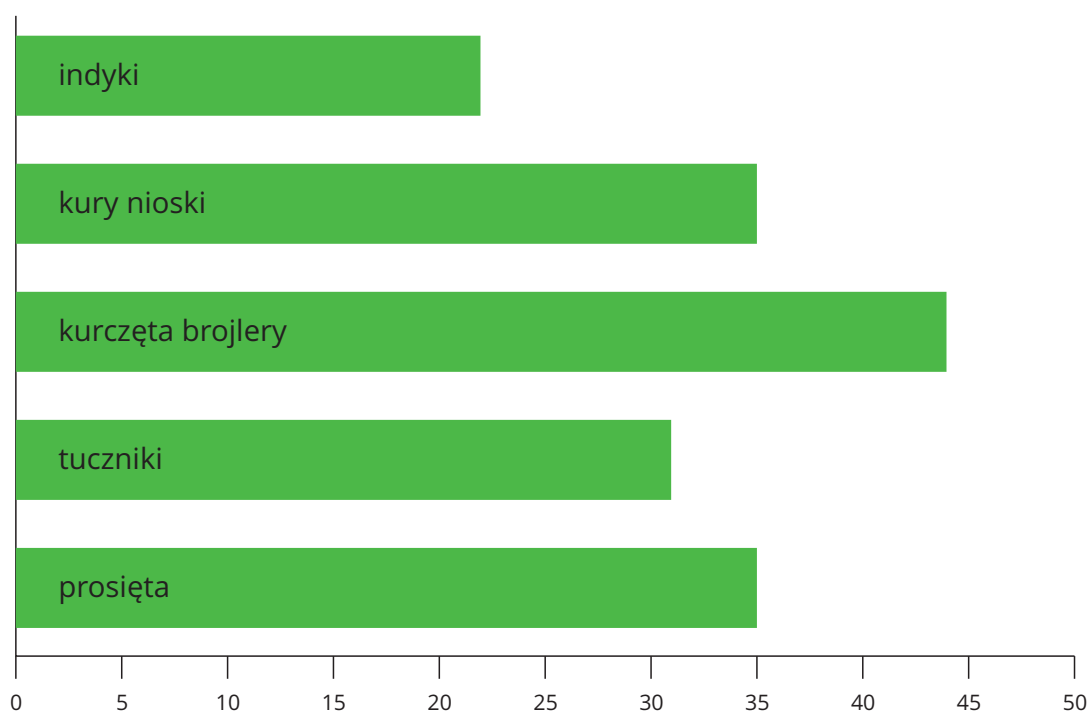
U drobiu wykorzystanie fosforu fitynowego jest niskie i w zależności od genotypu i wieku ptaków oraz składu paszy wynosi 0–50%. W paszach roślinnych znajduje się enzym fitaza, który szczególnie podczas kiełkowania powoduje uwalnianie i udostępnianie części fosforu występującego w formie fityn. Mieszanki paszowe, pomimo że zawierają znaczące ilości fosforu ogólnego, muszą być uzupełniane nieorganicznymi fosforanami paszowymi. Dotyczy to zwłaszcza kurcząt brojlerów, które z powodu szybkiego wzrostu charakteryzują się dużym zapotrzebowaniem na ten makroelement. Znaczny udział fosforanów paszowych w mieszance podnosi jej koszty oraz zwiększa wydalanie fosforu do środowiska. Zastosowanie mikrobiologicznej fitazy, enzymu rozkładającego połączenia fitynowe, poprawia wykorzystanie fosforu zawartego w surowcach roślinnych mieszanki paszowej (Matsui, 2002). Dzięki dodatkowi fitazy użycie diety o obniżonej o 50% zawartości fosforanu paszowego pozwoli na wyraźne obniżenie kosztów produkcji żywca drobiowego.



Podobnie u świń podstawę żywienia stanowią pasze roślinne o zróżnicowanej zasobności i dostępności fosforu (w granicach 3–12 g/kg suchej masy paszy). Występuje on w nich jednocześnie w dwóch formach: fitynowej (nieprzyswajalnej) i niefitynowej (przyswajalnej). Najpowszechniej fityniany występują w ziarnach zbóż (55–77%), nasionach roślin oleistych i strączkowych. Zwierzęta monogastryczne (trzoda chlewna oraz drób), nie mając odpowiedniej flory bakteryjnej, nie są w stanie same wytwarzać fitazy, tym samym fosfor związany w postaci związków fitynowych jest dla nich niedostępny. Uzupełnienie paszy dla trzody chlewnej syntetyczną fitazą zmniejsza potrzebę dodawania mineralnego fosforanu. Enzym ten zwiększa dostępność fosforu w paszy i umożliwia zmniejszenie całkowitej zawartości fosforu bez wpływu na wydajność. Po zastosowaniu dodatku fitazy zawartość fosforu w paszy dla trzody chlewnej może zostać zmniejszona o 30%. Dodatek do mieszanki paszowej fitazy w ilości 250–1000 FTU/kg (FTU/kg – jednostka aktywnej fitazy; 1 FTU odpowiada ilości enzymu uwalniającej 1 mikromol nieorganicznego fosforanu z fitynianu sodowego w ciągu minuty) zwiększa strawność fosforu od 30 do 50%. Tak więc w wyniku stosowania egzogennej (tj. mikrobiologicznej) fitazy w żywieniu trzody chlewnej nieprzyswajalny fosfor z pasz pochodzenia roślinnego zostaje w znacznym stopniu wykorzystany przez zwierzęta, co przyczynia się do nieznacznego uzupełniania pasz fosforem pochodzenia mineralnego lub nawet do całkowitego jego wyeliminowania. Takie postępowanie może znacznie zmniejszyć ilość fosforu w odchodach, a tym samym ograniczyć zanieczyszczenie wód powierzchniowych tym składnikiem. Dodatek fitazy do niskobiałkowej diety zwiększa retencję białka o ok. 17%, a jednocześnie zmniejsza wydalanie azotu do środowiska o 22%. Żywienie na mokro i kontrolowana fermentacja pasz w żywieniu trzody chlewnej na mokro sprawiają, że zwierzęta lepiej wykorzystują pasze, w wyniku czego w ich organizmie zatrzymywane jest więcej azotu. To sprzyja zmniejszeniu wydalania tego składnika. Zwilżanie paszy dla świń na krótko przed karmieniem powoduje ponadto aktywację fitazy endogennej, czyli jelitowej (fitaza endogenna jest enzymem, który zwiększa dostępność fosforu związanego w zbożach), zawartej w ziarnie zbóż, tym samym zmniejsza lub nawet eliminuje konieczność uzupełniania fosforu mineralnego. Oznacza to, że w systemach produkcji trzody chlewnej opartych na paszach zwilżonych można stosować racje żywieniowe z mniejszą zawartością fosforu, niż zwykle się zaleca. Stwierdzono, że moczenie śrut zbożowych przez 2,5 godz. przed karmieniem powoduje, że organizm zwierząt wydalą wraz z kałem i moczem od kilku do kilkunastu procent fosforu mniej, niż gdy podawana jest pasza sucha. Fermentacja paszy także może ograniczać potrzebę uzupełniania fosforanem mineralnym.

U krów mlecznych niedobór fosforu powoduje obniżenie tego pierwiastka w kośćcu, osłabienie i chudnięcie, zaburzenia w rozrodzie oraz obniżenie wydajności mlecznej. Zwierzętom szkodzi również nadmiar fosforu. Zwiększenie zawartości fosforu z 0,3 do 0,4% w suchej masie dawki może spowodować wzrost liczby przypadków zalegania krów z powodu niedoboru wapnia. Wapń i fosfor zawsze ze sobą współzawodniczą. Jeżeli krowa zjada za dużo fosforu, to witamina D3 nie przekształca się w nerkach w aktywną witaminę, co zmniejsza wchłanianie wapnia w jelitach i może wywoływać porażenie poporodowe. Zapotrzebowanie krowy mlecznej na fosfor wynosi 23 mg/kg masy ciała, czyli dla krowy 700 kg = 14 g + 0,9 g fosforu na produkcję 1 kg mleka. Dzielne zapotrzebowanie krowy zasuszonej wynosi 24 g/dzień. Pod koniec ciąży intensywnie rosnący płód pobiera ok. 10 g P/dzień. W okresie okołoporodowym obserwuje się czasami za niski poziom fosforu w surowicy krwi powodowany zbyt małym pobraniem tego pierwiastka z paszy lub nadmiernym wydalaniem z moczem.

Przy wystąpieniu hipofosfatemii (niedoborze fosforu) obserwuje się zjawisko zalegania krów objawiające się tym, że nie mogą one wstać, przy czym zachowują apetyt i świadomość. Krowy pobierają paszę na leżąco i wyglądają tak, jakby nic złego się z nimi nie działo, tylko nie wstają. Szacuje się, że krów z niedoborami fosforu jest ok. 30%. Fosfor jest szczególnie ważnym elementem pasz dla krów mlecznych, ponieważ większość pasz objętościowych zawiera go zbyt mało. Pod względem zawartości jest drugim po wapniu składnikiem kośćca, a jego niedobór powoduje zahamowanie wzrostu, zmniejszenie wydajności i pogorszenie płodności zwierząt. Dobrym źródłem fosforu są dodatki białkowe, m.in.: mączki rybne, których przyswajalność fosforu wynosi 85%, drożdże – 86%, śruty poekstrakcyjne: rzepakowa i sojowa – zaledwie 25 i 22%. W mieszankach paszowych stosowane są formy mineralne, tj. fosforan jednowapniowy (w 88–90% przyswajalny), dwuwapniowy (w 75–77% przyswajalny) i trójwapniowy (w 72–75% przyswajalny).



Wykres 3.1. Zmniejszenie ilości wydalanego przez zwierzęta fosforu dzięki zastosowaniu dodatku fitazy do paszy (%)

# Bilansowanie potrzeb pokarmowych roślin

**dr Tamara Jadczyzyn**

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

## Potrzeby pokarmowe roślin

Wszystkie organizmy żywe dla swojego wzrostu i rozwoju potrzebują określonych ilości różnych składników pokarmowych. Za niezbędne dla roślin wyższych uważa się makroelementy: węgiel, wodór, tlen, azot, fosfor, potas, siarkę, wapń i magnez, oraz mikroelementy: żelazo, mangan, cynk, miedź, bor, molibden, chlor, nikiel. Pierwiastki określane jako makroelementy są pobierane w dużych ilościach, tj. kilkunastu lub kilkudziesięciu, a nawet kilkuset kilogramów przez rośliny rosnące na powierzchni 1 ha. Natomiast w znacznie mniejszych ilościach pobierane są mikroelementy. Dostępność odpowiedniej ilości wszystkich składników pokarmowych jest warunkiem uzyskania wysokich plonów o dobrej jakości. Węgiel, wodór i tlen są makroelementami, które rośliny asymilują z powietrza i wody, a więc w tym zakresie rośliny są samowystarczalne (o ile nie występują niedobory wody). Ilości wapnia niezbędne dla roślin są dostępne w glebach w dostatecznej ilości. Stosowanie nawozów wapniowych (zawierających wapń rozpuszczony w wodzie) ma poprawić jakość płodów rolnych i znajduje zastosowanie w ogrodnictwie. Czym innym jest natomiast stosowanie wapna nawozowego, które ma odkwasić glebę. Pozostałe składniki pokarmowe są pobierane w dużych ilościach przez rośliny wysokoplonujące. Najczęściej zasoby glebowe tych pierwiastków nie są wystarczające. Dlatego konieczne jest dostarczenie odpowiedniej ilości składników w nawozach i innych produktach nawozowych.

**Jako potrzeby pokarmowe roślin uprawnych określa się ilość poszczególnych składników, którą musi pobrać roślina, aby wydać określonej wielkości plon.** Do wyznaczenia potrzeb pokarmowych są niezbędne dane o zawartości pierwiastków w produktach roślinnych. Takie informacje można uzyskać na podstawie analizy chemicznej materiału roślinnego. Dla potrzeb doradztwa nawozowego opracowano standardowe wartości pobrania składników pokarmowych przez różne gatunki roślin uprawnych. Wyznaczono je na podstawie wyników analiz dużej liczby próbek roślinnych pochodzących najczęściej z różnego rodzaju eksperymentów polowych i z pól produkcyjnych. Podane w tabeli 3.5 wartości oznaczają ilość składnika pobieranego przez roślinę, aby wytworzyć 1 t plonu głównego, z odpowiednią ilością produktu ubocznego (słoma, liście), z uwzględnieniem stosunku masy plonu głównego i ubocznego charakterystycznego dla danego gatunku rośliny. Dla ułatwienia dalszych obliczeń ilości fosforu i potasu podano w formie tlenkowej.

Potrzeby pokarmowe rośliny na dowolnym polu, dla którego sporządza się bilans składników, to zatem całkowita ilość składnika pokarmowego pobranego z plonem, którą oblicza się jako iloczyn plonu i odpowiedniej wartości z tabeli 3.5.

Tabela 3.5. Pobranie składników przez plon główny oraz plon uboczny (kg/t)

Gatunek rośliny	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Pszenica	27,0	10,00	15,0
Pszennyto	27,0	10,00	14,0
Jęczmień browarny	21,0	8,50	20,0
Jęczmień jary pastewny	24,0	8,50	20,0
Żyto	24,0	9,00	20,0
Żyto, z.m. (zielona masa) na paszę	4,1	1,40	5,3
Owies	22,2	9,00	12,0
Owies, z.m. na paszę	4,0	1,20	5,0
Mieszanki zbożowe na ziarno	27,0	8,50	10,0
Mieszanki zbożowo-strączkowe na ziarno	15,0	10,00	8,0
Mieszanki zbożowo-strączkowe, z.m.	1,5	1,20	3,8
Kukurydza na ziarno	26,0	10,00	23,2
Kukurydza, z.m.	2,4	1,30	3,0
Gryka	41,7	15,00	30,0
Rzepak, nasiona	50,0	20,00	40,0
Burak cukrowy	3,5	1,60	6,5
Burak pastewny	2,5	1,40	6,2
Ziemniak późny	4,2	2,00	6,0
Ziemniak wczesny	3,3	2,00	5,0
Inne korzeniowe (okopowe)	2,5	1,15	5,4
Lucerna, z.m.	0,0	1,10	3,0
Lucerna z trawami, z.m.	5,2	1,60	5,9
Koniczyna, z.m.	0,0	0,70	5,1
Koniczyna z trawami, z.m.	3,0	1,15	5,6
Mieszanki bobowate z trawami, z.m.	3,0	1,80	5,6
Trawa w uprawie polowej, z.m.	5,1	1,40	5,9

Źródło: opracowanie własne na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. 2020 poz. 243); wyniki badań IUNG-PIB

## Źródła składników pokarmowych dla roślin

Głównym źródłem składników pokarmowych dla roślin jest gleba. Składa się ona z fazy stałej, płynnej i gazowej. Największe zasoby pierwiastków są skumulowane w fazie stałej, z której jednak mogą stopniowo, w wyniku procesów fizykochemicznych i mikrobiologicznych, przechodzić do fazy płynnej, czyli do roztworu glebowego. Z roztworu glebowego są wraz z wodą pobierane przez rośliny poprzez ich system korzeniowy. **Zawartość składników mineralnych w glebie określa się metodami analizy chemicznej próbki pobranej z pola.** W agrochemicznej obsłudze rolnictwa w naszym kraju stosuje się takie metody analizy, które pozwalają oznaczyć zawartość

przyswajalnych dla roślin form składników. Za takie uważa się ich ilość w roztworze glebowym oraz część składnika związanego z frakcją stałą gleby, ale łatwo przechodzącą do roztworu glebowego. Dla azotu oznacza się łatwo przyswajalne przez rośliny formy składnika, tj. azotanową i amonową. Wyniki analiz stosuje się do oceny zasobów glebowych za pomocą tzw. liczb granicznych (tabele 3.6, 3.7, 3.8, 3.9). W ocenie zasobów potasu i magnezu jest uwzględniana także kategoria agronomiczna gleby z uwagi na zróżnicowaną zdolność sorpcyjną gleb o różnym składzie granulometrycznym.

Tabela 3.6. Liczby graniczne do oceny zawartości fosforu w glebach mineralnych oznaczonego metodą Egnera-Riehma

Ocena zawartości	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> w mg/100 g gleby	P w mg/100 g gleby
Bardzo niska	do 5,0	do 2,2
Niska	5,1–10,0	2,3–4,4
Średnia	10,1–15,0	4,5–6,6
Wysoka	15,1–20,0	6,7–8,8
Bardzo wysoka	od 20,1	> 8,9

Źródło: IUNG,1990

Tabela 3.7. Liczby graniczne do oceny zawartości potasu w glebach mineralnych oznaczonego metodą Egnera-Riehma

Ocena zawartości	Kategoria gleby			
	bardzo lekkie	lekkie	średnie	ciężkie
	zawartość K <sub>2</sub> O w mg/100 g gleby			
Bardzo niska	do 2,5	do 5,0	do 7,5	do 10
Niska	2,5–7,5	5,1–10,0	7,6–12,5	10,1–15,0
Średnia	7,6–12,5	10,1–15,0	12,6–20,0	15,1–25,0
Wysoka	12,6–17,5	15,1–20,0	20,1–25,0	25,1–30,0
Bardzo wysoka	od 17,6	od 20,1	od 25,1	od 30,1

Źródło: IUNG,1990



Tabela 3.8. Liczby graniczne do oceny zawartości magnezu w glebach mineralnych oznaczonego metodą Schachtschabela

Ocena zawartości	Kategoria gleby			
	bardzo lekkie	lekkie	średnie	ciężkie
	zawartość Mg w mg/100 g gleby			
Bardzo niska	1,0	do 2,0	do 3,0	do 47,0
Niska	1,1 – 2,0	2,1 – 3,0	3,1 – 5,0	4,1 – 6,0
Średnia	2,1 – 4,0	3,1 – 5,0	5,1 – 7,0	6,1 – 10,0
Wysoka	4,1 – 6,0	5,1 – 7,0	7,1 – 9,0	10,1 – 14,0
Bardzo wysoka	od 6,1	od 7,1	od 9,1	od 14,1

Źródło: IUNG, 1990

Tabela 3.9. Liczby graniczne do oceny zawartości azotu mineralnego w glebach w warstwie 0–60 cm wiosną

Ocena zawartości	Kategoria gleby			
	bardzo lekkie	lekkie	średnie	ciężkie
	zawartość N <sub>min</sub> w kg/ha			
Bardzo niska	do 30	do 38	do 42	do 43
Niska	31–41	39–51	43–57	44–59
Średnia	42–55	52–67	58–74	60–77
Wysoka	56–78	68–94	75–103	78–106
Bardzo wysoka	od 79	od 95	od 104	od 107

Źródło: Fotyma i in., 2010

**Za optymalną ze względów produkcyjnych i środowiskowych jest uważa się średnią zawartość składników w glebie.** Dlatego system doradztwa nawozowego w Polsce został skonstruowany w taki sposób, aby nawożenie pokrywało zapotrzebowanie roślin na składniki pokarmowe i zapewniało utrzymanie ich zawartości w glebie na poziomie średnim. Zatem na glebach o średniej zawartości danego składnika jego wnoszenie w nawozach powinno rekompensować wynoszenie z plonami. Na glebach o niskiej lub bardzo niskiej zawartości zaleca się zastosowanie większych dawek nawozów, aby zwiększyć zasoby glebowe. Natomiast na glebach o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości składnika nawożenie powinno być ograniczone, aby zasoby glebowe uległy stopniowo zmniejszeniu na skutek pobrania przez rośliny większych ilości składnika z tego źródła.

**Zgodnie z zasadami gospodarki zasobooszczędnej stosowanie nawozów mineralnych, których produkcja wiąże się z wykorzystaniem nieodnawialnych zasobów surowców, powinno być ograniczone do niezbędnego minimum.** Dlatego zakłada się w pierwszej kolejności wykorzystanie wszystkich innych źródeł składników pokarmowych dostępnych dla roślin na danym polu i uzupełnienie niedoborów nawozami mineralnymi. Takimi źródłami składników mogą być nawozy naturalne, komposty oraz różnego rodzaju odpady czy produkty uboczne pochodzące z rolnictwa lub innych gałęzi gospodarki.

## Nawozy naturalne

Należą do nich: obornik, gnojowica, gnojówka oraz pomiot drobiowy w postaci nieprzetworzonej, przeznaczone do bezpośredniego wykorzystania w rolnictwie. Zawartość składników w tych nawozach jest zmienna i zależy przede wszystkim od gatunku zwierząt, sposobu ich utrzymania i żywienia, ale także od sposobu przechowywania, pory roku i in. Precyzyjne określenie składu chemicznego danego nawozu byłoby możliwe w oparciu o analizę chemiczną próbki. Niestety pobór reprezentatywnej próbki obornika czy gnojowicy jest bardzo problematyczny. Dlatego dla potrzeb praktyki rolniczej opracowano standardową zawartość składników mineralnych w tych nawozach. W tabeli 3.10 przedstawiono standardową zawartość azotu opublikowaną w tzw. programie azotanowym (Dz.U. 2020 poz. 243), a zawartość fosforu i potasu określono zgodnie z modelem SFOM opracowanym w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (Jadczyzyn i in., 2000).

Tabela 3.10. Zawartość składników biogenicznych w wybranych nawozach (kg/t) naturalnych

Gatunek zwierząt i grupa użytkowa	Obornik z głębokiej ściółki			Obornik z płytkiej ściółki			Gnojówka z płytkiej ściółki			Gnojowica pomiot		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Buhaje	3,1	2,1	4,4	3,3	2,7	3	3,4	0,2	3,1	3,5	1,1	3,5
Krowy mleczne > 6 tys. l	2,6	2,6	3,8	2,8	2,4	5,5	2,7	0,2	4,2	3,4	2,1	3
Krowy mleczne 6–8 tys. l	3,1	2,6	3,8	3,3	2,4	5,5	3,2	0,2	4,2	4	1,6	3
Krowy mleczne >8 tys. l	3,7	2,6	3,8	4	2,4	5,5	3,8	0,2	4,2	4,5	1,6	3
Jałówki cielne	3	2,3	3,7	3,2	2,3	3,1	3,1	0,1	3,2	3,4	1,4	3,5
Jałówki powyżej 1. roku	2,8	2,5	4,6	2,8	2,8	3,1	2,7	0,2	3	2,9	1,4	3,9
Jałówki 6–12 mies.	3,4	2,2	4,6	3,5	2,4	3,1	3,7	0,2	3,1	4,7	1,2	4,5
Cielęta do 6. miesiąca	3,8	2,1	3,5	2,8	1,3	3,2	3,2	0,1	1,6	3,2	1,7	4,1
Bydło opasowe 6–12 mies.	2,6	2,1	4,4	3,1	2,3	3	3,4	0,2	2,2	4,5	1	2,8

Gatunek zwierząt i grupa użytkowa	Obornik z głębokiej ściółki			Obornik z płytkiej ściółki			Gnojówka z płytkiej ściółki			Gnojowica pomiot		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Bydło opasowe >12 mies.	3	2,1	4,4	2,7	2,7	3	2,9	0,2	3,1	3,2	1,1	3,5
Knury	3,1	3,2	4,6	3,1	3,9	4,2	3,3	0,6	2,3	3,6	3,2	2,9
Lochy	3,9	3,2	4,6	4	3,9	4,2	4,2	0,6	2,3	4,3	3,2	2,9
Warchlaki 2-4 mies.	2,4	3,3	5,6	1,9	3,5	4,7	0,8	0,3	2,3	2,8	1,4	1,4
Prosięta do 2 miesięcy	1,8	3,3	5,6	0,9	3,5	4,7	0,4	0,3	2,3	2	1,4	1,4
Tuczniki	4,2	3,6	5,0	4,4	4,4	4,3	4,6	0,3	2,4	4,6	2,4	1,9
Ogiery	5	3,6	2,0	1,7	1,2	0,7	1,9	1,4	0,8			
Klaczki, wałachy	5,2	3,6	2,0	1,9	1,3	0,7	2,1	1,5	0,8			
Żrebaki powyżej 2 lat	4,2	2,9	1,6	1,5	1,0	0,6	1,8	1,3	0,7			
Żrebaki 1-2 lata	3,2	2,3	1,3	1,4	0,4	0,6	1,3	0,9	0,5			
Żrebaki 6-12 mies.	2,7	1,9	1,1	1,3	0,9	0,5	0,9	0,7	0,4			
Żrebięta do 6. mies.	0,15	0,1	0,1	0,8	0,5	0,3	0,5	0,4	0,2			
Tryki powyżej 1,5 roku	6,7	2,3	4									
Owce powyżej 1,5 roku	6,9	2,3	4									
Jagnięta do 3,5 miesiąca	8,3	2,2	4									
Jarlaki	10,5	2,3	4									
Kury nieśne	20,7	3,3	6,6							22,4	3,3	6,8
Kury mięsne	20,7	3,3	6,6							21,6	3,3	6,8
Kury do 20. tygodnia	15,7	3,5	7,2									
Brojlery kurze	24,7	3,5	7,2									
Kaczki	22,8	3,3	6,6							23,8	4,9	3,3
Gęsi	21,8	3,2	6,8							32,7	4,8	3,6
Indyki samce	41,5	3,4	6,6								4,9	3,6
Indyki samice	40,6	3,4	6,6								4,9	3,6
Przepiórki	1,2	3,5	7,2								5,2	5,2
Perlice	3,4	3,5	7,2								5,2	5,2

## Przyorane produkty uboczne przedplonu

**Znaczące ilości składników mogą pozostawać na polu w przyorywanej słomie lub liściach.** Zawartość fosforu i potasu w produktach ubocznych podano w tabeli 3.11. Całkowitą ilość składników z tego źródła można obliczyć, mnożąc ilość pozostawionych produktów ubocznych na 1 ha przez odpowiednią wartość z tabeli. Przyorywanie słomy powoduje immobilizację pewnej ilości azotu, dlatego nie uwzględnia się jej w bilansie jako źródła przychodu. Tylko azot z przyoranych liści roślin korzeniowych uwzględnia się po stronie przychodowej bilansu.

Tabela 3.11. Zawartość fosforu i potasu w produktach ubocznych roślin uprawy polowej

Gatunek rośliny	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Pszenica	2,00	9,00
Pszenżyto	2,00	8,40
Jęczmień browarny	1,70	12,00
Jęczmień jary pastewny	1,70	12,00
Żyto	1,80	12,00
Owies	2,70	7,20
Mieszanki zbożowe na ziarno	2,55	6,00
Mieszanki zbożowo-strączkowe na ziarno	3,00	4,80
Kukurydza na ziarno	4,00	13,90
Gryka	4,50	12,00
Rzepak, nasiona	4,00	20,00
Burak cukrowy	0,96	3,25
Burak pastewny	0,84	3,10
Ziemniak późny	0,70	4,00
Ziemniak wczesny	0,40	3,00
Inne korzeniowe (okopowe)	0,69	2,70

Źródło: wyniki badań IUNG-PIB

## Pofermenty z biogazowni rolniczych

Coraz bardziej **popularnym źródłem składników pokarmowych stają się pofermenty z biogazowni rolniczych.** W procesie fermentacji metanowej z biomasy zostaje odłączony węgiel i wodór, wchodzące w skład cząsteczki metanu, oraz siarka w postaci siarkowodoru. Pozostałe pierwiastki pozostają w postaci prostych związków organicznych i mineralnych. Skład chemiczny pofermentów zależy od rodzaju surowców wykorzystywanych przez biogazownię. Poferment po produkcji biogazu z odpadów zwierzęcych i roślinnych jest odpadem o kodzie 19 06 06. Jako odpad może być używany w rolnictwie do nawożenia zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. 2015 poz. 132.). Wytwórca przekazujący poferment do wykorzystania rolniczego ma obowiązek posiadania aktualnych wyników badań odpadu oraz zaleceń od-

nośnie dopuszczalnych dawek, aby przedstawić je rolnikowi stosującemu poferment. Konieczne jest także wykonanie analiz gleby przed zastosowaniem odpadu (na koszt wytwórcy). Wytwórca może również uzyskać pozwolenie ministra rolnictwa i rozwoju wsi na wprowadzenie pofermentu do obrotu jako nawozu lub środka poprawiającego właściwości gleby. Jako produkt handlowy jest on zaopatrzony w instrukcję stosowania, w której jest określona wielkość dawek oraz zawartość składników biogenicznych. Eliminuje to konieczność badania gleby przed zastosowaniem. Na podstawie wyników badań odpadu lub instrukcji stosowania produktu nawozowego można określić ilość składników po stronie przychodowej bilansu.

Tabela 3.12. Wybrane parametry jakości niektórych rodzajów pofermentu

Rodzaj stosowanych substratów	Sucha masa (%)	Zawartość w g/kg suchej masy			
		Substancja organiczna	Azot (N)	Fosfor (P)	Potas (K)
Kiszonka z kukurydzy + wywar gorzelniany	4,7	788	4,8	0,5	4,5
Kiszonka z kukurydzy + gnojowica świńska	5,4	805	3,3	0,7	3,0
Substraty z rolnictwa i przemysłu rol.-spoż.	8,6	78	1,7	9,7	78,6
Substraty z rolnictwa	8,3	80	4,6	10,8	60,6

Źródło: M. Szymańska, 2020

Poferment opuszczający reaktor ma postać płynnej zawiesiny, której właściwości są zbliżone do gnojowicy. Zawartość składników biogenicznych w niektórych rodzajach pofermentu przedstawiono w tabeli 3.12. W niektórych biogazowniach poferment jest następnie poddawany separacji na frakcję stałą i płynną. Frakcja stała zawiera znaczną ilość substancji organicznej oraz fosfor i azot w formie wolnodziałającej, a jej wartość nawozową można porównać do obornika. Frakcja płynna zawiera głównie potas oraz łatwo przyswajalny azot (w postaci jonu amonowego), jej działanie jest zbliżone do gnojówki.

## Komunalne osady ściekowe

Powszechnie dostępnym **alternatywnym źródłem materii organicznej, azotu i fosforu są osady ściekowe**. Jednak ich skład chemiczny jest bardzo zróżnicowany w zależności od oczyszczalni, z której pochodzą. Zawartość azotu może wahać się od 1 do 7%, a fosforu od 3 do 11,2% w suchej masie osadu. Dlatego konieczne jest wykonanie analiz każdej partii osadu przekazywanej do wykorzystania rolniczego, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. 2015 poz. 257). Obligatoryjnie przed zastosowaniem osadu należy wykonać także badanie gleby obejmujące: odczyn, zawartość fosforu i metali ciężkich. **Dawki osadów ściekowych określa się na podstawie zawartości azotu lub fosforu w zależności od tego, który z pierwiastków jest dominujący**. Niezależnie od tego

dawka osadu ściekowego nie może przekroczyć 3 t suchej masy na 1 ha rocznie lub 6 t na 1 ha w ciągu 2 lat, lub 9 t na 1 ha jednorazowo w ciągu 3 lat.

## Inne odpady wykorzystywane rolniczo

**Lokalnym źródłem substancji organicznej i składników mineralnych mogą być różnego rodzaju odpady pochodzące z przemysłu rolno-spożywczego.** Przykładem takich odpadów są: zużyte podłoże po produkcji grzybów, wysłodki buraczane, wyciąki z owoców i warzyw, pozostałości poekstrakcyjne oraz komposty wytworzone ze zbieranych selektywnie odpadów, z pielęgnacji terenów zielonych i innych bioodpadów zbieranych selektywnie. Sposób i warunki wykorzystania rolniczego tych odpadów zostały określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. 2015 poz. 132). Zgodnie z tym rozporządzeniem wytwórca odpadu ma obowiązek wykonania jego analiz chemicznych oraz badań mikrobiologicznych. Badania mają na celu ocenę przydatności rolniczej oraz wyeliminowanie odpadów zanieczyszczonych metalami ciężkimi bądź mikrobiologicznie. Na wytwórcy spoczywa także obowiązek wykonania analizy gleby z pola, na którym planowane jest zastosowanie odpadu. Wyniki analiz przekazywane są rolnikowi wraz z zaleceniami odnośnie wielkości dawek odpadu. Ilości składników pokarmowych wnoszonych w odpadzie powinny być uwzględnione w bilansie składników pokarmowych na polu, który jest podstawą planu nawożenia pola i obliczenia dawek nawozów mineralnych.

## Organiczne i organiczno-mineralne nawozy i środki poprawiające właściwości gleby

Niektóre odpady zawierające składniki rolniczo użyteczne są przetwarzane na produkty handlowe. Po ich wszechstronnym przebadaniu i ocenie, jeśli są spełnione określone wymagania, producent może uzyskać pozwolenie ministra rolnictwa i rozwoju wsi na wprowadzenie do obrotu i stają się one produktem handlowym. W tym przypadku informacje o zawartości składników pokarmowych są zawarte w instrukcji stosowania zamieszczonej na opakowaniu lub w dokumentach towarzyszących. Jeśli się je stosuje, również wnoszenie składników uwzględnia się w bilansie składników i planie nawożenia pola.

## Równoważniki nawozowe

Bilans składników pokarmowych obejmuje przychód poszczególnych makroelementów z różnych źródeł, jak: nawozy mineralne, gleba oraz różnego rodzaju nawozy organiczne, nawozy naturalne, środki i odpady organiczne. Przystawalność i wykorzystanie składników z tych źródeł są zróżnicowane. Aby je ze sobą porównać, wprowadzono pojęcie tzw. równoważnika nawozowego. Jest to liczba niemianowana wskazująca, jaką ilość danego składnika w nawozach mineralnych może zastąpić 1 kg składnika pochodzącego z innego źródła. Inaczej mówiąc, zastosowanie równoważnika nawozowego umożliwia przeliczenie całkowitej ilości składnika pochodzącego z danego źródła na „składnik działający” (przystawalny dla roślin) tak jak składnik pochodzący z nawozów mineralnych. Wartości równoważników nawozowych azotu określono w tzw. programie azotanowym i przytoczono w tabeli 3.13. Wartości równoważników nawozowych fosforu i potasu według systemu doradztwa nawozowego IUNG zamieszczono w tabeli 3.14.



Tabela 3.13. Równoważniki nawozowe azotu z różnych źródeł w zależności od terminu stosowania

Rodzaj nawozu	Obornik		Gnojowica		Gnojówka	
	termin stosowania					
	jesień	wiosna	jesień	wiosna	jesień	wiosna
Bydło	0,35	0,35	0,50	0,60	0,55	0,75
Świnie	0,40	0,40	0,60	0,70	0,65	0,80
Drób nieśny (pomiot podsuszany/nie)	0,40	0,40	0,45 / 0,65	0,50 / 0,75	0,65	0,80
Drób rzeźny	0,45	0,45	0,65	0,75	0,65	0,80
Pozostałe przeżuwacze, konie, zwierzęta futerkowe roślinożerne	0,30	0,30	0,45	0,55	0,45	0,55
Dowolny obornik w drugim roku po zastosowaniu	0,15					
Gnojowica po separacji	frakcja stała		frakcja płynna			
Bydło	0,20	0,25	0,70	0,80		
Świnie	0,25	0,30	0,75	0,85		
Poferment z biogazowni	0,3	0,4	0,60	0,7		
Kompost	0,30					
Osad ściekowy	0,5	0,6				

Źródło: opracowanie własne na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. (Dz.U. 2020 poz. 243)

Tabela 3.14. Równoważniki nawozowe fosforu i potasu w zależności od rodzaju nawozu w pierwszym roku po zastosowaniu

Rodzaj nawozu	fosfor	potas
Obornik	0,4	0,8
Gnojowica	0,7	0,8
Gnojówka	-	0,8
Przyorana słoma	0,3	0,6
Przyorane liście buraczane	0,4	0,7
Kompost z odpadów biodegradowalnych	0,3	0,6
Osady ściekowe	0,7	-

Źródło: T.Jadczyzyn, 2009

## Bilans azotu i wyznaczanie dawki nawozów mineralnych

Z uwagi na to, że **azot jest łatwo mobilny i podatny na straty w procesie wymywania, nawożenie tym składnikiem planuje się w taki sposób, aby jego pozostałości w glebie po zbiorach były jak najmniejsze**. Nawożenie azotem ma wyłącznie zaspokoić potrzeby pokarmowe roślin, co wyraża się następująco:

**azot działający ze wszystkich źródeł = potrzeby pokarmowe (N) roślin**

Źródłami azotu działającego mogą być:

- $N_{min}$  w glebie wg tabeli 3.15 lub aktualnych wyników badań próbki gleby,
- pozostałości po uprawie roślin bobowatych (tab. 3.16),
- przyorane liście roślin korzeniowych w ilości 25 kg N/ha,
- nawozy naturalne, organiczne lub organiczno-mineralne,
- środki poprawiające właściwości gleby,
- odpady wykorzystywane rolniczo,
- nawozy mineralne.

Tabela 3.15. Przeciętne zasoby azotu mineralnego wiosną w warstwie gleby 0–60 cm (kg N/ha)

Kategoria agronomiczna gleby			
bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
49	59	62	66

Źródło: opracowanie własne na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. (Dz.U. 2020 poz. 243)

Tabela 3.16. Ilość azotu działającego pozostającego po uprawie roślin bobowatych (kg/ha)

Rodzaj przedplonu	Bobowate w czystym siewie		Bobowate w mieszankach z trawami lub zbożami	
	plon główny	międzyplon	plon główny	międzyplon
Przyorane resztki późniwne	30	15	20	10
Przyorane całe rośliny na zielony nawóz	łąbin żółty – 74 groch – 77 seradela – 65 pozostałe – 60	seradela – 33 pozostałe – 30 koniczyna: czerwona – 30 biała – 27	50	20

Źródło: opracowanie własne na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. (Dz.U. 2020 poz. 243)

Ilość azotu, jaką rośliny powinny pobrać z nawozów mineralnych, jest różnicą pomiędzy prognozowanym pobraniem przez rośliny i dopływem składnika działającego z innych źródeł. Dawkę nawozów mineralnych wyznacza się, uwzględniając współczynnik wykorzystania azotu równy 70% (0,7):

$$\text{Dawka nawozów azotowych} = (\text{pobranie} - \text{suma azotu działającego z innych źródeł}) / 0,7$$

## Bilans PK i wyznaczanie dawki nawozów mineralnych

W bilansie fosforu i potasu po stronie przychodowej uwzględnia się:

- przyorane produkty uboczne przedplonu,
- nawozy naturalne, organiczne lub organiczno-mineralne,
- środki poprawiające właściwości gleby,
- odpady wykorzystywane rolniczo,
- nawozy mineralne.

**Dawkę nawozów mineralnych fosforowych i potasowych wyznacza się jako różnicę pomiędzy potrzebami pokarmowymi rośliny uprawnej i ilością składników działających z wymienionych źródeł, uwzględniając współczynnik korekcji na poprawę zasobności gleby** (tabela 3.17):

$$\text{dawka PK}_{\min} = (\text{potrzeby pokarmowe} - \text{PK działający z innych źródeł}) \times \text{współczynnik}$$

Tabela 3.17. Wartości współczynników korekcji w zależności od zasobności gleby w fosfor i potas

Zasobność gleby	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka	Bardzo wysoka
Współczynnik dla fosforu	1,5	1,25	1,0	0,5	0,25
Współczynnik dla potasu	1,5	1,25	1,0	0,75	0,5

Źródło: Jadczyszyn, Materiały szkoleniowe, 2021

**Przykład:** obliczenie dawki nawozów azotowych, fosforowych i potasowych pod pszenicę ozimą (prognozowany plon 6 t/ha) na glebie średniej o niskiej zawartości potasu i wysokiej fosforu, stanowisko po przyoranej słomie rzepaku (3 t/ha), będzie zastosowana gnojowica jesienią w dawce 20 m<sup>3</sup>/ha.

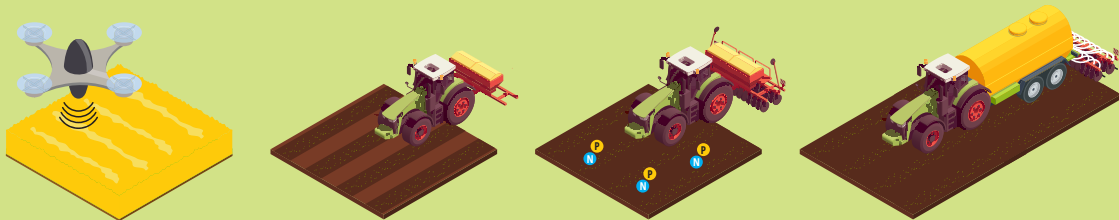
1. Potrzeby pokarmowe pszenicy:
  - azot:  $6 \text{ t/ha} \times 27 \text{ kg N/t} = 162 \text{ kg N/ha}$
  - fosfor:  $6 \text{ t/ha} \times 10 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{t} = 60 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$
  - potas:  $6 \text{ t/ha} \times 15 \text{ kg K}_2\text{O/t} = 90 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$
  
2. Obliczenie dawki N w nawozach mineralnych
  - a) azot działający z innych źródeł:
    - gleba –  $62 \text{ kg/ha}$  (tabela 3.14)
    - gnojowica – dawka  $\times$  zawartość  $\text{P}_2\text{O}_5$  (tabela 3.10)  $\times$  równoważnik nawozowy (tabela 3.12)  
 $20 \text{ t/ha} \times 3,4 \text{ kg N/t} \times 0,5 = 34 \text{ kg N/ha}$
  - b) dawka nawozów azotowych mineralnych  
 $(162 \text{ kg N/ha} - 62 \text{ kg/ha} - 34 \text{ kg/ha}) / 0,7 = 94 \text{ kg N/ha}$
  
3. Obliczenie dawki  $\text{P}_2\text{O}_5$  w nawozach mineralnych
  - a) fosfor działający z innych źródeł
    - produkty uboczne = plon słomy  $\times$  pobranie z tabeli 3.5  $\times$  równoważnik z tabeli 3.12:  
 $3 \text{ t/ha} \times 4 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{t} \times 0,3 = 3,6 \text{ kg P}_2\text{O}_5$
    - gnojowica = dawka  $\times$  zawartość  $\text{P}_2\text{O}_5$  z tabeli 3.10  $\times$  równoważnik z tabeli 3.12:  
 $20 \text{ t/ha} \times 1,1 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{t} \times 0,7 = 15,4 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$
  - b) dawka nawozów fosforowych mineralnych = (pobranie –  $\text{P}_2\text{O}_5$  działający)  $\times$  równoważnik z tabeli 3.17):  
 $(60 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha} - 15,4 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}) \times 0,5 = 22,3 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$
  
4. Obliczenie dawki  $\text{K}_2\text{O}$  w nawozach mineralnych
  - a) potas działający z innych źródeł
    - produkty uboczne rzepaku = plon słomy  $\times$  pobranie z tabeli 3.5  $\times$  równoważnik z tabeli 3.12:  
 $3 \text{ t/ha} \times 20 \text{ kg K}_2\text{O/t} \times 0,6 = 36 \text{ kg K}_2\text{O}$
    - gnojowica = dawka  $\times$  zawartość  $\text{K}_2\text{O}$  z tabeli 3.10  $\times$  równoważnik z tabeli 3.12:  
 $20 \text{ t/ha} \times 3,5 \text{ kg K}_2\text{O} \times 0,8 = 56 \text{ kg K}_2\text{O}$
  - b) dawka nawozów potasowych mineralnych = (pobranie –  $\text{K}_2\text{O}$  działający)  $\times$  równoważnik z tabeli 3.17):  
 $(90 \text{ kg K}_2\text{O/ha} - 56 \text{ kg K}_2\text{O/ha}) \times 1,25 = 42,5 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$

# Praktyki redukujące rozpraszanie azotu **N** i fosforu **P** z nawożenia i uprawy

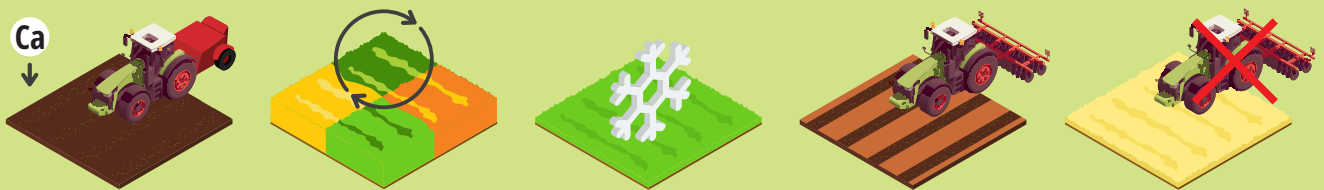
1



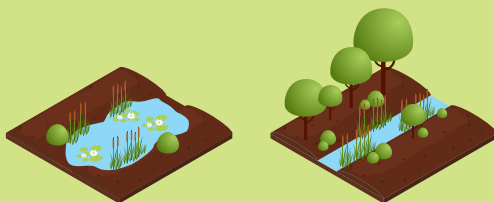
2



3



4



## 1 Zarządzanie składnikami nawozowymi

- Plan nawożenia (na podstawie bilansu i analizy gleby dobór dawek zgodny z potrzebami roślin).
- Terminy nawożenia i dobór nawozów (inhibitor ureazy, otoczkowane).
- Zakaz stosowania nawozów w pobliżu wód powierzchniowych (obszar wyłączony z nawożenia: nawozy – 5 m, gnojowica – 10 m), a w przypadku nachylenia stoku w kierunku cieku zwiększyć obszar wyłączony z nawożenia o 5 m.
- Przestrzeganie warunków stosowania nawozów na terenach o dużym nachyleniu (zwiększenie obszaru wyłączonego z z nawożenia o 5 m, bezpośrednia aplikacja lub przyoranie, kierunek uprawy poprzeczny do nachylenia stoku lub systemy uprawy konserwującej).
- Zakaz stosowania nawozów w okresach zwiększonego ryzyka wymywania i spływów powierzchniowych (gleby zalane wodą, zamrożone, pokryte śniegiem).

## 2 Technologie stosowania nawozów mineralnych i naturalnych

- Nawożenie precyzyjne (GPS, drony).
- Jednoczesny siew i nawożenie.
- Szybkie przyoranie lub wymieszanie nawozów z glebą.
- Pasmowe i dogłębne stosowanie nawozów płynnych.

## 3 Uprawa gleby

- Poprawa struktury gleby i optymalizacja pH (wapnowanie).
- Poprawne zmianowanie i wsiewki międzyplonowe (bobowate, trawy, mieszanki bobowato-trawiaste).
- Utrzymywanie okrywy roślinnej przez cały rok (rośliny ozime w plonie głównym, międzyplony ozime i ścierniskowe).
- Systemy uprawy konserwującej.
- Pozostawianie lub przyorywanie resztek poźniowych.

## 4 Inne działania

- Ochrona i zakładanie śródpolnych oczek wodnych i mokradł
- Strefy buforowe (zadrzewienia, zakrzewienia) zwłaszcza wzdłuż zbiorników wodnych

# Praktyki mitygacyjne w nawożeniu i uprawie

**dr Zuzanna Jarosz**

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach  
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych

---

## Wstęp

W grudniu 2019 r. Komisja Europejska przedstawiła strategię Europejskiego Zielonego Ładu (ang. *The European Green Deal*), która ma przeciwdziałać zmianom klimatu i chronić środowisko (KE 2019). Planowane działania są ukierunkowane na efektywne wykorzystywanie zasobów, zapewnienie różnorodności biologicznej i ograniczenie zanieczyszczeń środowiskowych. W racjonalnym nawożeniu i ochronie gleb rolniczych najważniejsze jest zmniejszenie do 2030 r. o 50% strat biogenów (azot – N i fosfor – P) pochodzących z nawożenia, przy zachowaniu żyzności gleby. Realizacja wyznaczonego celu skłania do podejmowania działań redukujących rozpraszanie azotu i fosforu w sektorze rolnictwa.

Rolnictwo jest jedną z dziedzin gospodarki, która z jednej strony zależy od środowiska przyrodniczego, z drugiej zaś znacząco na nie oddziałuje. Jest sektorem bardzo zróżnicowanym, który obejmuje wiele rodzajów produkcji i gospodarstw, a także różne stopnie intensywności: od dużych gospodarstw prowadzących chów przemysłowy o wysokim stopniu mechanizacji do bardzo małych gospodarstw prowadzących produkcję rolniczą w sposób ekstensywny. Bez względu na wielkość gospodarstwa i rodzaj produkcji (roślinna, zwierzęca, mieszana) istnieje możliwość podejmowania działań, których wdrażanie ograniczy presję rolnictwa na środowisko przyrodnicze. W rozdziale szczególną uwagę zwrócono na praktyki redukujące rozpraszanie azotu i fosforu z nawożenia i uprawy w aspekcie ochrony wód.

## Zarządzanie składnikami nawozowymi

Nawożenie jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o plonowaniu roślin i żyzności gleby. Składnikami pokarmowymi niezbędnymi do wzrostu i prawidłowego funkcjonowania roślin są azot i fosfor. Świadome i celowe zarządzanie składnikami nawozowymi pozwala na ograniczenie ich strat, a tym samym umożliwia ochronę środowiska (ograniczenie strat w postaci gazowej i wymywania). Pozwala jednocześnie na efektywne wykorzystanie składników nawozowych i osiągnięcie efektów ekonomicznych (wzrost produkcji rolnej i jej zrównoważony rozwój). Koncepcja ta zakłada zastosowanie odpowiedniego nawozu we właściwych dawkach, miejscu i czasie.

Azot jest najbardziej plonotwórczym składnikiem pokarmowym. Jego niedobór lub nadmiar szkodzą plonom. Niedobór hamuje wzrost roślin, natomiast nadmiar powoduje obniżenie mrozoodporności i nierównomierne dojrzewanie. Mineralne nawozy azotowe – w zależności od składu



chemicznego – mają różny wpływ na plon i środowisko. Aby efektywnie nawozić rośliny, należy znać właściwości nawozu. Azot mineralny występuje w glebie głównie w postaci azotanowej ( $\text{NO}_3$ ) oraz w mniejszym stopniu – amonowej ( $\text{NH}_4$ ). Azot amonowy jest pobierany przez rośliny w małych ilościach i dobrze zatrzymywany (sorbowany) w glebie, dobrze działa także w niskiej temperaturze. Azot amonowy najlepiej stosować przedsiewnie, ponieważ nie wypłukuje się z gleby tak szybko jak forma azotanowa. Stosowanie formy amonowej sprzyja rozwojowi systemu korzeniowego i krzewieniu roślin. Do dużych strat azotu amonowego może dochodzić na glebach o odczynie zasadowym i suchych lub świeżo po wapnowaniu, gdyż następuje przekształcenie azotu amonowego w amoniak. Dlatego wysiany nawóz należy przykryć glebą.

Azot azotanowy to podstawowa forma azotu w glebach, łatwo pobierana przez rośliny w dużych ilościach. Nawozy saletrzone należy stosować wyłącznie w trakcie okresu wegetacji, kiedy rośliny są w stanie pobrać duże ilości azotu z nawozów. Jest to typowa forma pogłówna. Azot azotanowy jest wysoce mobilny w glebie i szybko dochodzi do korzeni roślin. Jeżeli nie zostanie pobrany przez rośliny, może zostać wymyty lub ulec denitryfikacji (przekształceniu w formy gazowe utleniające się do atmosfery).

Rośliny pobierają azot z gleby w formie amonowej i azotanowej. To, która forma jest aktywniej pobierana, zależy od: gatunku roślin, formy azotu nawozowego, warunków glebowych, temperatury, uwilgotnienia oraz pH gleby. Na glebach o odczynie zbliżonym do obojętnego lepszym źródłem azotu jest forma amonowa. Wraz ze wzrostem zakwaszenia gleby wzrasta intensywność pobierania formy azotanowej.

Rozpraszanie nadmiaru azotu doprowadzonego do środowiska rolniczego następuje przede wszystkim w postaci produktów gazowych: amoniaku  $\text{NH}_3$ , azotu  $\text{N}_2$ , podtlenku azotu  $\text{N}_2\text{O}$  i tlenków azotu  $\text{NO}_x$  oraz w formie azotanów wymywanych do wód. Związki gazowe azotu nie będą szczegółowo omawiane, gdyż w mniejszej skali przyczyniają się do zanieczyszczenia wód. Szczególną uwagę należy zwrócić na amoniak. Wyemitowany do atmosfery (głównie z produkcji zwierzęcej) powraca na powierzchnię ziemi w postaci opadu suchego i mokrego. W połączeniu z resztkami kwasu azotowego i siarkowego tworzy związki (azotany) powodujące zakwaszenie gleb i wód oraz zwiększające emisje N i P do wód i ich eutrofizację.

Fosfor występuje w glebach w formie związków organicznych i mineralnych. Nie tworzy związków gazowych, dlatego jego obieg jest ograniczony do ekosystemów wodnych i lądowych. Mineralizacja zależy od warunków środowiskowych (odczynu gleby i temperatury). Głównym źródłem przyswajalnego fosforu są nawozy mineralne, naturalne i organiczne. Stosowany w dużych dawkach kumuluje się w górnych warstwach profilu glebowego i ulega sorpcji przez stałą fazę gleby. Do wód jest wymywany w niewielkich ilościach. Jednak jego nadmiar (przekroczenie pojemności sorpcyjnej gleby) może przedostawać się do wód spływem powierzchniowym.

## Plan nawożenia i dobór dawek zgodny z potrzebami roślin

Ograniczanie strat składników nawozowych (zwłaszcza azotowych) i negatywnego wpływu na środowisko obliguje do stosowania ich w dawkach nieprzekraczających potrzeb pokarmowych roślin. W 2020 r. przyjęto zaktualizowany Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu, czyli tzw. program azotanowy (Rozporządzenie 2020). Zawiera on wiele wymagań mających ograniczyć straty azotu ze źródeł rolniczych. Jednym z wymogów jest **obowiązek posiadania planu nawożenia**, który muszą sporządzić (i przekazać do zaopiniowania OSCH-R) gospodarstwa wielkotowarowe (podmioty o liczbie powyżej 40 000 stanowisk dla drobiu, prowadzące chów lub hodowlę świń powyżej 2000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior oraz nabywcy, którzy nabywają nawozy naturalne czy poferment od tych gospodarstw i wykorzystują do nawożenia swoich użytków rolnych). Do opracowania planu nawożenia niezbędne jest posiadanie aktualnych wyników badań gleby. Aby obliczyć dawki składników pokarmowych, należy oszacować plon i potrzeby pokarmowe i obliczyć dawki, uwzględniając zasobność gleby. Do tej puli zalicza się składnik pochodzący z glebowej materii organicznej i z rozkładu zastosowanych nawozów naturalnych i organicznych oraz azot atmosferyczny związany przez bakterie symbiotyczne (z roślinami motylkowymi). Natomiast rolnicy prowadzący działalność w gospodarstwach o powierzchni powyżej 100 ha UR lub prowadzący intensywne uprawy na GO powyżej 50 ha lub utrzymujący zwierzęta powyżej 60 DJP według stanu średniorocznego **opracowują plan nawożenia azotem na podstawie bilansu azotu**. Szczegółowy sposób obliczania dawek przedstawia program azotanowy. W pozostałych gospodarstwach (wyłączając gospodarstwa poniżej 10 ha i posiadające mniej niż 10 DJP – te gospodarują zgodnie z zasadami wzajemnej zgodności) **nawozy azotowe można stosować tylko w dawkach nieprzekraczających najwyższych dawek azotu pochodzących ze wszystkich źródeł**. Rolnicy reprezentujący te trzy grupy gospodarstw są także zobowiązani do prowadzenia ewidencji zabiegów agrotechnicznych związanych z nawożeniem azotem: daty zastosowania nawozów, rodzaju uprawy, powierzchni, rodzaju nawozu, dawek, terminu przyorania na terenach o dużym nachyleniu. Te działania mają zaspokoić zapotrzebowanie upraw na składniki pokarmowe, ale bez przedawkowania. Można uzyskać wyższe plony, jednocześnie dbając o środowisko przyrodnicze. Szacuje się, że zarządzanie nawożeniem zgodnie z opracowanym planem redukuje rozpraszanie azotu o ok. 10%.

## Wybór nawozów mineralnych o mniejszym wpływie na środowisko

Produkcja mineralnych nawozów azotowych wymaga dużych ilości energii i skutkuje znacznymi emisjami gazów cieplarnianych w zależności od rodzaju składników, wydajności zakładów produkcyjnych i stosowanych technik redukcji emisji podtlenku azotu ( $N_2O$ ) (dyrektywa 2010/75/UE). Zgodnie z dyrektywą dostawca nawozu musi obliczyć i wykazać ślad węglowy produktu. W związku z tym istnieje możliwość wybierania mineralnych nawozów azotowych o mniejszym śladzie węglowym.

Ponadto 1 sierpnia 2021 r. wprowadzono zakaz stosowania mocznika w formie granulowanej (ustawa z dnia 10 lipca 2007 o nawozach i nawożeniu). **Mocznik granulowany można stosować wyłącznie w formie zawierającej inhibitor ureazy lub powłokę biodegradowalną**. Jeżeli

rolnik w produkcji rolniczej wykorzystywał mocznik granulowany, może go zastąpić mocznikiem z inhibitorem ureazy lub otoczkowanym. Inhibitor ureazy ma spowolnić proces hydrolizy mocznika oraz rozkładu do amoniaku i dwutlenku węgla. Szybka amonifikacja mocznika prowadzi do utleniania się amoniaku, a przemiana mocznika do najbardziej mobilnej w glebie formy azotanowej może stanowić zagrożenie dla środowiska (zanieczyszczenia wód azotanami). Dodanie inhibitora ureazy do mocznika spowalnia proces hydrolizy i zmniejsza straty wywołane ulatnianiem się amoniaku. Wpływa na wydłużenie czasu działania azotu dla roślin (z 6–8 tygodni do 8–16 tygodni), a tym samym przyczynia się do zwiększenia efektywności nawożenia azotem. Badania naukowe wskazują, że zastosowanie mocznika z inhibitorem może ograniczyć emisję amoniaku o ok. 70%, a roztwór saletrzano-mocznikowy (RSM) z inhibitorem – o ok. 40%.

Innym rozwiązaniem może być stosowanie mocznika otoczkowanego powłoką biodegradowalną. Wtedy na uwalnianie dostępnego dla roślin mocznika wpływa temperatura, zawartość wody w glebie i aktywność mikroorganizmów glebowych, a tempo uwalniania zależy od grubości i jakości otoczek. Stosowanie mocznika otoczkowanego (o kontrolowanym działaniu) może przynieść wiele korzyści agrotechnicznych i środowiskowych, takich jak: wzrost efektywności nawożenia i wzrost wielkości plonów, obniżenie dawek, zmniejszenie nakładów pracy oraz ograniczenie strat azotu. Redukcję emisji amoniaku po zastosowaniu tej praktyki wycenia się na ok. 30%.

Nawozy o spowolnionym działaniu zalecane są do stosowania na gleby ubogie w materię organiczną. Najlepiej stosować je przedsiewnie lub pogłównie tuż po wysiewie. Poprzez poprawę warunków systemu korzeniowego zwiększają efektywność działania pozostałych związków mineralnych i przeciwdziałają wypłukiwaniu azotu z gleby zwłaszcza przy niekorzystnych warunkach pogodowych.

Wdrożenie zaproponowanego rozwiązania będzie miało duży wpływ na budżet gospodarstw rolniczych. Mocznik z inhibitorem ureazy jest droższy od typowego mocznika granulowanego. Uważa się jednak, że znacznie większe będą korzyści z ograniczenia strat azotu i emisji amoniaku niż zaniechanie działania ze względu na koszty środków produkcji.

Biorąc pod uwagę depozycję suchą i mokrą amoniaku, ograniczenie jego emisji ma duże znaczenie. Emisja amoniaku stanowi poważne zagrożenie środowiska, przyczynia się do zakwaszenia gleby i wody.

## Terminy stosowania nawozów

Termin stosowania nawozów mineralnych i naturalnych jest ważnym czynnikiem dla wysokiej efektywności wykorzystania składników nawozowych przez rośliny. Jedną z głównych przyczyn wymywania azotu jest nieodpowiedni termin stosowania nawozów. Nawozów nie należy więc stosować, gdy azot jest wymywany do wód gruntowych lub gdy spływa do wód powierzchniowych, a więc w zimie i podczas silnego natężenia opadów.

Program azotanowy wyznacza terminy stosowania nawozów w zależności od rodzaju nawozu, gruntów i regionu kraju (tabela 4.1).

Tabela 4.1. Terminy stosowania nawozów

Rodzaj gruntu i nawozu	Nawozy azotowe mineralne i nawozy naturalne płynne	Nawozy naturalne stałe
Grunty orne	1 marca–20 października	1 marca–31 października
Grunty orne na terenie gmin objętych wykazem stanowiącym załącznik nr 2 do Programu działań	1 marca–15 października	
Grunty orne na terenie gmin objętych wykazem stanowiącym załącznik nr 3 do Programu działań	1 marca–25 października	
Uprawy trwałe	1 marca–31 października	1 marca–30 listopada
Uprawy wieloletnie		
Trwałe użytki zielone (TUZ)		

Źródło: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. (Dz. U. 2020 poz. 243)

Terminy określone w tabeli 4.1. odnoszą się wyłącznie do nawozów azotowych mineralnych i nawozów naturalnych. Przy innych organicznych środkach nawozowych stosuje się przepisy ogólne programu azotanowego oraz ustawy Prawo wodne i ustawy o nawozach i nawożeniu.

Terminy określone w tabeli 4.1. nie dotyczą:

- rolników, którzy będą zakładać uprawy jesienią po późno zbieranych przedplonach, buraku cukrowym, kukurydzy lub późnych warzywach; dopuszczalna dawka azotu w wieloskładnikowych nawozach dla zakładanych upraw nie może przekroczyć dawki 30 kg N ha<sup>-1</sup>; należy szczegółowo udokumentować termin zbioru, datę stosowania nawozu, zastosowane nawozy i ich dawkę oraz termin siewu jesiennej uprawy,
- rolników, którzy nie mogli dokonać zbiorów lub nawożenia z uwagi na niekorzystne warunki pogodowe, w szczególności nadmierne uwilgotnienie gleby; dla tych podmiotów termin graniczny stosowania nawozów to 30 listopada,
- upraw pod osłonami oraz kontenerowych.

Pogoda wywiera duży wpływ na przemiany substancji organicznej składników mineralnych w glebie, ich przyswajalność przez rośliny i stopień odżywienia. Szczególnie duże znaczenie ma rozkład opadów i związana z tym wilgotność gleby oraz jej temperatura. Przy sprzyjającej mineralizacji temperaturze (18–25°C), optymalnej wilgotności gleby i dostępie powietrza (tlenu) proces mineralizacji następuje szybko, w wyniku czego uwalniane składniki stają się dostępne dla roślin i pokrywają w znacznym stopniu ich potrzeby pokarmowe. Jeśli jednak ten proces wystąpi w większym nasileniu

w okresie pozawegetacyjnym bądź przy słabym rozwoju roślin, a zwłaszcza ich systemu korzeniowego, wówczas niektóre składniki (zwłaszcza N) mogą być tracone, głównie w wyniku wymycia do wód gruntowych lub powierzchniowych. Wymywanie azotu zależy również od składu gleby. Na glebach piaszczystych straty wynoszą 12–52 kg ha<sup>-1</sup>, na glebach gliniastych 9–44 kg ha<sup>-1</sup>, a na ilastych – 5–44 kg ha<sup>-1</sup> w ciągu roku. Z badań wynika, że stosowanie nawozów przy nieodpowiednich warunkach pogodowych może powodować straty azotu nawet do 50%.

W ostatnim czasie nasilają się dyskusje kwestionujące administracyjne terminy stosowania nawozów zawarte w programie azotanowym i pojawia się sugestia, że nie daty, ale pogoda powinna decydować o zastosowaniu nawozów.

## Warunki stosowania nawozów w okresach i na terenach zwiększonego ryzyka wymywania i spływów powierzchniowych związków azotu

Program azotanowy wprowadza całkowity **zakaz stosowania nawozów na gruntach zalanych (zastoiska wodne), nasyconych wodą (nie wchłaniają wody), zamrzniętych i pokrytych śniegiem** (co najmniej 50% powierzchni). Gdy gleba jest nadmiernie uwilgotniona, nie powinno się także wypasać zwierząt, ponieważ składniki nawozowe wydalone z odchodami mogą się przemieszczać do wód gruntowych.

Należy unikać stosowania nawozów azotowych poza okresem wegetacyjnym, np. w późnym okresie wzrostu i rozwoju roślin lub na pola bez okrywy roślinnej. Wówczas azot nie jest wykorzystany przez rośliny, pozostaje w glebie i jesienią zostanie wymyty. Powinno się też unikać stosowania nawozów przed spodziewanymi dużymi opadami, zwłaszcza na glebach bardzo lekkich i lekkich charakteryzujących się dużą przepuszczalnością.

Dopuszcza się uprawę i stosowanie nawozów na terenach nachylonych. Głównym problemem gospodarowania jest tam erozja wodna. Szkodliwe działanie procesów erozyjnych jest powszechnie znane i niesie ze sobą wiele problemów środowiskowych związanych z degradacją gleby i zanieczyszczeniem wód powierzchniowych. Na jakość wód spływających po stoku wpływają przede wszystkim: ukształtowanie terenu, użytkowanie oraz poziom nawożenia. Należy dbać, aby gleby na zboczach były utrzymywane w dobrej strukturze i zapobiegać ich zagęszczeniu i zaskorupieniu (ograniczenie wpływu maszyn na strukturę gleby, wybranie systemu uprawy, w ramach którego wykonuje się jak najmniejszą liczbę przejazdów narzędziem uprawowym, stosowanie płytkich zabiegów uprawowych). Na terenach o dużym nachyleniu jednorazowa dawka nawozów azotowych nie może przekroczyć 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Nawozy należy stosować przy największym zapotrzebowaniu roślin, dokonać bezpośredniej aplikacji do gleby lub przyorać i wymieszać z glebą (najlepiej 4 godz. od zastosowania nawozu naturalnego) oraz uprawiać działkę w kierunku poprzecznym do nachylenia stoku, o ile usytuowanie na to pozwala, lub stosować systemy uprawy konserwującej. **Jeżeli stok ma nachylenie większe niż 10% w kierunku wód powierzchniowych obszary wyłączone z nawożenia: gnojowicą – 10 m, pozostałymi nawozami – 5 m od brzegu zwiększa się dodatkowo o 5 m.** Zaleca się też, aby grunty na stokach o nachyleniu powyżej 20% były trwale zadarnione i zalesione.

Program azotanowy określa także zakaz stosowania nawozów w bezpośrednim sąsiedztwie wód powierzchniowych. Obliguje do zachowania **odległości 5 m od jezior i zbiorników wodnych do 50 ha, cieków, rowów i kanałów przy stosowaniu nawozów mineralnych i naturalnych stałych. Natomiast stosowanie gnojowicy jest dozwolone w odległości 10 m od wód powierzchniowych.** Według literatury przy szerokości strefy buforowej 5 m redukuje się 15–20% strat azotu i 50–60% fosforu. Natomiast dla pasa o szerokości 10 m wartości te wynoszą odpowiednio: 20–30% dla azotu i 60–70% dla fosforu.

## Techniki stosowania nawozów

Straty składników pokarmowych (zwłaszcza azotu) są uzależnione od wielu czynników – zastosowanego produktu, jego dawki, rodzaju stanowiska, typu gleby, jej struktury, odczynu, wilgotności, aury, a nawet techniki aplikacji nawozu. Najskuteczniejszą metodą redukcji emisji amoniaku podczas stosowania nawozów jest wybór odpowiedniej do rodzaju nawozu techniki nawożenia.

### Precyzyjne nawożenie

Skutecznym sposobem ograniczania strat składników pokarmowych jest **nawożenie precyzyjne**, które polega na stosowaniu zróżnicowanych dawek w obrębie jednego pola produkcyjnego (rysunek 4.1). Posługując się ciągnikiem wyposażonym w komputer i GPS (lub monitoring satelitalny, drony), można pozyskać informacje o zróżnicowaniu właściwości gleby (zasobności w składniki pokarmowe w konkretnym miejscu pola) i stanie odżywienia roślin, które służą do opracowania mapy żyzności gleby. Tworzona jest mapa aplikacji zmiennych dawek nawożenia, według której w połączeniu z systemem pozycjonowania możliwe jest bardzo dokładne wniesienie w odpowiednim miejscu na polu konkretnej dawki nawozu. W nawożeniu precyzyjnym można stosować przeznaczone do tego aplikacje nawozowe lub środków ochrony roślin.



Rysunek 4.1. Schemat rolnictwa precyzyjnego

Źródło: opracowanie własne



Zróżnicowane rozprowadzenie nawozu zmniejsza jego zużycie, wpływa na zwiększenie efektywności wykorzystania azotu, a tym samym ogranicza jego straty. Zdecydowanie zwiększa się opłacalność nawożenia. Jednak precyzyjne nawożenie pociąga za sobą duże koszty inwestycyjne i operacyjne (koszty sprzętu i pracy), dlatego zalecane jest w gospodarstwach wielkotowarowych. Szacuje się, że stosowanie rolnictwa precyzyjnego powoduje zmniejszenie strat azotu o 30–50% i fosforu o 25%, co wpływa na redukcję ich rozpraszania.

Należy także wspomnieć, iż wraz z rozwojem technologii i postępami w dziedzinie rolnictwa precyzyjnego producenci oferują systemy GPS montowane w ciągniku. Rozwiązanie to jest więc zdecydowanie tańsze od autonomicznego ciągnika, a jego stosowanie umożliwia redukcję nawożenia o 10%.

### Jednoczesny siew i nawożenie

Innym sposobem na ograniczenie strat składników pokarmowych jest wykorzystanie sprzętu, który umożliwia **jednoczesny siew i nawożenie**. Siewnik posiadający redlice nasienne jest dodatkowo wyposażony w redlice nawozowe, które umieszczają nawóz na głębokości i w odległości kilku centymetrów od nasion. Takie usytuowanie nawozów zapewnia dostarczenie składników pokarmowych kiełkującym siewkom roślin. Jednoczesny siew i nawożenie zwiększa efektywność wykorzystania składników nawozowych, ogranicza konkurencję chwastów o te składniki i zmniejsza ryzyko spływu powierzchniowego (nawozy umieszczone są w glebie). Fosfor jest szybko sorbowany przez glebę i nie ulega zmyciu. Przy jednoczesnym wysiewie nasion i nawozów zalecana dawka azotu w warunkach danego poziomu plonowania może być zmniejszona o  $10 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Zastosowanie tej praktyki może przyczynić się do ograniczenia wymywania azotu o  $1\text{--}2 \text{ kg N ha}^{-1}$ .



Fot. 4.1. Siewnik do „precyzyjnego” siewu; fot. Jakub Zielinski

## Szybkie przykrycie nawozów

Podczas aplikacji nawozów naturalnych (gnojowicy oraz obornika) wzrasta emisja amoniaku. Wielkość emisji  $\text{NH}_3$  zależy od wilgotności gleby, temperatury powietrza, prędkości wiatru, rodzaju nawozu, zawartości suchej masy w nawozie, dawki, metody aplikacji i szybkości przykrycia glebą. Redukcja strat amoniaku oznacza potencjalnie wyższą dostępność azotu do pobrania przez rośliny. Aby uzyskać z nawozów naturalnych największe korzyści agronomiczne i zapobiec wzrostowi ryzyka wymywania azotanów, należy zwrócić uwagę na zawartość azotu w oborniku, tak aby dawka, metoda i czas aplikacji były dopasowane do wymogów roślin, z uwzględnieniem ilości azotu zaoszczędzonego dzięki niskoemisyjnym praktykom.

Aby ograniczyć ekspozycję nawozów na oddziaływanie atmosfery, a tym samym ograniczyć emisję amoniaku, zaleca się ich **jak najszybsze przyoranie**. Większość  $\text{NH}_3$  jest uwalniana z obornika stałego w ciągu kilku godzin od zastosowania. Jeśli rozkład mocznika następuje po jego wymieszaniu z glebą,  $\text{NH}_3$  jest wiązany przez il koloidalny lub materię organiczną gleby albo tworzy nielotne związki chemiczne pozostające w glebie. Zaleca się więc, aby wprowadzanie do gleby również miało miejsce w ciągu kilku godzin po aplikacji. Aby uzyskać największe ograniczenie emisji, obornik powinien zostać całkowicie wymieszany z glebą lub zakopany, co jest często trudniejsze do uzyskania w oborniku stałym (np. takim, który zawiera znaczne ilości słomy) niż w gnojowicy. Do przyorania obornika można wykorzystać pługi lub kultywatory talerzowe i sprężynowe, w zależności od rodzaju gleby i jej stanu. Ważne jest także równomierne rozrzucanie nawozów stałych, np. obornika, aby pobranie składników pokarmowych przez rośliny było jednakowe, co zapobiega ich wymywaniu w głąb profilu glebowego.

Przykrycie nawozów glebą ogranicza bezpośredni odpływ części stałych i fosforu. Jednak zbyt głęboka orka może przynieść odwrotny skutek i zwiększyć straty fosforu. Zaleca się zastosowanie redlic talerzowych i zębowych, które nacinają glebę, pozostawiając na powierzchni resztki roślinne.

Szacuje się, że straty amoniaku z obornika po jego aplikacji na użytkach rolnych mogą wynosić do 15%. Najlepsze efekty ograniczenia emisji  $\text{NH}_3$  można osiągnąć, niezwłocznie wprowadzając obornik do gleby, co umożliwi uzyskanie redukcji emisji na poziomie od 60% (bezorkowa uprawa) do 90% (orka). Przy wymieszaniu obornika z glebą w ciągu 4 godz. redukcja wynosi 45–65%, w ciągu 12 godz. – 50%, a w ciągu 24 godz. – 30%.

## Pasmowe i doglebowe stosowanie nawozów płynnych

Praktyką ograniczającą emisję amoniaku w wyniku stosowania płynnych nawozów naturalnych jest rozlewanie gnojowicy bezpośrednio w łan na powierzchni gleby poprzez **zastosowanie węży wleczonych lub redlic**. Ich stosowanie zmniejsza emisję  $\text{NH}_3$ , ograniczając powierzchnię nawozu narażoną na działanie powietrza. Skuteczność tych aplikatorów może się różnić w zależności od wysokości roślin. Jest to tzw. aplikacja pasowa w rozstawie co 0,4–0,5 m. Węże mogą być dodatkowo zakończone redlicami i (lub) specjalnymi końcówkami umożliwiającymi rozprowadzanie gnojowicy u podstawy roślin, co ogranicza ich zanieczyszczenie. Wlezione po powierzchni redlice tworzą w glebie niewielkie bruzdy o głębokości do 3 cm, w które precyzyjnie i równomiernie wprowadzana

jest gnojowica. Stosując nawozy, należy pamiętać o jak najszybszym ich przykryciu. Można rozważyć użycie brony zębowej lub talerzowej, dzięki której gnojowica zostanie znacznie szybciej przykryta glebą niż poprzez przyoranie.

Skuteczniejszą metodą aplikacji gnojowicy jest **zastosowanie aplikatorów doglebowych**. Ze względu na głębokość wprowadzania do gleby płynnego nawozu naturalnego i jego objętość można wyróżnić dwie grupy aplikatorów doglebowych:

- **aplikatory doglebowe płytke (lub szczelinowe)** wyposażone w płaskie gładkie tarcze wycinające w glebie szczeliny (nacięcia) o głębokości 4–10 cm, w które jest aplikowany nawóz; w niektórych rozwiązaniach stosuje się dodatkowe rolki dociskowe zamykające wytworzoną szczelinę, wielkość aplikowanych dawek nawozu może być ograniczona pojemnością szczelin; tego rodzaju aplikatory stosowane są przede wszystkim na użytkach zielonych;
- **aplikatory doglebowe głębokie (kultywatorowe lub talerzowe)** są budowane na bazie kultywatorów o zębach sztywnych lub sprężynowych lub na bazie bron talerzowych; umożliwiają wprowadzenie gnojowicy na głębokość 10–20 cm, z jednoczesną uprawą ścierniska, pozwalając na wprowadzenie dużych dawek nawozu zapewniają prawie najwyższe ograniczenie emisji amoniaku; zalecane do stosowania na GO; techniki aplikacji doglebowej nie sprawdzają się na glebach bardzo kamienistych lub zwartych.

Stopecień ograniczenia emisji uzyskany przy użyciu rozlewaczy pasmowych i aplikatorów doglebowych różni się w zależności od: zawartości suchej masy w nawozie płynnym, właściwości gleby, dokładności pracy i charakterystyki uprawianych roślin. Najbardziej skutecznymi ze względu na czas przykrycia nawozu są metody aplikacji doglebowej (bezpośrednie wprowadzenie nawozu do gleby). Większe zastosowanie mają maszyny do aplikacji doglebowej pozostawiające w glebie otwartą szczelinę niż te z zamkniętą szczeliną. Jednak nie zawsze nadają się one na obszary o dużym nachyleniu z uwagi na ryzyko spływania. Wężę wleczone bardziej nadają się do stosowania gnojowicy świńskiej niż lepkiej bydlęcej (zapychanie węży).



Fot. 4.2. Doglebowa aplikacja; fot. Jakub Zieliński

Badania własne wykazały, że aplikacja płynnych nawozów naturalnych przy użyciu węży wleczonych umożliwia redukcję emisji amoniaku o 37%. Natomiast aplikacja doglebowa płytka i głęboka gnojowicy skutkowałą redukcją emisji  $\text{NH}_3$  odpowiednio o: 35–83% i 50–83% w zależności od czasu wprowadzenia do gleby. Najmniejsze wartości emisji uzyskano po natychmiastowym przyoraniu aplikowanego nawozu, a największe, gdy nawóz został wprowadzony do gleby po 24 godz.

## Zarządzanie glebą

Ważne znaczenie w produkcji roślinnej ma także zarządzanie glebą. Utrzymanie jakości i funkcjonalności gleby oraz łagodzenie zagrożeń związanych z jej użytkowaniem znajduje odzwierciedlenie w uzyskiwaniu wyższych plonów. Podstawowym wskaźnikiem jakości gleby jest materia organiczna, która decyduje o żyzności gleby. Materię organiczną tworzą obumarłe szczątki zwierzęce i roślinne, produkty ich rozkładu oraz wtórnej syntezy związków próchnicznych. Ulega ona dwóm procesom: mineralizacji oraz humifikacji. Mineralizacja przyczynia się do utraty materii organicznej. Natomiast humifikacja prowadzi do wytworzenia związków próchnicznych. Próchnica poprawia stosunki powietrzno-wodne w glebie, zwiększa zdolności sorpcyjne gleby, zmniejsza podatność na zagęszczenie i degradację w wyniku erozji wodnej i wietrznej oraz poprawia strukturę gleby i jest źródłem składników pokarmowych. Związki próchniczne mają wysoką pojemność wodną, a więc rośliny uprawiane na glebach z wysoką zawartością próchnicy są mniej narażone na stres suszy rolniczej. Z uwagi na utrzymanie produkcyjnych funkcji gleby wzbogacanie zasobów materii organicznej ma duże znaczenie. Odgrywa także szczególną rolę w sekwestracji węgla z atmosfery. Na zawartość materii organicznej w glebie wpływa: intensyfikacja rolnictwa, sposób użytkowania (rolny, łąkowy, leśny), rotacja roślin, poplony czy poziom nawożenia organicznego.

### Optymalizacja odczynu gleby

Głównym zagrożeniem dla żyzności gleb jest zakwaszenie i niedobór wielu składników pokarmowych. Przystawalność składników pokarmowych, w tym azotu i fosforu, zależy od odczynu gleby. Większość gleb w naszym kraju charakteryzuje się odczynem kwaśnym i bardzo kwaśnym. Gleby w naturalny sposób ulegają stopniowemu zakwaszeniu. Proces ten wynika z przewagi opadów atmosferycznych nad parowaniem wody z gleby oraz rodzaju skał macierzystych, z których powstały nasze gleby. W procesie zakwaszania gleby bierze udział działalność człowieka. Stosowanie w produkcji roślinnej nawozów amidowych i amonowych wpływa na obniżenie pH gleby. Kwaśny lub bardzo kwaśny odczyn gleby utrudnia bądź uniemożliwia efektywną uprawę roślin. Rośliny najlepiej rosną i rozwijają się na glebach o odczynie obojętnym (6,6–7,2). W miarę wzrostu zakwaszenia gleb pobieranie składników pokarmowych przez rośliny jest silnie zakłócone, co skutkuje zmniejszeniem plonów, a niewykorzystane składniki nawozowe stanowią zagrożenie dla środowiska glebowego i wodnego. Kwaśny odczyn gleby ogranicza proces nityfikacji i powoduje straty gazów i nietrwałość azotanów, które ulegają wymyciu. W warunkach niskiego odczynu gleby fosfor wiąże się z żelazem i glinem i zostaje unieruchomiony. Natomiast zwiększenie pH gleby powoduje uruchomienie przyswajalnego fosforu i zwiększenie jego wykorzystania. Obojętny odczyn gleby wpływa na rozwój systemu korzeniowego roślin. Są one w stanie pobrać składniki pokarmowe zawarte w głębszych warstwach profilu glebowego. Rośliny głęboko ukorzenione tworzą zwartą okrywę i ograniczają proces erozji wodnej i wietrznej. Dlatego ważne jest wapnowanie i utrzymanie odczynu gleby słabo kwaśnego lub obojętnego. **Wapnowanie** jest ważnym zabiegiem środowiskowym: poprawia stosunki powietrzno-wodne w glebie, zwiększa pojemność wodną gleby, zwiększa aktywność mikrobiologiczną środowiska glebowego oraz zwiększa przyswajalność składników pokarmowych, ograniczając ich wymywanie. Ważne jest, aby **nie łączyć wapnowania ze stosowaniem nawozów naturalnych i mineralnych**, co może skutkować większymi stratami amoniaku. Odstęp pomiędzy zabiegami powinien wynosić 6 tygodni.

Badania przeprowadzone w IUNG-PIB wykazały, że w wyniku poprawy odczynu gleby (zwiększona intensywność wapnowania) możliwe jest ograniczenie strat azotu o  $4 \text{ kg ha}^{-1}$  użytków rolnych w dobrej kulturze.

### Wzbogacanie materii organicznej w glebie

Praktyką ograniczającą rozpraszanie azotu i fosforu jest zapewnienie dopływu materii organicznej (rezerwuar węgla organicznego), która przyczynia się do poprawy struktury gleby, a tym samym do lepszego wykorzystania składników pokarmowych i ograniczania ich strat przez wymywanie. Istnieje wiele metod zwiększających sekwestrację węgla w glebie. Sposobem na **wzrost materii organicznej w glebie jest stosowanie odpowiedniego płodozmianu** poprzez włączenie roślin bobowatych i traw oraz ich mieszanek. Rośliny bobowate optymalizują dopływ azotu przez biologiczne wiązanie i umożliwiają jego wykorzystanie przez roślinę następczą, ograniczając straty azotu spowodowane wymywaniem. Biologiczne wiązanie azotu przez rośliny bobowate ma zastosowanie we wszystkich systemach rolniczych, a zwłaszcza tam, gdzie stosuje się niewielkie ilości nawozów oraz na gruntach z niedoborem organicznych składników pokarmowych. Zaleca się także uwzględnienie w płodozmianie wczesnie dojrzewających roślin na gruntach najbardziej podatnych na zmiany, aby przeprowadzić zbiory przed porą mokrą i ułatwić wprowadzenie upraw okrywowych. Rośliny okrywowe zapobiegają erozji oraz pomagają w budowie i utrzymaniu humusu w glebie.

Ilość azotu działającego, pozostającego po uprawie roślin bobowatych, w zależności od przedplonu wynosi: przyorane resztki poźniwne –  $20 \text{ kg ha}^{-1}$ , przyorane całe rośliny –  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Te ilości powinny być uwzględnione w planie nawozowym, co pozwoli na zmniejszenie dawek nawozów mineralnych stosowanych pod rośliny następcze. W literaturze czytamy, że  $100 \text{ kg}$  azotu związanego przez rośliny bobowate może być ekwiwalentem  $200 \text{ kg}$  azotu zastosowanego w formie nawozu mineralnego.

Źródłem materii organicznej w glebie są też przyorane poplony. Mogą one być stosowane jako wysiewki pod uprawę główną lub tuż po zbiorach. W momencie zbioru plonu głównego roślina poplonowa ma już dobrze ukształtowany system korzeniowy i jest zdolna do pobierania azotu z gleby. Azot, który mógłby ulec wymyciu, jest pobierany przez roślinę poplonową do jej wzrostu. Poplony mogą również pobierać fosfor dostępny w strefie korzeniowej. Poplon powinien być zaorywany jak najpóźniej jesienią lub wiosną. **Utrzymanie okrywy roślinnej przez cały rok** zapobiega wymywaniu azotanów, poprawia strukturę gleby i ogranicza erozję wodną i wietrzną. Wybór gatunków roślin stosowanych jako poplony zależy od warunków klimatycznych i glebowych. Stosowanie poplonów jest skuteczne na tych obszarach, gdzie zimą występuje nadwyżka opadów. Natomiast należy ich unikać na obszarach, gdzie prowadzenie upraw okrywowych może doprowadzić do wysuszenia gleby.

Praktyką sprzyjającą tworzeniu materii organicznej i poprawiającą strukturę gleb jest **stosowanie międzyplonów**. Międzyplony zatrzymują składniki pokarmowe w strefie korzeniowej. Jak już wspomniano, grunty nieobsiane są narażone na erozję wodną i wietrzną. Natomiast uprawa i późniejsze przyoranie międzyplonów, szczególnie z dużą biomasą nadziemną, dostarczają znacznej ilości substancji organicznej.





Fot. 4.3. Poplon – łubin; fot. Jakub Zieliński

Pokrycie gleby roślinnością ogranicza emisję podtlenku azotu i wymywanie składników pokarmowych, zwłaszcza azotu w postaci azotanów, oraz zwiększa sekwestrację węgla organicznego w glebach. Uprawa międzyplonów ma szczególne znaczenie na terenach nachylnych. Intensywne opady czy spływy powierzchniowe powodują tam wypłukiwanie cząstek gleby, co prowadzi do zubożenia w składniki pokarmowe i pogorszenia właściwości gleb (mniejsza infiltracja wody i napowietrzenie gleby). Wymywanie biogenów powoduje zanieczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych. Na glebach cięższych korzystne jest stosowanie międzyplonów o głębokim systemie korzeniowym (gorczyca biała, rzodkiew oleista, rzepik), co prowadzi do rozluźnienia podglebia.

Według literatury, szacowana ilość azotu wniesiona w 1 t suchej masy przyoranego międzyplonu, w zależności od gatunku lub grupy roślin, wynosi 15,5–36,2 kg N na ha<sup>1</sup>. Biorąc pod uwagę zawartość azotu w roślinach wzbogacających glebę w materię organiczną, przyoranie 3 ton suchej masy międzyplonów może skutkować zmniejszeniem stosowania mineralnych nawozów azotowych lub zredukowanie ich dawki uzupełniającej przeciętnie o 100 kg.



Fot. 4.4. Przeorywanie resztek poźniwnych – uprawa konserwująca; fot. Anna Nieróbca

Sekwestrację węgla w glebie zwiększa także **przyorywanie resztek poźniwnych**. Praktyka jest zalecana głównie w gospodarstwach bezinwentarzowych nieposiadających nawozów naturalnych. Wprawdzie przyorywanie słomy znacznie słabiej oddziałuje na bilans glebowej materii organicznej w porównaniu do nawozów organicznych czy uprawy roślin bobowatych, ale przyczynia się do poprawy struktury gleby i wykorzystania składników pokarmowych. Wraz z resztkami poźniwnymi wprowadza się do gleby znaczne ilości składników pokarmowych dla roślin następczych.

Ważne jest terminowe wykonywanie zabiegów agrotechnicznych oraz rozdrobnienie słomy i równomierne jej rozrzucenie. Proces rozkładu słomy można przyspieszyć poprzez optymalne



wymieszanie jej z glebą, zapewnienie odpowiedniego pH gleby i wprowadzanie mikroorganizmów, które przyczynią się do rozkładu. Jednak wniesienie do gleby dodatkowej ilości azotu z resztkami poźniwnymi zwiększa emisję podtlenku azotu, a wielkość tej emisji zależy od systemu uprawy. Badania własne wykazały, że w systemie płużnym przyoranie słomy powodowało wzrost średniej emisji  $N_2O$  o  $104 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1}\text{r}^{-1}$ . Tak więc przyorywanie słomy zwiększy emisję podtlenku azotu ze względu na dodatkowo wniesiony azot, jednakże w znacznie większym stopniu zredukuje emisję dwutlenku węgla o  $400\text{--}600 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1}\text{r}^{-1}$  wskutek większej sekwestracji węgla organicznego. Natomiast nie stwierdzono dużego wpływu stosowania praktyki na wysokość emisji amoniaku (emisja pośrednia  $N_2O$ ).

Zwiększenie zawartości materii organicznej w glebie to dobry sposób na poprawę długoterminowej retencji azotu, zmniejszający wymywanie i denitryfikację.

## Systemy uprawy konserwującej

Podstawowym elementem agrotechniki kształtującym właściwości gleby jest uprawa roli. Tradycyjna uprawa roli przyspiesza mineralizację materii organicznej, prowadząc do jej strat. Ponadto gleba po zaoraniu jest bardziej podatna na erozję wietrzną i wodną, co również ma negatywny wpływ na materię organiczną. Dlatego też w coraz większym stopniu rekomenduje się **stosowanie takich technik bezpłużnej uprawy roli (tzw. konserwującej)**, które wpływają korzystnie na środowisko glebowe. Do takich systemów należy uprawa uproszczona, która polega na ograniczeniu głębokości i zmniejszeniu intensywności zabiegów oraz pozostawianiu resztek poźniwnych na powierzchni gleby. W uprawie tej nie stosuje się pługa (nie następuje odwracanie gleby). Przygotowując glebę do siewu, wykonuje się jedynie 1–2 zabiegi płytkie (5 cm) lub głębsze (20 cm). Spulchniania gleby dokonuje się maszynami biernymi (kultywatorami, broną talerzową itp.) lub czynnymi (rotacyjnymi, wahadłowymi, wibracyjnymi). System ten ma więc zastosowanie do uprawy roli, przy której wykonuje się najniższą liczbę zabiegów koniecznych do uprawy rośliny po przedplonie w danych warunkach glebowych i klimatycznych.

Innym rodzajem uprawy konserwującej jest uprawa bezorkowa, w której rezygnuje się z mechanicznej ingerencji w glebę. Siew wykonuje się bezpośrednio w spulchnioną bruzdkę siewną specjalnym siewnikiem, wyposażonym najczęściej w tarcze rozcinające glebę. W wykonanych przez nie szczelinach umieszcza się materiał siewny. Ten rodzaj uprawy nie powinien być stosowany na glebach zlewnych, nieprzepuszczalnych ani na bardzo lekkich, piaszczystych.

Trzecim rodzajem jest uprawa pasowa (*strip-till*), czyli spulchnianie wąskiego pasa w rzędzie siewu. Między nimi pozostają pasy gleby nienaruszonej, nieuprawionej i stanowią one co najmniej dwie trzecie całkowitej powierzchni przeznaczanej pod uprawę wybranej rośliny. Ten rodzaj ma łączyć zalety uprawy orkowej z bezorkową. Do uprawy stosuje się agregaty uprawowe, które umożliwiają jednoczesną uprawę i siew oraz nawożenie.



Fot. 4.5. Siew w mulcz; fot. Zuzanna Jarosz



Fot. 4.6. Uprawa pasowa – uprawa konserwująca; fot. Anna Nieróbca

Stosując systemy uprawy konserwującej, zaleca się także całoroczne przykrycie powierzchni gleby resztkami poźniwymi, mulczem lub roślinami ochronnymi, które w zależności od technologii uprawy znajdują się na powierzchni lub są wymieszane z glebą.

Wieloletnie badania przeprowadzone przez różnych autorów wskazują, że stosowanie konserwującej uprawy roli pozwala na ograniczenie strat azotu o 10–20%.

Proponowane systemy uprawy wpływają na polepszenie struktury i porowatości gleby, przeciwdziałają erozji wodnej i wietrznej, zatrzymują składniki pokarmowe w wierzchniej warstwie gleby i nie dopuszczają do ich wymycia, zwiększają zawartość próchnicy, a przede wszystkim ograniczają koszty prac polowych (czas pracy, koszty paliwa). Uprawa konserwująca znacznie zwiększa infiltrację wody i jej szybkość, a tym samym ogranicza spływy powierzchniowe i ewaporację. Pozostawianie resztek poźniwych zmniejsza też ewapotranspirację przez zmniejszenie amplitudy zmian temperatury gleby (właściwości izolujące), zmniejszenie dyfuzji pary wodnej, absorpcję pary wodnej przez mulcz oraz osłonę przed wiatrem powierzchniowej warstwy gleby. W konsekwencji zwiększa się wilgotność względna gleby oraz ilość wody dla roślin.



Fot. 4.7. Uprawa uproszczona – agregat; fot. Zuzanna Jarosz

Wybór systemu uprawy powinien być przemyślany i dostosowany do warunków glebowych i możliwości organizacyjnych gospodarstwa.

## Ochrona oczek wodnych i mokradeł

Śródpolne oczka wodne to naturalne zbiorniki wodne o powierzchni do 1 ha. Mokradła to obszary wodno-błotne (bagna, błota, torfowiska) naturalne i sztuczne, stałe i okresowe, o wodach stojących lub płynących, słodkich, słonawych lub słonych.

Śródpolne oczka wodne i mokradła pełnią ważne funkcje środowiskowe. Przede wszystkim wychwytyją biogeny niesione spływem powierzchniowym, a tym samym ograniczają ich przemieszczanie się do cieków i innych zbiorników wodnych (jezior). W wyniku procesów sedymentacji, przemian biologicznych i chemicznych oraz pobrania przez rośliny usuwane są z wody składniki nawozowe (azot, fosfor), a tymczasem woda ta może być wykorzystana do nawadniania pól podczas suszy (tzw. mała retencja). Oczka i mokradła nie tylko zwiększają retencję powierzchniową, ale wspomagają zasilenie wód gruntowych na przylegających do nich obszarach. Zwiększa się przez to wilgotność gleb, a zmniejsza ich erozja. Wpływają także na poprawę różnorodności biologicznej i wzbogacenie walorów krajobrazu.



Fot. 4.8. Ochrona mokradeł; fot. Jakub Zieliński

## Strefy buforowe

Strefy buforowe są to nieużytkowane rolniczo pasy gruntu usytuowane między użytkami rolnymi a ciekami lub zbiornikami wodnymi. Strefy buforowe są pokryte trwałą szatą roślinną (trawy, krzewy, zadrzewienia). Ich podstawową funkcją jest ochrona wód powierzchniowych przed biogenami i innymi zanieczyszczeniami przemieszczającymi się ze spływem powierzchniowym. Roślinność strefy buforowej ogranicza prędkość spływającej wody i cząsteczek gleby, wychwytyjąc nadmiar biogenów i ograniczając erozję. Odgrywają one szczególną rolę na terenach nachylonych, a zwłaszcza w kierunku przylegających cieków wodnych. Ich utrzymanie lub zakładanie zwiększa różnorodność biologiczną środowiska.

## Podsumowanie

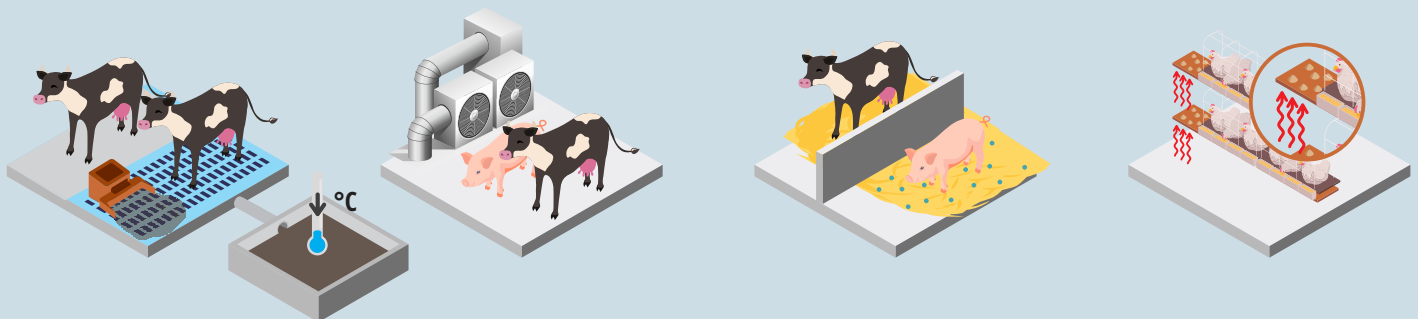
W rozdziale starano się przekazać podstawową wiedzę o możliwościach ograniczania strat składników pokarmowych z produkcji roślinnej. Redukcja najbardziej szkodliwych dla środowiska wodnego składników nawozowych, tj. azotu i fosforu, to nie tylko ochrona jakości wód, ale także konkretny efekt ekonomiczny przejawiający się ograniczeniem zużycia i zakupu nawozów. Rekomendując powyższe praktyki, założono, że skłoni to zainteresowane osoby do dobrowolnego zaangażowania i wdrażania aktywności, a w efekcie do poprawy stanu środowiska przyrodniczego.

# Paktyki mitygacyjne w chowie zwierząt

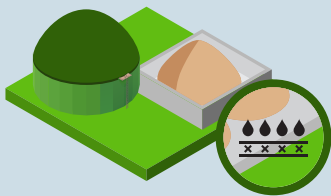
1



2



3



4



1

## Praktyki żywieniowe

- Precyzyjne bilansowanie dawek pokarmowych pokrywających zapotrzebowanie bytowe i produkcyjne bydła, świń i drobiu oraz żywienie wielofazowe uwzględniające potrzeby poszczególnych grup technologicznych przy odpowiedniej koncentracji aminokwasów, zwiększeniu strawności paszy i ograniczeniu poziomu białka ogólnego.
- Stosowanie dodatków paszowych zwiększających strawność białka i zmniejszających wydalanie azotu w odchodach np. enzymów, kwasów organicznych i aminokwasów syntetycznych u zwierząt monogastrycznych oraz tanin i saponin u przeżuwaczy.
- Wydłużenie okresu pastwiskowania u bydła z 4 do 8, 12, a nawet do 24 godzin. Wydalany przez krowy mocz jest szybko wchłaniany przez glebę, przez co czas możliwej emisji amoniaku do powietrza atmosferycznego jest ograniczony. Korzystanie z pastwiska eliminuje także możliwość defekacji bydła w pomieszczeniach inwentarskich, uniemożliwiając tym samym emisję amoniaku w tych budynkach oraz na kolejnym etapie przechowywania nawozów naturalnych.

2

## Rozwiązania technologiczne w budynkach i systemach utrzymania

- Stosowanie w utrzymaniu bydła podłóg separujących, pozwalających na oddzielenie kału od moczu. Dzięki temu nie dochodzi do kontaktu tych dwóch rodzajów odchodów, co zapobiega działaniu ureazy występującej w kale i zwiększonej emisji amoniaku.
- W beźściolowym utrzymaniu świń redukcja udziału podłóg rusztowych wraz z odpowiednio wyprofilowanymi kanałami, służącymi do magazynowania odchodów pod tymi podłogami. Odpowiednia konstrukcja i profil takich kanałów zmniejsza powierzchnię przylegania odchodów.
- W przypadku stosowania podłóg rusztowych obniża się także temperaturę gnojowicy. Schładzanie tej frakcji odchodów jest możliwe dzięki zamontowaniu wymiennika ciepła w kanale gnojowym i wymiany ciepła np. z wodą użytkową lub systemem ogrzewania. Pozyskane ciepło może zostać wykorzystane do poduszania siana albo ziarna.
- Oczyszczanie powietrza pochodzącego z budynków inwentarskich poprzez biofiltry ze złożem organicznym lub piuczki z kwaśnym roztworem soli.
- Dwukrotne zwiększenie objętości ściółki u bydła utrzymywanego w systemie wolnostanowiskowym na głębokiej ściółce.
- Poduszanie pomiotu drobiowego na jego podkłatkowych przenośnikach lub stosowanie suszarni pomiotu.
- Stosowanie częstego – trzy lub czterokrotnego – usuwania w ciągu dnia odchodów zwierząt gospodarskich z budynków inwentarskich.

3

## Przechowywanie nawozów naturalnych

- Właściwe przechowywanie nawozów naturalnych (obornika oraz gnojowicy i gnojówki) w sposób zabezpieczający wodę i glebę przed zanieczyszczeniem. Np. stosowanie betonowych płyt obornikowych ze studzienkami odciekowymi oraz przykrywanie zbiorników na gnojowicę i gnojówkę.

4

## Przetwarzanie nawozów naturalnych

- Stosowanie technologii pozwalających na przetwarzanie nawozów naturalnych:
  - separacji gnojowicy,
  - zakwaszania gnojowicy,
  - pirolizy pomiotu.



# Praktyki mitygacyjne w chowie zwierząt

**dr Wojciech Krawczyk**

Instytut Zootechniki, Państwowy Instytut Badawczy w Balicach k. Krakowa

Rozpraszanie azotu i fosforu w produkcji zwierzęcej znacząco oddziałuje na środowisko. Zapobieganie zanieczyszczeniu wody, powietrza i gleby, potęgowanemu dużą liczbą zwierząt utrzymywanych w budynkach i fermach przemysłowych, stało się wyzwaniem dla hodowców i nabrało priorytetowego znaczenia w krajach UE, także dla konsumentów. Zawartość białka w paszach i dodatkach paszowych pokrywająca zapotrzebowanie bytowe, a przede wszystkim produkcyjne zwierząt, ich strawność i przyswajanie, decyduje o koncentracji tego pierwiastka w odchodach. Mocz i kał oraz nawozy naturalne, powstające w trakcie utrzymania różnych gatunków zwierząt gospodarskich, i towarzyszące im straty pierwiastków biogenych występują już na etapie defekacji w budynkach inwentarskich. Bilansowanie dawek pokarmowych, przypisanych odpowiednim poziomom żywienia w zależności od gatunków i grup technologicznych, decyduje o koncentracji i stratach azotu także na etapie przechowywania nawozów naturalnych: pomiotu, gnojowicy i obornika. Ich dalsze przetwarzanie oraz aplikacja na gruntach ornych stanowią zagrożenie nie tylko dla środowiska, ale także dla zdrowia zwierząt i ludzi. Nadmierne stężenie azotanów w wodzie przyczynia się do postępującej eutrofizacji wód śródlądowych i morskich. Emisja amoniaku skutkuje jego mokrą depozycją w formie amonowej. Zdolność tworzenia przez niego aerozoli zagraża także zdrowiu ludzkiemu, prowadząc do chorób układów krążenia i oddechowego. Możliwość tworzenia przez amoniak pyłów i przemieszczania się w tej postaci na większe odległości wpływa na transgraniczny charakter jego emisji.

Nie można bagatelizować faktu, że rolnictwo w UE jest odpowiedzialne za 95% emisji amoniaku, natomiast w Polsce wartość ta sięga 98%, przy czym 83% pochodzi z nawozów naturalnych, a pozostałe 17% jest związane z wykorzystaniem nawozów mineralnych. **Powyższe zagrożenia związane z rozpraszaniem azotu z produkcji zwierzęcej stały się przedmiotem działań na poziomie UE i krajowym. Mają one charakter prawny i strategiczny, którego odzwierciedleniem są odpowiednie dyrektywy (azotanowa, NEC, IED) oraz wynikające z nich przepisy prawne (program azotanowy, Krajowy Program Ograniczenia Zanieczyszczenia Powietrza) czy kodeksy (Krajowy kodeks doradczy dobrej praktyki rolniczej dotyczący ograniczania emisji amoniaku). Wspomniane legislacje mają m.in. wdrożyć praktyki mitygujące rozpraszanie związków azotu w rolnictwie.** Porównywalne znaczenie w ograniczeniu nie tylko rozpraszania amoniaku, ale i gazów cieplarnianych (metanu, tlenu diazotu czy dwutlenku węgla) ma strategia Europejskiego Zielonego Ładu czy działania ujęte w nowej Wspólnej polityce rolnej na lata 2023–2027, takie jak ekoschematy.

Uwzględniając opisane źródła rozpraszania azotu i fosforu, działania mitygacyjne ograniczające straty tych pierwiastków w chowie zwierząt należy powiązać z praktykami z zakresu: żywienia zwierząt, rozwiązań technologicznych stosowanych w budynkach inwentarskich, w których są one utrzymywane, przechowywania nawozów naturalnych oraz ich przetwarzania.

## Żywienie zwierząt

**Mitygację rozpraszania zaważków azotu w żywieniu zwierząt osiąga się za pośrednictwem precyzyjnego bilansowania dawki, żywienia wielofazowego uwzględniającego potrzeby poszczególnych grup technologicznych przy odpowiedniej koncentracji aminokwasów, zwiększeniu strawności paszy i ograniczeniu poziomu białka ogólnego.**

Potrzeby pokarmowe zwierząt uzależnione są od: ich wieku, masy ciała, kondycji, produktywności i grupy technologicznej. Dawka pokarmowa powinna im zapewniać oprócz białka także odpowiedni poziom energii, mikro- i makroelementy oraz wodę. Odpowiedni poziom energii zapewnia zwierzętom pokrycie zapotrzebowania bytowego oraz wzrost i rozwój, gwarantując hodowcy odpowiednie wyniki produkcyjne. Natomiast negatywne oddziaływanie czynników środowiskowych, m.in. nieodpowiedniej temperatury czy wadliwej wentylacji, wywołuje u zwierząt stres i przyczynia się do obniżenia ich odporności. Stres skutkuje również wzrostem zapotrzebowania bytowego i spadkiem produktywności.

**Żywienie bydła wyróżnia się przede wszystkim charakterem bilansowania białka ze względu na jego miejsce trawienia. Bilansowanie jest realizowane na podstawie białka właściwego, trawionego w jelicie cienkim (BTJ). Krowy o wyższej wydajności pobierają więcej paszy, która jest usuwana ze żwacza bardzo szybko. Mikroorganizmy mają mniej czasu na rozkład białka, przez co jego większa część nie ulega degradacji w żwaczu. Około 20% białka paszy nierozłożonego przez mikroorganizmy przechodzi przez jelito cienkie bez wchłaniania i jest wydalone. W bilansowaniu dawki pokarmowej dla bydła dąży się do stanu, gdzie  $BTJN = BTJE$ . Zaleca się, aby średnia zawartość białka ogólnego w dawce pokarmowej bydła mlecznego nie przekraczała 15–16% suchej masy.** Dotyczy to przede wszystkim bydła mlecznego niekorzystającego z pastwiska z żywieniem TMR (ang. *Total Mixed Ration* – całkowicie wymieszana dawka) i PMR (ang. *Partially Mixed Ration* – częściowo wymieszana dawka) jako precyzyjnych sposobów bilansowania białka. Konsekwencją tej praktyki jest redukcja emisji amoniaku o 20%. Szacuje się, że obniżenie koncentracji białka w paszy o 1% skutkuje redukcją zawartości azotu amonowego w gnojowicy o 10%.

Metoda precyzyjnego żywienia realizowana jest w praktyce poprzez żywienie TMR i PMR, co pozwala na 10–25% redukcji emisji amoniaku, pod warunkiem precyzyjnego zbilansowania dawki pokarmowej i obniżenia koncentracji białka ogólnego w przedziale 10–15%. Ogromne znaczenie ma jakość białka zawartego w paszy i udział białka nieulegającego rozkładowi w żwaczu, który w tym przypadku powinien wynosić 35–40%. Wysokowydajnym krowom kiszonki i śrutę zbożowe nie zagwarantują takiego poziomu białka, dlatego konieczne jest zastosowanie wysokobiałkowych pasz treściwych, poddanych odpowiedniej preparacji. Białko chronione przed rozkładem w żwaczu ma zwiększyć ilość aminokwasów egzogennych wchłanianych bezpośrednio w jelicie cienkim. Do pasz zawierających białko chronione należą: ekstrudowane i ekspandowane formy poekstrakcyjnej śrutę sojowej, rzepakowej i makuchu rzepakowego, ekstrudowana śruta słonecznikowa, suszony wywar gorzelniany (DDGS), ekstrudowany len pełnotłusty oraz suszone młóto browarniane.



**Zadaniem wielofazowego żywienia bydła jest dostosowanie składu dawki pokarmowej do aktualnego zapotrzebowania zwierząt w poszczególnych fazach wzrostu lub etapach cyklu produkcyjnego. Polega ona na zmniejszeniu dawki białka ogólnego bez naruszania białka strawnego w diecie, która zazwyczaj jest ustalana jednorazowo na cały czas opasu. W uproszczonej metodzie żywienia wielofazowego bydła mięsnego zwierzęta są żywione dwoma rodzajami dawek TMR podawanych dwukrotnie w ciągu dnia. Pierwsza dawka, zawierająca 13% białka ogólnego, jest zadawana do 120–180 dni opasu, natomiast druga w ostatnich 28–56 dniach – zawiera 9–11% białka ogólnego. W skład takiej odpowiednio zbilansowanej dawki może wchodzić, oprócz kiszonki z kukurydzy i siano-kiszonki z traw, gniecione ziarno kukurydzy. Ta praktyka żywieniowa jest stosowana w dużych stadach z intensywnym opasem bydła mięsnego w budynkach, bez udziału pastwiskowania i redukuje emisję amoniaku do 10%. Żywienie wielofazowe przeżuwaczy skutkuje także ograniczeniem emisji podtlenku azotu o 5%.**

Ostatnią praktyką przyczyniającą się do mitygacji amoniaku w żywieniu bydła jest wydłużenie pastwiskowania. Realizuje się je przez dodatkowy dzienny wypas w czasie dłuższym od zakładanych 4 godz. Wydłużone pastwiskowanie trwa 8, 12, a nawet 24 godz. Wydalany przez krowy mocz jest szybko wchłaniany przez glebę, przez co czas możliwej emisji amoniaku do powietrza atmosferycznego jest ograniczony. Korzystanie z pastwiska eliminuje także możliwość defekacji bydła w pomieszczeniach inwentarskich, uniemożliwiając tym samym emisję amoniaku w tych budynkach oraz na kolejnym etapie przechowywania nawozów naturalnych. Oczywiście wydłużenie pastwiskowania jest możliwe tylko na odpowiednim areale przeznaczonym do wypasu, przy optymalizacji zarządzania jakością pastwisk, polegającej m.in. na: prowadzeniu wypasu kwaterowego, określeniu jakości i wydajności pastwiska, dostosowaniu obsady zwierząt do jego wydajności. Szacuje się, że ten sposób żywienia bydła ogranicza emisję amoniaku o 20%.

**Redukcja emisji amoniaku, wynikająca z większej przyswajalności białka w paszy, jest także możliwa dzięki stosowaniu w żywieniu bydła dodatków paszowych w postaci np. tanin. Taniny to substancje roślinne, które wpływają m.in. na zwiększenie puli białka chronionego dostępnego w jelicie cienkim. Powinny być podawane w dawce 0,15–0,20 g/kg masy ciała, np. jako dodatek do TMR. Ich zastosowanie skutkuje redukcją emisji amoniaku o 25–55%. Tego rodzaju dodatki są jednak rzadko stosowane w żywieniu bydła z powodu specyficznego, gorzkiego smaku, nie zawsze tolerowanego przez krowy.**

Ograniczenie rozpraszania związków fosforu z żywienia zwierząt polega na wprowadzeniu do paszy fitazy – enzymu pochodzenia bakteryjnego, rozkładającego nierozpuszczalne organiczne połączenia fityny, głównego składnika roślin zawierającego do 80% fosforu. Przeżuwacze z bogatą mikroflorą bakteryjną i enzymatyczną w żwacu nie powinny mieć problemu ze strawnością tego pierwiastka. Jednak obecnie 40% dawki pokarmowej wysokoprodukcyjnych krów, owiec i kóz stanowią zboża będące komponentem pasz treściwych i źródłem energii. Mimo śrutowania, gniecenia itp. materiał ten jest mniej dostępny dla enzymów niż pasze objętościowe. Także dawki dla przeżuwaczy bilansowane są z dużym nadmiarem fosforu ogólnego. Z powodu obecności bakteryjnej fitazy w żwacu dla tej grupy nie stosuje się dodatków egzogennej fitazy (choć prowadzi się

takie badania), a jedynie dokładniejsze bilansowanie fosforu oparte na jego strawności. Takie postępowanie może ograniczać wydalanie tego pierwiastka aż o 40%.

**Obniżenie poziomu białka ogólnego w paszy dla świń zapewnia jednocześnie pokrycie potrzeb żywieniowych poszczególnych grup technologicznych tego gatunku. Metoda ta, podobnie jak precyzyjne bilansowanie dawek, jest związana ze zmianą składu paszy oraz jej strawności. Zalecana zawartość białka w paszy dla świń, powodująca redukcję emisji amoniaku na poziomie 10–20%, wynosi: 19–21% – dla prosiąt, 15–19% – dla warchlaków, 14–17% oraz 13–15% bez stosowania aminokwasów syntetycznych i 11–12% z ich udziałem – dla tuczników. U loch próśnych jest to 13–15%, a u loch karmiących – 15–17%. Do precyzyjnego bilansowania dawki stosuje się: metioninę, lizynę, treoninę, argininę i tryptofan, czyli aminokwasy egzogenne niesyntetyzowane w organizmie świń. Stosuje się także dodatki enzymów rozkładających niedostępne zazwyczaj dla świń związki białkowe paszy.**

Prowadzenie żywienia wielofazowego warchlaków wiąże się z przystosowaniem ich diety do zapotrzebowania w odpowiednich fazach wzrostu. Klasyczny system żywienia warchlaków jest oparty na jednej dawce żywieniowej zbilansowanej na poziomie 13 MJ energii metabolicznej i zawartości białka ogólnego na poziomie 180 g. Aby zredukować emisję amoniaku, w żywieniu tej grupy zaleca się zastosowanie dwóch rodzajów pasz o zróżnicowanym poziomie białka i energii, natomiast przy wcześniejszym odsadzaniu i odchowie do 30 kg należy zastosować trzy rodzaje paszy. W żywieniu dwufazowym obniżenie poziomu białka ogólnego do 175 g powinno nastąpić w początkowym okresie odchovu, gdy zwierzęta osiągają masę ciała 10–20 kg. Warchlaki, które osiągną 20–30 kg masy ciała, należy żywić mieszanką standardową. Obniżenie poziomu białka w pierwszej fazie wzrostu warchlaków ma ograniczyć ryzyko wystąpienia choroby obrzękowej u odsadzonych prosiąt. Redukcja emisji amoniaku w tej praktyce jest określana zależnie od kraju jej stosowania: w Anglii – na 5%, natomiast w Niemczech – na 15% dla żywienia dwufazowego i 25% dla trójfazowego.

W trakcie wzrostu tuczników zapotrzebowanie na białko ulega stopniowo obniżeniu, tak jak obniża się tempo ich wzrostu, w tym odkładanie białka w tkankach. Standardowo korzysta się tu z dwóch poziomów w zależności od typu paszy (starter, finisher). Jako metodę redukcji dla tuczników zaleca się wykorzystanie pięciu pasz. Stosowanie żywienia wielofazowego nie wymaga specjalnych rozwiązań w organizacji żywienia i odbywa się tak jak żywienie klasyczne. Dużo zależy technologii, którą się stosuje. Możliwe jest także rozdzielanie tuczników utrzymywanych grupowo przez odpowiednie stacje ważące do odpowiednich stref odpasu z paszami o różnym składzie. Lżejsze tuczniaki kierowane są przez stację do strefy z paszą o wyższej koncentracji białka i energii, cięższe – do strefy z uboższą mieszanką. Aktualnie dostępne są już systemy ESF (ang. *Electronic Sow Feeding* – elektroniczna stacja żywienia dla świń) dla tuczników, gdzie zmiana kompozycji dawki pokarmowej odbywa się codziennie zgodnie z pomiarem i porównaniem masy ciała zwierzęcia. Wprowadzenie żywienia wielofazowego tej grupy technologicznej prowadzi do redukcji emisji amoniaku o 15% dla żywienia dwufazowego i 25% – dla trzyfazowego.

**W żywieniu drobiu, podobnie jak u świń, w bilansowaniu dawki należy wziąć pod uwagę potrzeby związane z: energią metaboliczną, białkiem ogólnym, włóknem surowym, skład-**

**nikami mineralnymi i aminokwasami. Dodatkowo okres nieśności wymaga zaspokojenia wysokiego zapotrzebowania na wapń. Drób ma zdolność do syntezy tylko wybranych aminokwasów, natomiast aminokwasy egzogenne (lizyna, metionina, treonina, arginina, leucyna, izoleucyna, fenyloalanina, walina i tryptofan) muszą być podawane w paszach.**

Precyzyjne bilansowanie dawki dla drobiu polega na obniżeniu poziomu białka ogólnego w paszy przy jednoczesnym pokryciu potrzeb żywieniowych każdej jego grupy technologicznej. Do precyzyjnego bilansowania dawki stosuje się dodatki aminokwasów egzogennych niesyntetyzowanych w organizmie ptaków oraz enzymów rozkładających niedostępne zazwyczaj dla ptaków związki białkowe paszy. Do aminokwasów egzogennych należą: metionina, cystyna i lizyna, a także treonina, tryptofan oraz arginina. W metodzie precyzyjnego żywienia konieczne jest bilansowanie receptur mieszanek paszowych z zastosowaniem aminokwasów strawnych, których zawartość oblicza się przy użyciu tabelarycznych współczynników strawności dla poszczególnych materiałów paszowych. System bilansowania oparty na strawnych aminokwasach powinien być stosowany zwłaszcza przy recepturach 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 w pewnym zakresie poziomu białka ogólnego w mieszankach bez negatywnego wpływu na wskaźniki produkcyjne i efekty ekonomiczne. Według danych naukowych, w stosunku do komercyjnych standardów istnieje możliwość obniżenia zawartości białka w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów i kur nieśnych do 20%. Jednak nawet przy intensywnej suplementacji diety aminokwasami występują biologiczne limity takiego zabiegu. Ich przekroczenie prowadzi do pogorszenia wskaźników produkcyjnych. Duże znaczenie mają dodatki o działaniu zwiększającym dostępność aminokwasów zawartych w mieszance paszowej, co może pozwolić na obniżenie poziomu białka ogólnego i ograniczenie wydalania azotu. Skuteczne są niektóre egzogenne enzymy pochodzenia mikrobiologicznego, przede wszystkim proteaza, której stosowanie jest wskazane zwłaszcza w mieszankach opartych na materiałach białkowych o obniżonej strawności aminokwasów. Podobną rolę spełniają niektóre kwasy organiczne używane jako dodatek paszowy. Należy pamiętać, że praktyczne efekty dodatków paszowych, w tym enzymów paszowych, są bardzo zmienne i zależą od wielu czynników, które mogą wpływać na efektywność ich oddziaływania w organizmie ptaków. Ich stosowanie redukuje emisję amoniaku o 5–10%.

W żywieniu brojlerów oraz indyków stosuje się obecnie żywienie trójfazowe. Ta praktyka ma obniżyć koszty paszy oraz poprawić produktywność. Redukcja emisji amoniaku na poziomie 20% w tego rodzaju żywieniu będzie możliwa po zastosowaniu 4–5-fazowego żywienia brojlerów kurzych, 4–6-fazowego żywienia brojlerów indycznych i 3-fazowego żywienia kaczek oraz gęsi.

Fosfor w żywieniu warunkuje produktywność i może wywoływać choroby niedoborowe. Prowadzi to do stosowania dawek pokarmowych zawierających nadmiar związków tego pierwiastka. Fosfor w paszy pochodzenia roślinnego najczęściej występuje w postaci fitynowej, a jego strawność u zwierząt monogastrycznych wynosi 20–40%. Pozostałe 60–80% jest wydalone z odchodami do środowiska, dlatego przy bilansowaniu dawek zakłada się stosunkowo wysoki nadmiar fosforu ogólnego, a same dawki uzupełnia o nieorganiczne łatwo przyswajalne związki tego pierwiastka.

Fosfor w paszy obecny jest również w dodatkach mineralnych – jako fosforan jednowapniowy, dwuwapniowy i trójwapniowy – oraz w mączkach rybnych i drożdżach.

## Rozwiązania technologiczne w budynkach i systemach utrzymania

Emisja amoniaku w budynkach inwentarskich jest związana przede wszystkim z miejscami depozycji odchodów oraz czasowego przechowywania gnojowicy i obornika. Przepływ wentylowanego powietrza w oborach, chlewniach i kurnikach powoduje większe ulatnianie się amoniaku z odchodów w miejscach ich występowania. Ograniczenie ruchu powietrza nad tymi powierzchniami przyczynia się do redukcji emisji tego gazu o 20%.

**Stosowanie częstszego usuwania odchodów zwierząt gospodarskich ogranicza emisję amoniaku z pomieszczeń inwentarskich. Warunkiem zapewniającym odpowiedni poziom redukcji tego gazu jest trzy- lub czterokrotne przeprowadzanie tego zabiegu w ciągu dnia, co gwarantuje ograniczenie ulatniania się amoniaku o 20%, ale wzrost emisji podtlenku azotu o 3%.** Cienka powłoka gnojowicy pozostająca na powierzchni podłóg korytarza gnojowego po zakończeniu tego zabiegu jest nadal powierzchnią emitującą, ale w znacznie mniejszym stopniu. Do oczyszczania powierzchni rusztów używa się także odkurzaczy-robotów stosowanych przy zwykłych zgarniakach oraz przenośnikach podklatkowych w utrzymaniu niosek.

**W utrzymaniu bydła stosuje się także podłogi separujące, pozwalające na oddzielanie kału od moczu. Dzięki temu nie dochodzi do kontaktu tych dwóch rodzajów odchodów, co zapobiega działaniu ureazy występującej w kale i zwiększeniu emisji amoniaku. W tego rodzaju podłogach zastosowano dwa warianty technologiczne. Pierwszy to wykorzystanie mat z tworzywa sztucznego, przez które przesączany jest mocz do ich dolnych warstw, a następnie do zbiornika. Drugi polega na zastosowaniu tzw. ryfli, czyli odpowiednio ukształtowanych na powierzchni podłogi rowków, do których ścieka mocz. Perforacja ryfli umożliwia z kolei przedostanie się ciekłej frakcji odchodów do zbiornika. Ta praktyka pozwala na stosowanie zębatych zgarniaczy czyszczących rowki i pozostały na powierzchni kał. Podłogi separujące zapewniają redukcję emisji amoniaku o 25–40% w porównaniu do systemu konwencjonalnego.**

Tę praktykę można także zintegrować w cyklu, który polega na połączeniu podłóg separujących z robotem do usuwania odchodów oraz systemem kwaśnych płuczek, do których zostaje zasysane powietrze z budynku obory. Konsekwencją stosowania tak złożonej metody redukującej amoniak jest wytworzenie trzech rodzajów nawozów azotowych i azotowo-fosforowych o charakterze naturalnym oraz mineralnym.

Praktyką stosowaną przy podłogach rusztowych jest obniżanie temperatury gnojowicy. Schładzanie tej frakcji odchodów jest możliwe dzięki zamontowaniu wymiennika ciepła w kanale gnojowym i wymianie ciepła np. z wodą użytkową lub systemem ogrzewania. Pozyskane ciepło można wykorzystać do podsuszania siana albo ziarna. Obniżenie temperatury gnojowicy o 1°C w przedziale temperatury 35–10°C powoduje obniżenie aktywności ureazy i redukcję emisji amoniaku o 7%.

W 2020 r. w wybranych krajach europejskich zaczęto używać najnowszego rozwiązania przyczyniającego się do ograniczenia emisji amoniaku, a zastosowano je do bydła żywionego PMR. Jest nim toaleta dla krów mlecznych montowana w tylnej części stacji odpasowej. Zwierzę korzystające z tej stacji jest stymulowane do oddawania moczu do pisuaru połączonego ze zbiornikiem do jego gromadzenia. Płynna frakcja odchodów jest później używana jako nawóz, a wartość redukcji amoniaku wynosi 40%.

U bydła utrzymywanego w systemie wolnostanowiskowym na głębokiej ściółce dwukrotne zwiększenie objętości ściółki skutkuje redukcją emisji amoniaku o 50% w oborze i na etapie przechowywania obornika oraz redukcją emisji podtlenku azotu o 5%.

**Praktyki redukcyjne w utrzymaniu świń dotyczą przede wszystkim modyfikacji powierzchni oraz profilu kanałów służących do magazynowania odchodów pod podłogami rusztowymi oraz modyfikacji powierzchni tego rodzaju podłóg. Zmniejszenie powierzchni rusztu o 50% przynosi efekt w postaci redukcji amoniaku o 15–20%, a redukcja do 75% ogranicza tę emisję o 60%, ale zwiększa emisję podtlenku azotu o 1–3%.**

Ponadto materiał, z którego jest wykonana podłoga rusztowa, powinien w najwyższym stopniu ułatwiać przedostawanie się frakcji stałej i płynnej odchodów do kanałów, a podłoga pełna powinna być lekko nachylona tak, aby zapewnić spływ moczu. Kanały należy opróżniać regularnie do zbiorników znajdujących się poza budynkiem, przy użyciu zgarniaczy lub systemów podciśnieniowych.

Redukcja powierzchni kontaktu odchodów z powietrzem pod podłogą rusztową jest możliwa poprzez zastosowanie nachylonych kanałów w kształcie litery V. Ściany tych kanałów powinny być wykonane z materiału utrudniającego przywieranie frakcji stałej odchodów. Zastosowanie w ten sposób zmodyfikowanej powierzchni kanałów powoduje zmniejszenie emisji amoniaku o 20%, a w kanale wielorzędowym – o 40–65%, w zależności od grupy produkcyjnej świń oraz udziału podłogi rusztowej w całej powierzchni kojca.

**Odpowiednio zaprojektowane kojce dla świń z podziałem na strefy bytowe mogą także przyczynić się do redukcji amoniaku w chowie tych zwierząt. Podział stref w kojcach powinien uwzględniać wydzielone miejsca do odpoczynku, pobierania paszy, ruchu i defekacji. To umożliwia eliminację defekacji na pełnej części podłogi przy zachowaniu odpowiedniej temperatury kojca. Obserwacje behawioralne wykazały, że wysoka temperatura sprzyja wyborowi powierzchni podłogi rusztowej jako strefy legowiskowej, a wyższa wilgotność i niższa temperatura wpływa na wybór zarusztowania do defekacji.**

W utrzymaniu tuczników na podłodze częściowo rusztowej zalecane jest stosowanie zgarniaka typu Delta i systemu typu Convex, a na podłodze betonowej – systemu samospławialnego. Dla redukcji emisji lochy luźne i prośne mogą być utrzymywane na podłogach częściowo rusztowych z mniejszym kanałem gnojowicowym oraz wydzielonym legowiskiem. Dla loch karmiących stosuje się kojce kombinowane rusztowo-ściółkowe, a przy zastosowaniu podłogi częściowo rusztowej – tzw. kojce wannowe z podrusztową konstrukcją w postaci miski zbierającej odchody do zamkniętego



systemu przewodów kanalizacyjnych. Powyższe rozwiązania stosuje się przede wszystkim w fermach podlegających obowiązkowi posiadania tzw. pozwolenia zintegrowanego, dla których stanowią najlepszą dostępną technikę (ang. *BAT*) i redukują emisję amoniaku o 15–25%.

W ściółkowych systemach utrzymania świń należy stosować świeże, czyste suche i higieniczne podłoże. Warstwa ściółki tworząca takie podłoże powinna być wystarczająca do całkowitego wchłonięcia moczu. Ściółkę należy regularnie wymieniać, a przy chowie na głębokiej ściółce – także uzupełniać. Jeżeli całkowite wchłanianie moczu nie jest możliwe, należy stosować podłogi pochyłe, które ułatwiają jego szybki odpływ. Konieczne jest również zapobieganie wyciekom wody z systemów pojenia, aby uniknąć niepotrzebnego moczenia ściółki. Dwukrotne podwyższenie ściółkowania skutkuje redukcją emisji amoniaku o 50% i redukcją emisji podtlenku azotu o 5%.

**Redukcja emisji amoniaku z kurników dla niosek osiąga najwyższy poziom, gdy zawartość suchej masy w pomiole wynosi 60%. Przy takim poziomie suchej masy nie dochodzi do rozpadu kwasu moczowego i uwalniania się amoniaku. Suszenie wilgotnego pomiotu, w którym zawartość suchej masy jest niższa od 60%, powoduje zwiększenie emisji tego gazu. Metody ograniczania emisji amoniaku z pomiotu powinny zakładać zwiększenie zawartości suchej masy za pośrednictwem technologii utrzymujących odpowiednią zawartość suchej masy, np. w wielopoziomowych tunelach suszarniczych z perforowanymi taśmami, używających powietrza z kurnika. W chowie bateryjnym suszy się również pomiot na przenośnikach taśmowych pod bateriami. Szacowana redukcja emisji amoniaku towarzysząca temu rozwiązaniu sięga 70%.**

Duże znaczenie dla ograniczania emisji amoniaku ma także oczyszczanie wentylowanego w budynkach inwentarskich powietrza wylotowego. Najczęściej stosowanymi technologiami pozwalającymi na pozbycie się związków azotu w tego rodzaju powietrzu są biofiltry i płuczki. W płuczках biologicznych czynnikiem wchłaniającym rozpuszczone zanieczyszczenia jest aktywne złożo mikrobiologiczne. W płuczках chemicznych do wody są dodawane związki chemiczne, np. ług sodowy czy kwas siarkowy. Z kolei w płuczках węglowych wykorzystuje się węgiel aktywny. Biofiltracja powietrza wylotowego jest powszechną metodą redukcji m.in. związków azotu w fermach objętych obowiązkiem posiadania pozwolenia zintegrowanego, stosujących techniki *BAT*. Złożo zastosowane w biofiltrze musi charakteryzować się odpowiednimi właściwościami sorpcyjno-filtrującymi (np. torf), ale także odpowiednim stosunkiem C:N. W tym kontekście należy również rozpatrywać niską efektywność filtracji przez złożo słomiaste. Wprawdzie słoma posiada stosunkowo dobre właściwości chłonne, jest jednak mało porowata, a zawarty w niej węgiel nie jest aż tak prosty do zużytkowania przez mikroorganizmy jako substrat. Sposób działania biofiltracji opiera się na procesach fizykochemicznych zachodzących przy współdziałaniu mikroflory zasiedlającej złożo filtrujące. Domieszki gazowe zawarte w wentylowanym z budynku powietrzu w trakcie przepuszczania przez filtr ulegają adsorpcji, rozpuszczeniu i związaniu przez sam materiał filtrujący, wypełniającą go woda oraz filmem mikrobiologicznym powlekającym naturalny materiał filtrujący. Następnie osadzone związki są stosowane w procesach metabolicznych mikroflory. Po okresie wysycenia materiału filtrującego i namnożenia się mikroorganizmów dokonuje się jego wymiany. Zużyty materiał może być następnie zastosowany jako nawóz naturalny. Analizując efektywność redukcji emisji gazowych w utrzymaniu tuczników



na drodze biofiltracji można stwierdzić dużą skuteczność tej metody, zależną jednak od rodzaju złoża filtrującego. Największą redukcję emisji uzyskano dzięki złożu torfowemu. Niewiele mniejszą skutecznością charakteryzuje się rozdrobniona kora drzew iglastych. Najmniejszą efektywnością filtracji cechowała się natomiast słoma w postaci sieczki. Na uwagę zasługuje redukcja emisji amoniaku i siarkowodoru powyżej 60% w złożach torfowych. Prawie identyczne zależności potwierdzono przy oczyszczaniu powietrza wylotowego z obór, w których utrzymywano bydło mleczne. Ponownie torf okazał się najbardziej efektywnym materiałem filtrującym.

## Przechowywanie nawozów naturalnych

Obornik przechowywany poza budynkami gospodarczymi powinien być składowany na betonowej płycie lub nieprzepuszczalnym podłożu z systemem odprowadzania i zbiornikiem na wodę gnojową. Zastosowanie bocznych ścian oporowych stanowi dodatkowe zabezpieczenie przed wyciekami z przyzmy. Powierzchnia płyty powinna umożliwiać przechowywanie obornika przez pięć miesięcy. Zgodnie z przepisami programu azotanowego, obornik na przyzmy tymczasowej na gruncie może być składowany przez pół roku. Nie dopuszcza się ponownego składowania obornika na gruncie w tym samym miejscu przez okres 3 lat od dnia zakończenia uprzedniego składowania obornika. Przyzmy tymczasowe muszą być formowane poza zagłębieniami terenu, na płaskim terenie (o spadku do 3%) w miejscu niepiaszczystym i niepodmokłym. Dodatkowo ich lokalizacja musi być zaznaczana na planie działki.

**Aby ograniczyć emisję amoniaku z przyzmy obornika przechowywanego na płycie, zaleca się jego uformowanie w taki sposób, aby jego górna część miała jak najmniejszą powierzchnię (trapezoid) i wysokość nieprzekraczającą 2 m. Przykrywanie przyzmy np. folią z tworzywa sztucznego nie jest obowiązkowe, ale redukuje emisję amoniaku o 60–80%. Folia powinna być zabezpieczona przed unoszeniem przez wiatr np. przez obciążenie jej powierzchni. Obornik można przykryć folią po zakończeniu formowania przyzmy oraz w trakcie jej układania. Przyzmy powinny być usytuowane z dala od cieków powierzchniowych i podziemnych ze względu na ryzyko ich zanieczyszczenia przez spływającą wodę.**

Przechowywanie gnojowicy wymaga odpowiednio zaprojektowanych, szczelnych zbiorników. **Przepisy programu azotanowego nakazują przykrywanie zbiorników na płynne nawozy naturalne za osłonami: sztywnymi, elastycznymi lub pływającymi. Pokrywy sztywne redukują emisję amoniaku o 80%, elastyczna, pływająca na powierzchni lustra gnojowicy folia – o 60%, pływające elementy plastikowe – o 60%, granulatu ceramicznego lub plastikowego stosowanego przy gnojowicy o zawartości suchej masy poniżej 7% – o 60%, natomiast naturalnie wytwarzający się na gnojowicy „kożuch” o zawartości suchej masy powyżej 7% (bydlęca) ogranicza emisję amoniaku o 40%.** Po przykryciu zbiorników na płynne nawozy naturalne emisja podtlenku azotu wzrasta o 1,5%. Materiały pływające, pokrywające powierzchnię gnojowicy muszą być odpowiednio zabezpieczone przed wiatrem i umożliwiać właściwe napełnianie zbiornika. Ponadto przykrycie zbiornika słomą, charakteryzującą się dużą chłonnością i zawierającą dużo węgla, może się przyczynić do wzrostu emisji tlenu diazotu. Najefektowniejszą, ale i najmniej powszechną metodą przechowywania gnojowicy, która redukuje emisję amoniaku o 100%, jest jej

magazynowanie w zbiornikach elastycznych wykonanych z tkanin technicznych – tzw. torbach. Pozwalają na przechowywanie od stu do kilku tysięcy metrów tego nawozu. Aby ograniczyć emisję z gnojowicy do gleby i wody, konieczne jest stosowanie zbiorników charakteryzujących się odpowiednią wytrzymałością, jakością materiałową oraz pojemnością (zgodnie z wymogami programu azotanowego, podmioty prowadzące chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie większej niż 210 DJP od 1 stycznia 2022 r. muszą mieć zbiorniki na płynne nawozy naturalne o pojemności pozwalającej na ich przechowywanie do sześciu miesięcy). Te urządzenia powinny być szczelne, odporne na wycieki, o nieprzepuszczalnym dnie i ścianach, posiadać system wykrywania wycieków, np. składający się z geomembrany, warstwy odwadniającej oraz drenów odwadniających. Stan konstrukcji zbiorników powinien być kontrolowany co najmniej raz w roku.

## Przetwarzanie i modyfikacja nawozów naturalnych

Rozcieńczanie gnojowicy to praktyka zalecana do stosowania w systemach nawadniających. Wypompowana ze zbiornika gnojowica jest wtryskiwana do rurociągu wodnego układu nawadniania i doprowadzana do zraszacza niskiego ciśnienia lub mobilnego urządzenia nawadniającego, które aplikuje mieszankę na gruncie kropłowo. Wodę i gnojowicę można rozcieńczać nawet w stosunku 50:1, jednak co najmniej 1:1, aby utrzymać redukcję emisji amoniaku na poziomie 30%.

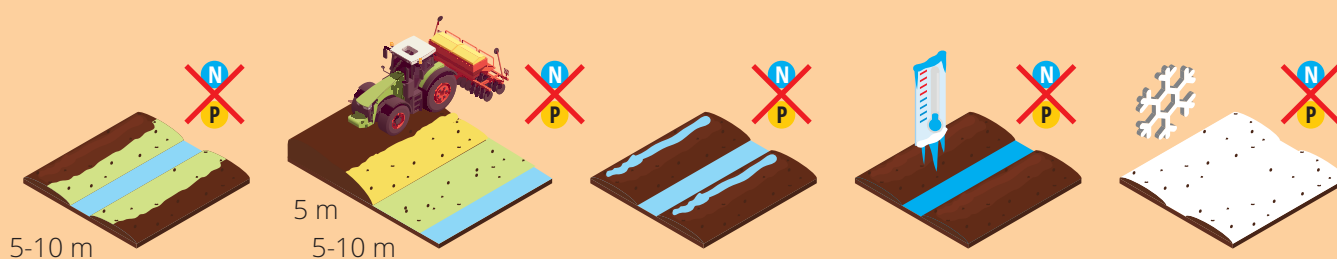
**Separacja to praktyka polegająca na rozdzieleniu frakcji ciekłej od stałej gnojowicy ściśniętej lub bydlęcej. Technicznie proces jest realizowany w oparciu o separatory o zmiennej wydajności i zróżnicowanej zasadzie działania. Po rozdzieleniu frakcji i zawartych w nich związków organicznych zmniejsza się znacząco tempo przemian biochemicznych realizowanych przez mikroflorę oraz ustaje aktywność ureazy zawartej w moczu, rozkładającej azot zawarty w fazie stałej. Odseparowana frakcja stała może być stosowana jako ściółka dla zwierząt lub zostać poddana procesowi peletowania i sprzedawana jako nawóz ogrodniczy lub pelet do kotłów centralnego ogrzewania. Redukcja emisji amoniaku po zastosowaniu tej praktyki wynosi 15–23%.**

Zakwaszanie gnojowicy polega na dodawaniu kwasów mineralnych bądź organicznych (np. kwasu siarkowego) do gromadzonej w zbiorniku lub kanałach gnojowych gnojowicy ściśniętej lub bydlęcej. Znaczne obniżenie pH roztworu hamuje rozwój mikroflory odpowiedzialnej za emisję amoniaku. Gnojowicę można zakwaszać także w systemie „na polu”, który składa się z wozu asenizacyjnego wyposażonego w zbiornik kwasu, pompę oraz zestaw węży włączonych do aplikacji. 96-procentowy kwas siarkowy dodawany jest do gnojowicy, aby pH wynosiło poniżej 6, co pozwala na dezaktywację ureazy odpowiedzialnej za proces amonifikacji. Redukcja emisji amoniaku przy zakwaszaniu gnojowicy wynosi 60%.

Spalanie i piroliza obornika kurzego oraz pomiotu to praktyka polegająca na odgazowaniu (brak dostępu tlenu) obornika bądź pomiotu w wysokiej temperaturze, a następnie spalaniu w specjalnie skonstruowanych kotłach. W tym procesie energia cieplna jest generowana najczęściej w oparciu o współspalanie innych nośników, jak biomasa czy gaz. Uzyskany biowęgiel może zostać wykorzystany m.in. jako nawóz. Z 600 kg pomiotu uzyskuje się ok. 200 kg biowęgla. Praktyka ta redukuje emisję amoniaku i podtlenku azotu o 100%.

# Działania obowiązkowe chroniące środowisko

1



2



## 1 Zarządzanie nawożeniem

- Plan nawożenia i dobór dawek zgodny z potrzebami roślin (bilans).
- Terminy nawożenia.
- Zakaz stosowania nawozów w pobliżu wód powierzchniowych i warunki stosowania nawozów na terenach o dużym nachyleniu.
- Zakaz stosowania nawozów w okresach zwiększonego ryzyka wymywania i spływów powierzchniowych (gleby zalane wodą, zamrożone, pokryte śniegiem).

## 2 Przechowywanie nawozów naturalnych i kiszzonek

- Przechowywanie obornika na szczelnej płycie, a kiszonki w silosach lub rękawach foliowych.
- Przechowywanie tymczasowej przyzmy obornika na gruncie.
- Zakaz przechowywania pomiotu bezpośrednio na gruncie.
- Przechowywanie płynnych nawozów naturalnych w szczelnych zbiornikach.

# Działania dobrowolne chroniące środowisko

## PRODUKCJA ROŚLINNA



### 1 Zarządzanie nawożeniem

- Dobór dawek zgodny z potrzebami roślin (bilans).
- Dobór nawozów, nawozy wolnodziałające.
- Dobór sposobu aplikacji.

### 2 Uprawa gleby

- Poprawa struktury gleby i optymalizacja pH.
- Poprawne zmianowanie.
- Wsiewki międzyplonowe.
- Utrzymywanie okrywy roślinnej przez cały rok.
- Systemy uprawy konserwującej i pozostawianie lub przyorywanie resztek poźniwnych.

### 3 Stosowanie nawozów mineralnych i naturalnych

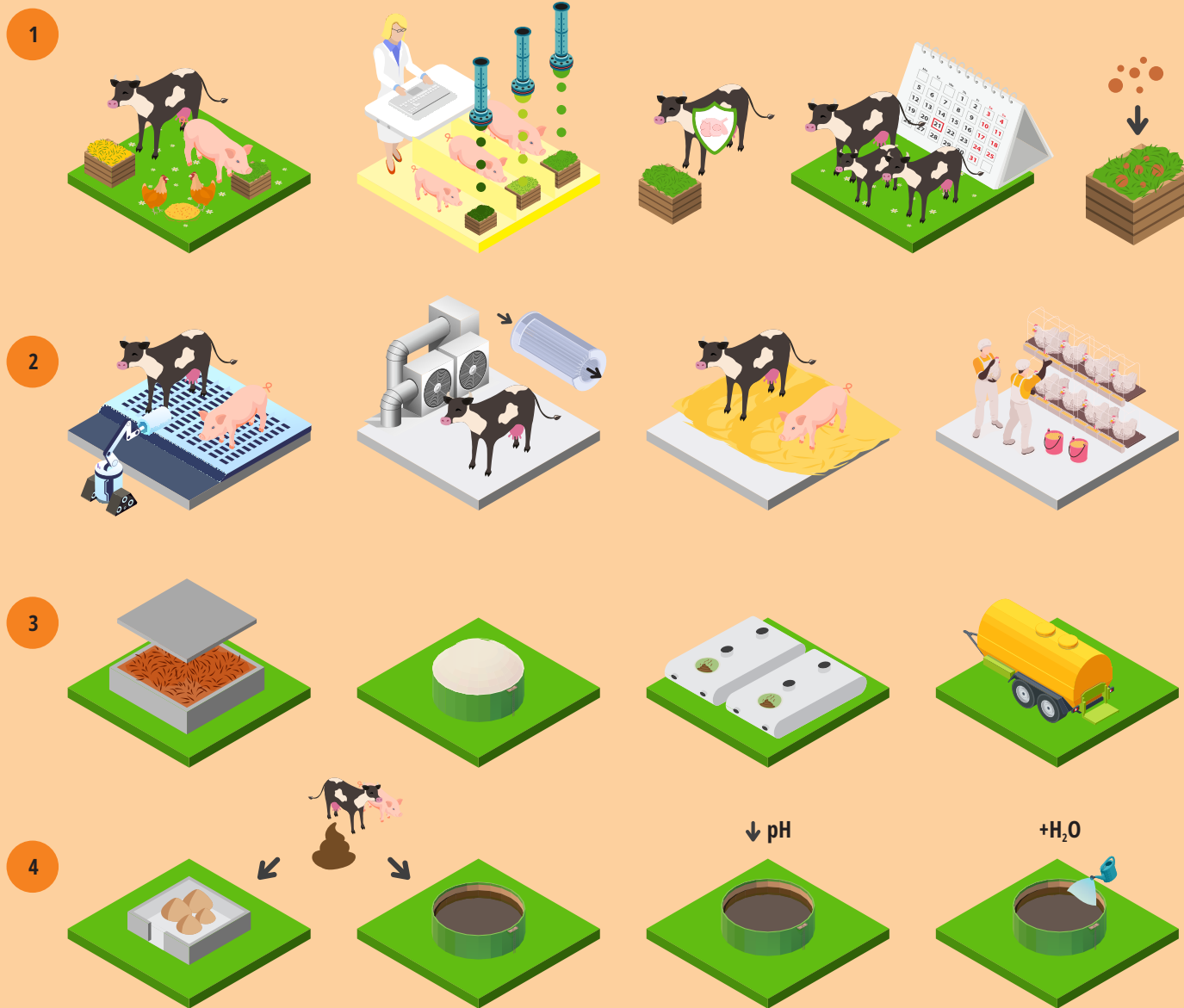
- Nawożenie precyzyjne (GPS, drony).
- Jednoczesny siew i nawożenie.
- Szybkie przyoranie lub wymieszanie nawozów z glebą.
- Pasmowe i dogłębne stosowanie nawozów płynnych.

### 4 Inne działania

- Ochrona i zakładanie śródpolnych oczek wodnych i mokradeł.
- Strefy buforowe (zadrzewienia, zakrzewienia) zwłaszcza wzdłuż zbiorników wodnych.

# Działania dobrowolne chroniące środowisko

## PRODUKCJA ZWIERZĘCA



### 1 Praktyki żywieniowe

- Precyzyjne bilansowanie dawek pokarmowych (bydło, świnie, drób).
- Żywnie wielofazowe (bydło, świnie, drób).
- Poprawa strawności poprzez zastosowanie białka chronionego przed rozkładem w żwacu (bydło).
- Wydłużenie okresu pastwiskowania bydła.
- Zastosowanie dodatków paszowych u przeżuwaczy (taniny).

### 2 Rozwiązania technologiczne w budynkach i systemach utrzymania

- Zastosowanie w utrzymaniu rusztowym bydła podłóg rowkowych, w beźściołowym utrzymaniu świń redukcja udziału podłóg rusztowych na rzecz rusztów częściowo szczelinowych, zwiększenie częstości usuwania odchodów, roboty czyszczące, obniżenie temperatury odchodów magazynowanych w kanałach.
- Odpowiedni system wentylacji i oczyszczanie powietrza poprzez biofiltry.
- Zastosowanie zwiększonej objętości ściółki w wolnostanowiskowym utrzymaniu bydła w ściółkowym utrzymaniu świń stosowanie odpowiedniej objętości świeżej słomy.
- Poduszanie pomiotu drobiowego na jego podkłatkowych przenośnikach lub stosowanie suszarni pomiotu.

### 3 Przechowywanie nawozów naturalnych

- Przechowywanie obornika (płyty obornikowe), przykrywanie obornika.
- Przechowywanie płynnych nawozów naturalnych w szczelnych zbiornikach.

### 4 Przetwarzanie nawozów naturalnych

- Separacja gnojowicy.
- Zakwaszanie gnojowicy.
- Rozcieńczanie gnojowicy wodą.

# Działania obowiązkowe i dobrowolne w gospodarstwie

**dr Zuzanna Jarosz**

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach  
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych

---

## Wstęp

W Unii Europejskiej coraz wyraźniej dostrzega się zagrożenie środowiska przyrodniczego powodowane intensywną produkcją rolniczą. Reforma wspólnej polityki rolnej Perspektywy wspólnej polityki rolnej wskazały, że chociaż stosowanie mineralnych nawozów azotowych i nawozów naturalnych jest niezbędne dla rolnictwa, to nadmierne lub nieprawidłowe ich stosowanie stanowi ryzyko dla środowiska. Potrzebne jest więc wspólne kontrolowanie tego problemu oraz polityka rolna, która w większym stopniu uwzględni cele ochrony środowiska (dyrektywa 91/676/EWG). Polska, funkcjonując w strukturach UE, jest zobowiązana do wdrażania działań redukujących rozpraszanie azotu, prowadzących do zmniejszenia zanieczyszczenia wód.

## Działania obowiązkowe

Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. przyjęto zaktualizowany Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu. Zawarto w nim szereg wymagań składowania i rolniczego wykorzystania wszelkich związków azotu oraz praktyk zagospodarowania gruntów związanych z ograniczeniem zanieczyszczenia wód azotanami. Ich stosowanie ma prowadzić do ochrony przed zanieczyszczeniami w przyszłości. Jednym z wymagań jest **obowiązek posiadania planu nawożenia, planu nawożenia azotem lub obliczania najwyższych dawek azotu** w zależności od powierzchni gospodarstwa lub wielkości produkcji.

Do opracowania planu nawożenia zatwierdzonego przez OSCH-R obowiązane są podmioty, które prowadzą chów lub hodowlę: powyżej 40 000 stanowisk dla drobiu lub powyżej 2000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior oraz nabywcy, którzy nabywają nawozy naturalne czy poferment od tych gospodarstw i wykorzystują je do nawożenia swoich użytków rolnych. Obecnie trwają prace nad aktualizacją programu azotanowego. Prawdopodobnie ewaluacja programu obejmie obowiązkiem opracowania planu nawożenia również stada powyżej 150 DJP.

Do opracowania planu nawożenia azotem na podstawie bilansu są zobligowani rolnicy prowadzący działalność w gospodarstwach o powierzchni powyżej 100 ha UR lub prowadzący uprawy intensywne na GO powyżej 50 ha, lub utrzymujący zwierzęta powyżej 60 DJP według stanu średniorocznego.



W gospodarstwach powyżej 10 ha i posiadających więcej niż 10 DJP nawozy azotowe można stosować tylko w dawkach nieprzekraczających najwyższych dawek nawozów azotowych dla upraw w plonie głównym określonych w programie azotanowym.

Wszystkie trzy grupy wymienionych wyżej podmiotów mają obowiązek prowadzenia dokumentacji zabiegów agrotechnicznych związanych z nawożeniem, tj.: terminu stosowania, rodzaju nawozu i zastosowanej dawki, terminu przyorania nawozu naturalnego, obszaru, powierzchni oraz uprawy.

Ponadto dokument reguluje szereg zasad dotyczących stosowania i przechowywania nawozów, które mają być przestrzegane w gospodarstwach rolnych na terenie całego kraju. Wymagania te dotyczą: **sposobu obliczania rocznej dawki nawozów naturalnych zawierającej nie więcej niż 170 kg N ha<sup>-1</sup>, sposobów i warunków rolniczego wykorzystania nawozów w pobliżu wód, na glebach zamrzniętych, zalanych wodą lub pokrytych śniegiem, na terenach o dużym nachyleniu oraz terminów, w których rolnicze wykorzystanie nawozów jest dozwolone.** Określono warunki przechowywania nawozów naturalnych oraz postępowanie z odciekami, a także sposób obliczania **wymaganej powierzchni i pojemności miejsc do przechowywania nawozów naturalnych** oraz terminy dostosowania tych miejsc. Terminy te są zależne od wielkości produkcji zwierzęcej. Podmioty prowadzące chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie mniejszej lub równej 210 DJP dostosowują powierzchnię lub pojemności posiadanych miejsc do przechowywania nawozów naturalnych do 31 grudnia 2024 r. Natomiast podmioty prowadzące produkcję większą niż 210 DJP zwierząt gospodarskich musiały to zrobić do 31 grudnia 2021 r.

21 lutego 2017 r. została opublikowana decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2017/302 ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń, zgodnie z dyrektywą IED (decyzja 2017/302). Konkluzje dotyczące BAT stanowią niezbędny element wydawanych pozwoleń zintegrowanych. Ponadto wyznaczają środowiskowe granice funkcjonowania instalacji poprzez określenie granicznych poziomów emisji realizowanych przy zastosowaniu najlepszych dostępnych technik. Przeniesienia tych wymagań do krajowego prawodawstwa dokonano odpowiednimi zapisami w ustawie Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2017 poz. 519). Konkluzje zawierają **wymagania dotyczące przede wszystkim emisji i ich monitoringu, wskazują rozwiązania techniczne, ograniczające oddziaływanie na środowisko w zależności od rodzaju techniki chowu** i dotyczą podmiotów, które prowadzą chów lub hodowlę: powyżej 40 000 stanowisk dla drobiu lub powyżej 2000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior. Ze względu na decyzje Komisji Europejskiej dotyczące ewaluacji dyrektywy w sprawie emisji przemysłowych zapisy BAT niebawem zostaną uzupełnione również o chów i hodowlę bydła.

Ogólne konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik odnoszą się do wszystkich sektorów produkcji i obejmują: zarządzanie środowiskowe, dobre gospodarowanie, efektywne wykorzystanie wody i energii, gospodarowanie ściekami, ograniczenie hałasu, ograniczanie emisji pyłów, ograniczanie zapachów i zapobieganie im. Pozostałe dotyczą intensywnego chowu drobiu lub świń.

Obejmują one:

- systemy żywienia i powiązane z nimi ilości wydalanego azotu i fosforu,
- ograniczanie emisji z przechowywania obornika stałego i zapobieganie emisjom do gleby i wody,
- ograniczenie emisji z przechowywania gnojowicy,
- techniki przetwarzania obornika,
- techniki aplikacji obornika i gnojowicy minimalizujące emisje azotu i fosforu do wody i gleby oraz emisje amoniaku do powietrza,
- ocenę redukcji amoniaku z całego procesu chowu,
- monitorowanie i bilansowanie całkowitej ilości azotu i fosforu wydalanego w oborniku,
- monitorowanie emisji amoniaku do powietrza,
- monitorowanie emisji zapachu do powietrza,
- monitorowanie emisji pyłu do powietrza z każdego budynku dla zwierząt,
- monitorowanie emisji amoniaku, pyłu i (lub) zapachu do powietrza z każdego budynku dla zwierząt wyposażonego w system oczyszczania powietrza,
- monitorowanie parametrów procesu oraz emisje amoniaku pochodzące z pomieszczeń do chowu i hodowli świń i drobiu.

## Działania dobrowolne

Szeroki zakres działań, których zastosowanie może przyczynić się do skutecznego ograniczenia strat azotu oraz ochronić środowisko przed zanieczyszczeniem, zawarto w Kodeksie dobrych praktyk rolniczych oraz Kodeksie doradczym dobrej praktyki rolniczej dotyczącym ograniczenia emisji amoniaku. Aby ograniczyć straty składników nawozowych, zaproponowano **stosowanie nawozów o spowolnionym działaniu** (mocznik z inhibitorem ureazy, otoczkowane) i nawozów o niższym śladzie węglowym oraz wprowadzanie **nowoczesnych technik aplikacji nawozów** (rolnictwo precyzyjne, drony, GPS).

Przedstawiono **praktyki skutecznie zwiększające zawartość glebowej materii organicznej** (właściwy dobór płodozmianu, międzyplony, systemy uprawy konserwującej i przyorywanie resztek poźniwnych), która jest podstawowym wskaźnikiem żyzności gleby i ma duże znaczenie w sekwestracji węgla z atmosfery. Zapewnienie dopływu materii organicznej poprawia stosunki powietrzno-wodne w glebie i zwiększa zdolności sorpcyjne gleby, poprawia strukturę gleby i ogranicza erozję wodną i wietrzną. Zwrócono uwagę na zakwaszenie gleby i konieczność wapnowania, które jest podstawą do sekwestracji węgla i prowadzi do zwiększenia przyswajalności składników pokarmowych niezbędnych do rozwoju roślin oraz ogranicza ich wymywanie. Podkreślono konieczność ograniczania emisji amoniaku. Amoniak wyemitowany do powietrza i powracający w opadzie mokrym i suchym stanowi zagrożenie dla wód i gleb (eutrofizacja wód, zakwaszenie gleb).

Skupiono się również na konieczności **ochrony śródpolnych oczek wodnych i mokradeł**, które wychwytyują biogeny niesione wraz ze spływem powierzchniowym. Rolę tę spełniają także strefy buforowe ograniczające erozję.

Szereg działań ograniczających emisję zanieczyszczeń z produkcji zwierzęcej zaproponowano w Kodeksie doradczym dobrej praktyki rolniczej dotyczącym ograniczenia emisji amoniaku. Obejmują one **praktyki żywieniowe** bydła czyli precyzyjne bilansowanie dawek pokarmowych bydła, żywienie wielofazowe bydła, precyzyjne bilansowanie dawki pokarmowej poprzez zastosowanie białka chronionego przed rozkładem w żwaczu, wydłużenie okresu pastwiskowania bydła i zastosowanie dodatków paszowych u przeżuwaczy.

Wskazano **rozwiązania technologiczne w budynkach i systemach utrzymania**, takie jak: zwiększenie częstości usuwania odchodów i stosowanie robotów czyszczących, odpowiedni system wentylacji, zastosowanie zwiększonej objętości ściółki w wolnostanowiskowym utrzymaniu bydła, zastosowanie podłóg rowkowych w utrzymaniu rusztowym bydła, w bezściółkowym utrzymaniu świń – redukcja udziału podłóg rusztowych na rzecz rusztów częściowo szczelinowych, obniżenie temperatury odchodów magazynowanych w kanałach w ściółkowym utrzymaniu świń – stosowanie odpowiedniej objętości świeżej słomy, oczyszczanie powietrza biofiltrami, poduszanie pomiotu drobiowego na jego podkłatkowych przenośnikach lub stosowanie suszarni pomiotu (Kodeks amoniakalny).

Przedstawiono **działania dotyczące przechowywania nawozów naturalnych**: przechowywanie obornika (płyty obornikowe), przykrywanie obornika, przechowywanie płynnych nawozów naturalnych w szczelnych zbiornikach, przykrywanie lustra zbiorników służących do magazynowania płynnych nawozów naturalnych za pośrednictwem osłon: stałych (namiot z włókniny lub folii), pływających (folia, plastikowe elementy pływające) lub naturalnych (kożuch), stosowanie do magazynowania płynnych nawozów naturalnych worków z tworzyw sztucznych i przechowywanie pomiotu w zbiornikach.

Zaproponowano także **praktyki przetwarzania nawozów naturalnych** ułatwiające ich skuteczne stosowanie: separacja gnojowicy, zakwaszanie gnojowicy i rozcieńczanie gnojowicy wodą.

## Podsumowanie

Intensywna produkcja rolna wywiera duży wpływ na kształtowanie środowiska przyrodniczego. Czynniki negatywnie oddziałującymi na środowisko są: nieumiejętne stosowanie i przechowywanie nawozów, emisja do powietrza substancji gazowych i pyłowych pochodzących z chowu lub hodowli zwierząt, niewłaściwa gospodarka ściekowa itp.

Wdrażanie działań obowiązkowych i dobrowolnych zapewnia ograniczenie ryzyka strat azotu oraz fosforu i gospodarowanie zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Racjonalne zarządzanie na każdym etapie produkcji ma największe znaczenie dla efektywności ekonomicznej prowadzonej działalności, poprawy efektywności wykorzystania azotu zawartego w nawozach mineralnych i naturalnych oraz ograniczania i przeciwdziałania emisji zanieczyszczeń do środowiska (powietrza, gleby, wody).

# Rola Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 we wzmacnianiu ochrony wód, gleby i powietrza

**dr Wojciech Krawczyk**

Instytut Zootechniki, Państwowy Instytut Badawczy w Balicach k. Krakowa

Zadaniem Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) jest uwzględnienie nie tylko kwestii bezpieczeństwa żywności, która w obecnej sytuacji politycznej i w związku z wojną na Ukrainie staje się ponownie zagadnieniem godnym uwagi, ale także problematyki ochrony środowiska w kontekście intensyfikacji produkcji rolniczej i jej adaptacji do zmian klimatu. Nowe wyzwania stawiane przed rolnictwem doprowadziły w 2020 r. do reformy WPR, uwzględniającej w jeszcze większym stopniu kwestie rolnictwa zrównoważonego i działań stawiających jako priorytet ochronę środowiska, bioróżnorodności i klimatu. Potrzeba ochrony gleby wynika przede wszystkim z konieczności poprawy jej funkcji biologicznych. Są one powiązane ze wzrostem zawartości węgla i udziału próchnicy, podwyższeniem jej odczynu, stanem zasobności w składniki pokarmowe, a także ograniczeniem erozji powierzchniowej. Realizacja przepisów programu azotanowego zapewnia odpowiednią jakość wód. Możliwe jest chronienie zbiorników wodnych przed nadmierną koncentracją pierwiastków biogenych, którą można ograniczyć, stosując zrównoważoną gospodarkę nawozową. Ponadto istnieje potrzeba poprawienia gospodarowania wodą, wdrażania rozwiązań zapobiegających suszom, zwiększających retencję i nawadnianie oraz zmian w technice uprawy GO. Ochrona powietrza za pośrednictwem redukcji emisji GHG (gazów cieplarnianych) i amoniaku jest osiągalna poprzez stosowanie niskoemisyjnych technik aplikacji nawozów naturalnych i technologii żywienia zwierząt. Poprawa różnorodności biologicznej jest realizowana m.in. poprzez ochronę gatunków zwierząt, zachowanie ras rodzimych czy utrzymanie wskazanych elementów krajobrazu, a także poprzez określenie okresu przycinania drzew i krzewów w okresie lęgowym ptaków w gospodarstwach rolnych. Powyższe cele ochrony środowiska będą realizowane dzięki nowej WPR na lata 2023–2027, zgodnej z założeniami strategii Europejskiego zielonego ładu „Od pola do stołu” oraz strategii na rzecz bioróżnorodności.

**Nowa WPR na lata 2023–2027 opiera się na systemie tzw. zielonej architektury, której struktura obejmuje działania obowiązkowe i dobrowolne o charakterze prośrodowiskowym przewidziane do realizacji w dwóch filarach. Pierwszy z nich zawiera obowiązkowe zasady tzw. warunkowości oraz dobrowolne praktyki zwane ekoschematami. Drugi – dobrowolne, wieloletnie zobowiązania związane ze środowiskiem i klimatem.** Warunkowość zastąpiła – obowiązkową w poprzedniej WPR – zasadę wzajemnej zgodności (*cross-compliance*) oraz praktyki zazielenienia. W skład warunkowości wchodzi: wymogi podstawowe w zarządzaniu (SMR), obejmujące przepisy prawne z zakresu ochrony środowiska oraz normy dobrej

kultury rolnej (DKR) zgodnej z ochroną środowiska. Tylko spełnienie tych wymogów i norm pozwoli rolnikom na uzyskanie wsparcia finansowego w ramach interwencji przewidzianych w I i II filarze.

**Spośród dziewięciu norm dobrej kultury rolnej należy wyszczególnić te, które mają adaptować rolnictwo do zmian klimatu (norma DKR 1, DKR 2 i DKR 3), ochrony wód (DKR 4), ochrony gleby (DKR 5, DKR 6, DKR 7) oraz ochrony różnorodności klimatycznej i krajobrazu (DKR 8 i DKR 9).**

**Norma DKR 1:** „Utrzymywanie trwałych użytków zielonych w oparciu o proporcję trwałych użytków zielonych w stosunku do użytków rolnych”. Norma ma utrzymać stałą powierzchnię trwałych użytków zielonych (TUZ) ze względu na ich zdolność do sekwestracji węgla i zachowania różnorodności biologicznej. Zakłada ona, że udział TUZ na powierzchni gruntów rolnych w kraju nie może się zmniejszyć o więcej niż 5% w stosunku do roku referencyjnego 2018. Jeśli TUZ zmniejszy się o więcej niż 5%, ich przekształcanie jest zabronione, a rolnicy, którzy tego dokonali, będą zobowiązani do przywrócenia określonej powierzchni gruntu w TUZ lub jego odtworzenia na innym gruncie.

Podobną rolę spełnia **norma DKR 2:** „Ochrona torfowisk i terenów podmokłych”. Jej zadaniem jest utrzymanie obszarów podmokłych i torfowisk do magazynowania węgla w glebie i zapobiegania emisji tego gazu do atmosfery. Będzie ona dotyczyć gleb pochodzenia organicznego o zawartości materii organicznej  $\geq 30\%$  o łącznej miąższości co najmniej 40 cm. Wdrożenie tej normy zaplanowano na 2025 r., ponieważ wymaga ona aktualizacji gleb pochodzenia organicznego wraz z precyzyjnym wyznaczeniem na terenie całego kraju obszarów, które mogłyby zostać nią objęte. Obszary te muszą zostać także wprowadzone do systemu Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR), a rolnicy wraz z wnioskiem o płatność będą otrzymywali informacje, na których deklarowanych do płatności działkach rolnych znajdują się wyznaczone obszary podmokłe i torfowiska.

**Norma DKR 3** dotyczy zakazu wypalania ściernisk, chyba że odbywa się to ze względów związanych ze zdrowiem roślin. Norma ma utrzymać odpowiedni poziom materii organicznej gleby i zapobiegać bezpośrednim emisjom dwutlenku węgla do atmosfery. Jeśli wypalanie na gruntach rolnych będzie realizowane na polecenie inspektora Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa, zamierzającego niszczyć choroby kwarantannowe roślin czy działania siły wyższej lub okoliczności nadzwyczajnych, takich jak klęska żywiołowa, to taka sytuacja nie będzie traktowana jak niespełnienie normy. Niezależnie od zalecenia inspektora Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa rolnik może zdecydować o punktowym wypalaniu ze względów związanych ze zdrowiem roślin. Punktowe wypalanie można zastosować do spalania na polu: łątów ziemniaka, jeśli w bulwach ziemniaka stwierdzono występowanie bakterii *Clavibacter sepedonicus*, *Ralstonia solanacearum*; roślin pomidora porażonych przez *Tomato brown rugose fruit virus*; materiału szkółkarskiego (drzewka i krzewy owocowe, ozdobne) porażonego przez regulowane agrofagi niekwarantannowe (RAN), a także przy występowaniu agrofaga niekwarantannowego (np. *Cydalima perspectalis*), kiedy zwalczanie go dostępnymi środkami ochrony roślin jest utrudnione lub przy braku takiej możliwości oraz kiedy kwarantannowe rośliny pasożytnicze występują w niewielkim nasileniu. Chwasty można także wypalać, jeśli występują problemy ze zniszczeniem ich innymi metodami, np. przy wystąpieniu silnej odporności populacji konkretnego gatunku chwastu na herbicydy bądź niemożności chemicznego zwalczania na skutek braku zalecanych substancji czynnych.

**Norma DKR 4:** „Ustanowienie stref buforowych wzdłuż cieków wodnych” ma służyć ochronie wody. Norma ma ograniczyć zanieczyszczenia wód nawozami i środkami ochrony roślin pochodzącymi ze źródeł rolniczych.

**Norma DKR 5:** „Zarządzanie orką przyczyniające się do zmniejszenia ryzyka degradacji i erozji gleby, w tym uwzględnianie nachylenia terenu” – jest związana wyłącznie z ochroną gleby. Praktyki realizowane w ramach tej normy na zboczach o nachyleniu  $\geq 14\%$  mają ograniczyć erozję, zanieczyszczenie wód związkami biogennymi i utratę materii organicznej. W związku z tym na GO o wspomnianym nachyleniu nie uprawia się roślin wymagających utrzymywania redlin wzdłuż stoku oraz nie utrzymuje się ich jako ugoru czarnego w okresie jesienno-zimowym (1 listopada–15 lutego). Na GO o nachyleniu  $\geq 14\%$  wykorzystywanych pod uprawę roślin wieloletnich oraz w sadach położonych na tych stokach utrzymuje się okrywą roślinną lub ściółkę w międzyrzędziach.

**Norma DKR 6:** „Minimalne pokrycie gleby, aby uniknąć pozostawienia gleby niepokrytej roślinnością w najbardziej newralgicznych okresach” ma utrzymać okrywą ochronną gleby podczas jesieni i zimy. To działanie chroni glebę przed erozją i utratą materii organicznej oraz redukuje wymywanie pierwiastków biogennych. Na powierzchni stanowiącej co najmniej 80% GO należy utrzymać okrywą ochronną gleby od 1 listopada do 15 lutego. Ten warunek można spełnić, stosując okrywą roślinną (uprawy ozime, trawy na GO, międzyplony ozime), pozostawiając ścierniska, grunty pokryte resztkami poźniwnymi czy mulczem. W sadach należy utrzymać okrywą ochronną gleby w międzyrzędziach od 1 listopada do 15 lutego.

**Norma DKR 7:** „Płodozmian na gruntach ornych, z wyjątkiem upraw rosnących pod wodą” – zapewnia utrzymanie żyzności i jakości gleb za pośrednictwem zachowania odpowiedniego poziomu materii organicznej, zmniejszenia liczby chorób i szkodników oraz ograniczenia wykorzystania środków ochrony roślin. Norma dotyczy gospodarstw powyżej 10 ha GO, w których stosuje się uprawy na powierzchni co najmniej 40% GO w taki sposób, aby na każdej działce rolnej na tych gruntach była prowadzona inna uprawa w plonie głównym niż w poprzednim roku. Powyższe obowiązki uznaje się za spełnione na danej działce rolnej, jeśli po zbiorze plonu głównego wprowadzono uprawę wtórą, tj. międzyplon (ozimy lub ścierniskowy, lub wsiewki poplonowej), z okresem utrzymania przez co najmniej 8 tygodni od terminu wysiewu, a w przypadku wsiewki – od terminu zbioru uprawy w plonie głównym. Jednocześnie na każdym gruncie ornym w gospodarstwie taka sama uprawa w plonie głównym nie może być prowadzona dłużej niż trzy lata. Powyższe zasady nie obowiązują przy uprawach korzystnie wpływających na poprawę i zachowanie potencjału gleby, takich jak: rośliny bobowate, trawy i inne zielne rośliny pastewne, mieszanki bobowatych drobnonasiennych z trawami, grunty ugorowane oraz uprawy wieloletnie. Z wdrażania normy wyłączone są gospodarstwa, w których:

- więcej niż 75% GO jest wykorzystane do produkcji traw lub innych zielnych roślin pastewnych, uprawy roślin strączkowych lub ugorowanych albo stanowi sumę powyższych,
- więcej niż 75% UR stanowi TUZ lub jest wykorzystane do produkcji traw lub innych zielnych roślin pastewnych albo stanowi sumę powyższych.

Gospodarstwa, w których produkcja ekologiczna jest prowadzona zgodnie z rozporządzeniem (UE) nr PL 376 PL 2018/848, potwierdzona certyfikatem, uznaje się za spełniające normę DKR 7.



Dywersyfikacja upraw – gospodarstwa powyżej 10 ha GO zobowiązane są do prowadzenia co najmniej trzech różnych upraw na GO, przy czym uprawa główna nie może zajmować więcej niż 65% GO, a dwie uprawy główne łącznie nie mogą zajmować więcej niż 90% GO. Za odrębną uprawę uznaje się rodzaj w klasyfikacji botanicznej upraw, gatunek z rodzin kapustowatych (*Brassicaceae*), psiankowatych (*Solanaceae*) i dyniowatych (*Cucurbitaceae*), grunt ugorowany, trawę lub inne pastewne rośliny zielne. Z wdrażania normy wyłączone są gospodarstwa, w których więcej niż 75% GO jest wykorzystane do produkcji traw lub innych zielnych roślin pastewnych, uprawy roślin strączkowych lub ugorowanych albo stanowi sumę powyższych oraz w których więcej niż 75% UR stanowi TUZ lub jest wykorzystanych do produkcji traw lub innych zielnych roślin pastewnych albo stanowi sumę powyższych. Gospodarstwa, w których prowadzi się produkcję ekologiczną zgodnie z rozporządzeniem (UE) nr 2018/848, potwierdzoną certyfikatem, uznaje się za spełniające normę DKR 7.

Ochronie różnorodności biologicznej i krajobrazu przypisana jest **norma DKR 8**: „Minimalny udział powierzchni gruntów ornych przeznaczonych na obszary i elementy nieprodukcyjne”. Jej celem jest udział co najmniej 4% GO na poziomie gospodarstwa, przeznaczonych na obszary i elementy nieprodukcyjne (w tym grunty ugorowane) lub udział co najmniej 7% GO na poziomie gospodarstwa, przeznaczonych na obszary i elementy nieprodukcyjne (w tym grunty ugorowane oraz międzyplony lub uprawy wiążące azot, uprawiane bez stosowania środków ochrony roślin, z czego 3% stanowią obszary i elementy nieprodukcyjne, w tym grunty ugorowane). Do elementów i obszarów nieprodukcyjnych zalicza się: rowy, miedze śródpolne, działki rolne lub strefy buforowe działek, żywopłoty, pojedyncze drzewa, grupy drzew lub rzędy drzew, grunty ugorowane, pasy gruntów kwalifikujące się do płatności wzdłuż obrzeży lasu bez stosowania środków ochrony roślin i z określonym zakazem produkcji, w tym zakazem wypasu i koszenia, oczka wodne, w tym oczka wodne poniżej 100 m<sup>2</sup> objęte obowiązkiem zachowania. Na użytkach rolnych obowiązuje zakaz przycinania drzew i żywopłotów (z wyłączeniem wierzb, drzew owocowych i zagajników o krótkiej rotacji) w okresie lęgowym ptaków, tj. od 15 kwietnia do 31 lipca.

**Norma DKR 9**: „Zakaz przekształcania lub orania trwałych użytków zielonych wyznaczonych jako trwałe użytki zielone wrażliwe pod względem środowiskowym na obszarach należących do sieci Natura 2000” ma utrzymać wyznaczone cenne TUZ na obszarach Natury 2000, aby zachować różnorodność biologiczną. Rolnicy są zobowiązani do przestrzegania zakazu przekształcania lub zaorywania wyznaczonych cennych TUZ położonych na obszarach Natura 2000.

**Plan Strategiczny Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 został zatwierdzony przez Radę Ministrów i przekazany przez stronę polską Komisji Europejskiej 22 grudnia 2021 r. Na podstawie uwag zgłoszonych przez Komisję Europejską, dostępnych na jej stronie jako tzw. „Listy obserwacyjne KE dotyczące planów strategicznych WPR dla krajów członkowskich, w tym Polski” („Observation letters on CAP strategic plan”), strona polska dokonała poprawek i uzupełnień Planu Strategicznego, publikując 15 lipca 2022 r. jego ostateczną wersję. Wdrażanie założeń tego dokumentu rozpocznie się w 2023 r. W jego ramach przewidziano realizację tzw. ekoschematów. Punktem wyjścia do realizacji i finansowania ekoschematów jest spełnienie norm i wymogów określonych w ramach warunkowości. Ekoschematy mają skłonić rolników do realizacji korzystnych praktyk dla**

## **środowiska i klimatu oraz wykreować możliwości ukierunkowania wsparcia na przejście na bardziej zrównoważone i przyjazne środowisku rolnictwo. Działania te mają charakter dobrowolnej rocznej i płatnej praktyki.**

W ramach PS WPR 2023–2027 przewidziano realizację następujących ekoschematów.

- 1. Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi** – to najbardziej rozbudowany ekoschemat, który ma poprawić strukturę gleby poprzez retencję i zwiększenie udziału materii organicznej, zatrzymanie strat składników odżywczych za pośrednictwem zahamowania wymywania i erozji wietrznej oraz zwiększenie sekwestracji węgla w glebie. W ramach ekoschematu wsparciem finansowym objęte będą następujące praktyki:
  - ekstensywne użytkowanie TUZ z obsadą zwierząt – ma ono ochronić bioróżnorodność poprzez właściwe gospodarowanie na TUZ o niskiej wartości produkcyjnej. Prowadzenie wypasu zwierząt przyczyni się do przeciwdziałania negatywnemu trendowi, jakim jest zaprzestawanie utrzymywania przeżuwaczy w gospodarstwach posiadających TUZ. Wymóg polegający na zakazie przeorywania TUZ przyczyni się do sekwestracji węgla w glebie. Obsada zwierząt trawożernych w gospodarstwie musi wynosić co najmniej 0,3 DJP/ha TUZ i co najwyżej 2 DJP/ha TUZ w okresie wegetacyjnym roślin. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 500 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 112,35 euro;
  - międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe – stosowanie tej praktyki ma ochronić glebę. Międzyplony mają za zadanie pokrycie gleby roślinnością, szczególnie w okresach newralgicznych, w których jest ona narażona na erozję. Ograniczają wymywanie składników do wód podziemnych. Przyczyniają się do zwiększenia poziomu substancji organicznej w glebie. Praktyka wymaga wsiewek roślin bobowatych drobnonasiennych lub mieszanek z udziałem roślin bobowatych drobnonasiennych w uprawę główną lub międzyplonów ozimych w formie mieszanek utworzonych z co najmniej dwóch gatunków roślin do 1 października i utrzymywanych co najmniej do 15 lutego następnego roku. Podczas utrzymania międzyplonu ozimego dopuszcza się jego mulczowanie, jednak nie wcześniej niż po 15 listopada. Zakazuje się stosowania środków ochrony roślin na międzyplonach ozimych przez okres ich utrzymania, a na wsiewkach śródplonowych – od momentu zbioru uprawy głównej przez co najmniej 8 tygodni lub do momentu wysiewu kolejnej uprawy głównej. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 310 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 112,35 euro;
  - opracowanie i przestrzeganie planu nawożenia – wariant podstawowy i wariant z wapnowaniem. Praktyka ma wesprzeć właściwe zarządzanie nawożeniem dostosowanym do zasobności gleb w azot, fosfor, potas, magnez, wapń (N, P, K, Mg i Ca) i potrzeb roślin, z wykorzystaniem analizy gleby i systemów wspomaganie decyzji w nawożeniu. Wyniki analizy gleby posłużą do opracowania planu nawożenia, który wskaże ilości N, P, K, Mg i Ca do zastosowania w nawozach na danej działce rolnej. Zbilansowana aplikacja nawozów poprawia jakość plonu i ogranicza straty w postaci wymywania oraz emisji składników pokarmowych, przyczyniając się do ochrony wód i powietrza. Wariant z wapnowaniem ma przeciwdziałać zakwaszeniu gleb. Zakwaszenie m.in. pogarsza strukturę gleby, osłabia kompleks sorpcyjny i zdolność zatrzymywania wody (co ma szczególne znaczenie w okresach suszy), zwiększa mobilność glinu i manganu oraz innych metali ciężkich, zmniejsza

- efektywność wykorzystania azotu i fosforu, przez co wpływa na pogorszenie jakości wód na skutek strat niewykorzystywanego przez rośliny azotu. Wsparcie do wapnowania przysługuje do gruntów o pH poniżej lub równym 5,5 i nie częściej niż raz na 4 lata. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 1 mln 961 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 22,47 euro (wariant podstawowy) oraz 1 mln 758 tys. ha i 67,41 (wariant z wapnowaniem);
- zróżnicowana struktura upraw – praktyka ma poprawić jakość gleby i wspomóc odbudowę materii organicznej poprzez wzbogacenie struktury upraw o gatunki roślin, które wpływają na dodatni bilans materii organicznej i na zwiększanie się różnorodności biologicznej. Uprawa co najmniej trzech różnych upraw na GO w gospodarstwie, przy czym udział głównej uprawy w strukturze zasiewów nie przekracza 65% i udział najmniejszej uprawy nie może być mniejszy niż 10%. Co najmniej 20% w strukturze zasiewów muszą stanowić uprawy gatunków roślin mających pozytywny wpływ na bilans glebowej materii organicznej (bobowate) oraz udział zbóż i rzepaku w strukturze zasiewów nie może przekroczyć 65%, a także udział upraw mających ujemny wpływ na bilans materii organicznej (okopowe) nie może przekroczyć 30%. Za odrębną uprawę uznaje się uprawę zgodnie z definicją określoną w ramach normy DKR 7. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 1 mln 75 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 67,41 euro;
  - wymieszanie obornika na GO w ciągu 12 godz. od aplikacji – ogranicza emisję amoniaku po zastosowaniu obornika na GO poprzez skrócenie czasu jego pozostawienia na powierzchni pola. Praktyka nawożenia obornikiem będzie dostępna również dla gospodarstw nieposiadających własnego obornika, przyczyni się także do poprawy jakości gleb i zwiększenia sekwestracji węgla w glebie. Potwierdzenie realizacji tej praktyki za pomocą tzw. zdjęcia geotagowanego przy wykorzystaniu aplikacji udostępnionej przez ARiMR. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 1 mln 90 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 44,94 euro;
  - stosowanie płynnych nawozów naturalnych innymi metodami niż rozbryzgowo – prowadzi do ograniczenia emisji amoniaku z płynnych nawozów naturalnych. Najskuteczniejszą metodą jest aplikacja płynnych nawozów naturalnych bezpośrednio do gleby. Wprowadzenie jej bezpośrednio do gleby redukuje emisję amoniaku o 90%, co przyczynia się do lepszego wykorzystania składników pokarmowych przez rośliny. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 40 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 67,41 euro;
  - uproszczone systemy uprawy – w Polsce dominuje tradycyjny płużny system uprawy roli. Jednak taki sposób przygotowania pola pod zasiew prowadzi do wielu negatywnych zmian w środowisku glebowym. Duża głębokość i intensywność spulchniania przy stosowaniu uprawy płużnej przyspiesza proces mineralizacji próchnicy. Ubytek glebowej materii organicznej wywiera negatywny wpływ na strukturę gleby, pojemność wodną i jej biologiczną aktywność. Praktyka ma wesprzeć konserwującą uprawę roli, której zadaniem jest zachowanie naturalnych zasobów przyrody przy równoczesnym osiągnięciu zadowolających plonów. Prowadzenie upraw uproszczonych (bezpłużnych, pasowych) zapobiega erozji wodnej i wietrznej, poprawia strukturę i porowatość gleby, wpływa na lepsze zatrzymywanie wody w glebie i zwiększanie zawartości substancji organicznej w wierzchniej warstwie gleby, ogranicza parowanie wody z gleby oraz straty azotu w czasie zimy. Praktyka nie obejmuje tzw. uprawy zerowej z uwagi na zbyt duże negatywne konsekwencje stosowania herbicydów jako jedynej formy przygotowywania gruntu pod zasiew roślin w tym typie upraw. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 786 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 89,88 euro;

- wymieszanie słomy z glebą – wykorzystanie słomy do utrzymywania lub zwiększania poziomu zawartości materii organicznej i składników pokarmowych w glebach jest najskuteczniejszym działaniem zapewniającym utrzymanie ich żyzności. Zgodnie ze stosowanymi w Polsce współczynnikami reprodukcji i degradacji materii organicznej, współczynnik odnowy materii organicznej dla 1 t masy słomy wynosi średnio +0,175–0,210. Dla porównania – dla 1 t obornika wynosi +0,070, a dla 1 m<sup>3</sup> gnojowicy +0,014–0,028. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 2 mln 621 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 44,94 euro.

Powyższe praktyki realizowane w ramach ekoschematu „Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi” będą objęte systemem punktowym. Do każdej z praktyk przypisano odpowiednią liczbę punktów. Warunkiem przystąpienia do ekoschematu jest uzyskanie liczby punktów odpowiadającej co najmniej równowartości punktów, jaką rolnik otrzymałby w sytuacji realizacji na przynajmniej 25% powierzchni użytków rolnych najwyższej punktowanej praktyki. Uzyskanie najmniejszej wymaganej liczby punktów jest możliwe przy wprowadzeniu co najmniej jednej praktyki. Na danej działce rolnej możliwa jest realizacja dowolnej liczby praktyk z następującymi wyjątkami:

- praktyki „Międzyplony ozime/ wsiewki śródplonowe” nie łączy się na tej samej działce z praktykami: „Wymieszanie obornika na gruntach ornych w ciągu 12 godz. od aplikacji”, „Stosowanie płynnych nawozów naturalnych innymi metodami niż rozbryzgowo”, „Uproszczone systemy uprawy” i „Wymieszanie słomy z glebą”;
- praktyki „Wymieszanie obornika na gruntach ornych w ciągu 12 godz. od aplikacji” nie łączy się na tej samej działce z praktykami: „Stosowanie płynnych nawozów naturalnych innymi metodami niż rozbryzgowo”, „Uproszczone systemy uprawy” i „Wymieszanie słomy z glebą”;
- praktyki „Wymieszanie słomy z glebą” nie łączy się na tej samej działce z praktykami: „Stosowanie płynnych nawozów naturalnych innymi metodami niż rozbryzgowo” i „Uproszczone systemy uprawy”.

2. **Obszary z roślinami miododajnymi** – ekoschemat ma ochronić różnorodność poprzez tworzenie obszarów z roślinami miododajnymi, które stanowią żerowiska dla pszczoły miodnej i dzikich owadów zapylających. Wysiana mieszanka powinna zawierać co najmniej dwa gatunki roślin miododajnych z określonej listy nieobejmującej obcych gatunków inwazyjnych. Na tym obszarze obowiązuje zakaz prowadzenia produkcji rolnej (w tym zakaz wypasu i koszenia) od 31 sierpnia oraz zakaz stosowania środków ochrony roślin. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 30 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 269,21 euro.
3. **Retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych** – ekoschemat ma promować retencjonowanie wody, które poprawia gospodarkę wodną. Płatność będzie przyznawana rolnikom udostępniającym na retencjonowanie wody swoje TUZ położonych na terenach, gdzie w okresie wegetacyjnym w danym roku faktycznie wystąpiły zalania i podtopienia. Wdrożenie ekoschematu będzie opierać się na monitoringu satelitarnym. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 315 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 63,15 euro.

4. **Dobrostan zwierząt** – ekoschemat ma na celu stosowanie warunków dobrostanu zwierząt ponad obowiązujące standardy. Rolnikom będzie udzielane wsparcie za realizację zobowiązań o dobrostanie zwierząt wykraczających ponad obowiązkowe normy wynikające z powszechnie obowiązującego prawa oraz powszechnie stosowane praktyki. Ekoschemat dotyczy większości gatunków zwierząt hodowlanych. W odniesieniu do świń i bydła ma zastosowanie system punktowy. Polega on na możliwości wyboru przez rolnika z katalogu poszczególnych praktyk podwyższających poziom dobrostanu zwierząt – tych możliwych do realizacji w danym gospodarstwie. Podstawowym warunkiem realizacji ekoschematu jest wybór praktyki polegającej na zapewnieniu zwierzętom zwiększonej powierzchni bytowej w budynkach inwentarskich. Jedynie przy takim wyborze jest możliwa realizacja pozostałych praktyk przewidzianych dla danej grupy zwierząt. Warunek ten nie dotyczy wypasu krów mlecznych – można to realizować bez powiązania z powiększoną powierzchnią bytową. Przykład: dobrostan krów mlecznych – zwiększona powierzchnia bytowa o co najmniej 20% obejmie w 2023 r. 355 tys. DJP, a kwota płatności wyniesie 165,01 euro.
5. **Prowadzenie produkcji roślinnej w systemie Integrowanej Produkcji Roślin** – założeniem ekoschematu jest udzielanie pomocy do prowadzenia w danym roku upraw zgodnie z metodykami integrowanej produkcji roślin pod nadzorem podmiotów certyfikujących. Potwierdzeniem prowadzenia upraw zgodnie z określonymi metodami będzie wydanie certyfikatu krajowego systemu jakości „Integrowana Produkcja Roślin”. Rolnicy będą także zobowiązani do zachowania w roku kalendarzowym, w którym wystąpią o wsparcie, wszystkich TUZ w gospodarstwie pozytywnie wpływających na magazynowanie glebowej substancji organicznej i próchnicy, na poziomie gospodarstwa poprawiających zdolność gleby do magazynowania wody i jej odporność na erozję. Rolnik jest zobowiązany do prowadzenia ochrony roślin zgodnie z programami ochrony wskazującymi środki ochrony roślin wytypowane do stosowania w ramach systemu IP. Wsparciem będą objęte powierzchnie gruntów, na których były uprawiane rośliny z takich grup upraw jak: rolnicze, warzywne, sadownicze, jagodowe. Zostały dla nich opracowane metodyki IP oraz powierzchnia TUZ zadeklarowanych w danym roku we wniosku o płatność (z wyłączeniem TUZ cennych przyrodniczo wyznaczonych w ramach normy DKR 9). Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 24,5 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 306,74 euro.
6. **Biologiczna ochrona upraw** – ekoschemat ma ograniczyć stosowanie chemicznych środków ochrony roślin i mieć pozytywny wpływ na ochronę różnorodności biologicznej poprzez zmniejszenie depozycji chemicznych środków ochrony roślin. Polega on na zastosowaniu w danej uprawie środka ochrony roślin zawierającego mikroorganizmy jako substancje czynne. Preparaty mikrobiologiczne muszą być zarejestrowane jako środki ochrony roślin dopuszczone do obrotu zezwoleniem ministra rolnictwa i rozwoju wsi. Wykonanie zabiegu preparatem biologicznym wyeliminuje konieczność wykonania zabiegu chemicznego. Zabieg chemicznym środkiem ochrony będzie dopuszczony tylko w ostateczności, gdy nie będzie możliwa eliminacja patogenów poprzez preparaty mikrobiologiczne. Obecnie brakuje biologicznych środków ochrony roślin umożliwiających pełną ochronę upraw, dlatego w ramach ekoschematu nie będzie zabronione stosowanie ochrony chemicznej. Zakłada się, że podstawą



do uzyskania wsparcia będą dowody zakupu biologicznego środka ochrony roślin oraz wpisy w ewidencji zabiegów – powinno z nich wynikać m.in.: na której działce, na jakiej powierzchni, w jakiej dawce został zastosowany środek ochrony roślin. Weryfikacja obejmie zgodność wykonania zabiegu z etykietą instrukcji stosowania danego środka. Szacowana praktyka obejmie w 2023 r. 5 tys. ha, a kwota płatności wyniesie 89,89 euro.

**W ramach II filaru WPR 2023–2027 przewidziano interwencje na rzecz rozwoju obszarów wiejskich zakładające dobrowolną realizację wieloletnich zobowiązań związanych ze środowiskiem i klimatem. Najważniejsze spośród nich dotyczą:**

- ochrony cennych siedlisk i zagrożonych gatunków na obszarach Natura 2000. Celem tej interwencji jest utrzymanie, zapobieganie pogarszaniu się lub przywrócenie właściwego stanu ochrony na obszarach Natura 2000 cennych siedlisk przyrodniczych (zmiennowilgotne łąki trzęślicowe, zalewowe łąki selernicowe i słonorośla, murawy, półnaturalne łąki wilgotne, półnaturalne łąki świeże, torfowiska), siedlisk lęgowych ptaków (rycyk, kszczyk, krwawodziób, czajka, dubelt, kulik wielki, wodniczka, derkacz), których występowanie jest uzależnione od prowadzenia działalności rolniczej. Wsparciem objęte są również siedliska marginalne z punktu widzenia działalności rolnej, ale istotne dla zachowania różnorodności biologicznej obszarów wiejskich (np. murawy). W ramach tej interwencji beneficjenci zobowiązują się do realizacji wymogów związanych z ekstensywnym rolniczym użytkowaniem gruntu, obejmujących w szczególności stosowanie odpowiedniej liczby pokosów, ekstensywny wypas zwierząt, dostosowanie terminów koszenia / wypasu do potrzeb ochrony przyrody;
- zobowiązań zalesieniowych z PROW 2004–2006, PROW 2007–2013, PROW 2014–2020. Interwencja, której celem jest sekwestracja dwutlenku węgla, sprzyja zachowaniu ekologicznej stabilności obszarów leśnych poprzez zmniejszenie fragmentacji kompleksów leśnych i tworzenie korytarzy ekologicznych;
- rolnictwa ekologicznego – produkcja rolnicza realizowana w sposób łączący najkorzystniejsze dla środowiska praktyki, ochrona zasobów naturalnych, wysoki stopień różnorodności biologicznej, stosowanie wysokich standardów dotyczących dobrostanu zwierząt i gospodarki nawozowej. Wsparciem w ramach interwencji objęte są powierzchnie w ramach następujących grup upraw: rolnicze, warzywne, zielarskie, sadownicze podstawowe, jagodowe, sadownicze ekstensywne, paszowe oraz TUZ, prowadzone zgodnie z zasadami rolnictwa ekologicznego;
- ochrony cennych siedlisk i zagrożonych gatunków poza obszarami Natura 2000 – ma utrzymać, zapobiegać pogarszaniu się lub przywrócić właściwy stan ochrony poza obszarami Natura 2000 cennych siedlisk przyrodniczych (tj. zmiennowilgotnych łąk trzęślicowych, zalewowych łąk selernicowych i słonorośli, muraw, półnaturalnych łąk wilgotnych, półnaturalnych łąk świeżych, torfowisk), siedlisk lęgowych ptaków (rycyka, kszyka, krwawodzioba, czajki, dubelta, kulika wielkiego, wodniczki, derkacza), których występowanie jest uzależnione od prowadzenia działalności rolniczej. Wsparciem objęte są również siedliska marginalne z punktu widzenia działalności rolnej, ale ważne dla zachowania różnorodności biologicznej obszarów wiejskich (np. murawy). Trwałość tych siedlisk jest zależna od wykonywania ekstensywnych zabiegów agrotechnicznych. W ramach tej interwencji beneficjenci zobowiązują się do realizacji wymogów związanych z ekstensywnym rolniczym użytkowaniem gruntu, obejmujących stosowanie odpowiedniej liczby pokosów, ekstensywny wypas zwierząt, dostosowanie terminów koszenia / wypasu do potrzeb ochrony przyrody;



- ekstensywnego użytkowania łąk i pastwisk na obszarach Natura 2000 – to działanie ma na celu ekstensywne użytkowanie rolnicze na TUZ, aby zapobiec zanikaniu łąk i pastwisk bądź przeciwdziałać intensyfikacji rolnictwa. Tym samym ma zapewnić dogodne warunki bytowania dla wielu cennych siedlisk i gatunków, których występowanie jest uzależnione od prowadzenia działalności rolniczej. Pomoc jest przyznawana do powierzchni TUZ położonych na obszarach Natura 2000, na których jest prowadzone ekstensywne użytkowanie rolnicze łąk i pastwisk;
- bioróżnorodności na GO – ma wzbogacić bioróżnorodność i krajobraz wiejski oraz zapewnić miejsca bytowania oraz bazy pokarmowe dla organizmów pożytecznych, w tym owadów zapylających i ptaków. Interwencja polega na zakładaniu na GO i utrzymaniu: śródpolnych, wieloletnich pasów kwiatnych, stanowiących jednocześnie korytarze ekologiczne i ostoje dla wielu gatunków zwierząt (wariant 1) oraz ogródków bioróżnorodności, aby zwiększać bioróżnorodność na terenach wiejskich (wariant 2);
- tworzenia zadrzewień śródpolnych – interwencja polega na założeniu zadrzewień śródpolnych, aby zwiększyć pochłanianie dwutlenku węgla. Preferuje się nasadzenia w formie liniowej, tak aby jednocześnie spełniały funkcje przeciwwietrzne, wodochronne i przeciwerozyjne. Interwencja wpływa też na ochronę zasobów naturalnych, takich jak woda, gleba i powietrze oraz wzrost różnorodności biologicznej na obszarach wiejskich. Zadrzewienia przyczyniają się do zwiększania retencji wodnej oraz zmniejszają ilość zanieczyszczeń przedostających się do wód. Stanowią ważny element przeciwdziałania skutkom suszy. Zapobiegają erozji wodnej i wietrznej;
- zakładania systemów rolno-leśnych – współuprawa, czyli użytkowanie gruntu rolnego, na którym drzewa lub krzewy są zintegrowane z uprawą rolną na tym samym obszarze. Jest to wielofunkcyjne użytkowanie gruntu przynoszące korzyści środowiskowo-klimatyczne. Systemy rolno-leśne przyczyniają się do redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz zwiększania zawartości materii organicznej w glebie. Wpływają na poprawę zasobów wodnych poprzez zwiększenie infiltracji oraz ochronę wód powierzchniowych, zapobiegają erozji. Mają pozytywny wpływ na różnorodność biologiczną. Systemy rolno-leśne, w których drzewa, krzewy oraz trawy i zioła stanowią część pastwiska, dają zwierzętom dostęp do świeżej, urozmaiconej gatunkowo zielonki, a także podnoszą ich dobrostan, produktywność i stan zdrowia;
- inwestycji przyczyniających się do ochrony środowiska i klimatu – w ramach interwencji wspierane będą inwestycje materialne lub niematerialne mające za zadanie:
  - a) ograniczenie zużycia środków ochrony roślin lub nawozów, zakup nowych maszyn lub urządzeń m.in. do precyzyjnego i redukującego zużycie stosowania środków ochrony roślin (np. opryskiwaczy sensorowych czy recyrkulacyjnych), niskoemisyjnej aplikacji nawozów (np. dogłębowa aplikacja, aplikacja nawozów z wykorzystaniem rozwiązań cyfrowych), mechanicznej lub biologicznej walki z chwastami lub szkodnikami (np. pielniki, urządzenia do mechanicznego niszczenia szkodników), przygotowania miejsc do mycia opryskiwaczy lub utylizowania resztek cieczy użytkowej,
  - b) ograniczenie emisji zanieczyszczeń, w tym gazów cieplarnianych i odorów poprzez: wyposażenie gospodarstw w płyty, zbiorniki lub urządzenia do przechowywania nawozów naturalnych lub kiszzonek, zakup lub montaż systemów oczyszczania powietrza z budynków inwentarskich, niskoemisyjne utrzymanie zwierząt gospodarskich, z wyłączeniem bydła i świń (np. systemy zarządzania stadem, roboty do czyszczenia podłóg),

- c) poprawę gospodarowania wodą, w tym: budowę, zakup lub instalację elementów infrastruktury technicznej niezbędnych do pozyskiwania, magazynowania w zamkniętych zbiornikach oraz zagospodarowania wody deszczowej, budowę lub zakup instalacji do powtórnego obiegu wody lub oszczędnego gospodarowania wodą,
- d) zwiększenie sekwestracji oraz bioróżnorodności gleby przez właściwe użytkowanie gruntami, w tym: zakup nowych maszyn lub urządzeń do uprawy gleby pasowej lub bezorkowej (np. agregat do uprawy pasowej, gruber, kultywator dłutowy), zakup nowych maszyn lub urządzeń do ochrony gleby (np. ściółkowania, siewniki do poplonów), zakup nowych maszyn lub urządzeń przeznaczonych do utrzymania zadrzewień śródpolnych, systemów rolniczych oraz TUZ, w tym służących do uprawy, pielęgnacji lub zbioru biomasy z TUZ,
- e) adaptację do zmian klimatu oraz ograniczenie oddziaływania niekorzystnych warunków pogodowych poprzez: budowę lub zakup elementów infrastruktury technicznej pod kątem adaptacji do niekorzystnych warunków pogodowych, w tym: wodopoje dla zwierząt z wyłączeniem bydła i świń, instalacje poprawiające wentylację lub obniżające temperaturę w budynkach inwentarskich z wyłączeniem budynków dla bydła i świń, siatki przeciwgradowe, systemy wspomaganie decyzji.

# Piśmiennictwo

## Ogólne zagadnienia związane z problematyką obiegu azotu i fosforu w przyrodzie

Blanco M., 2011. *Supply of and access to key nutrients NPK for fertilizers for feeding the world in 2050*. Report for the European Commission Joint Research Centre, s. 1–39, Brussels.

Jadczyzsyn T., 2021. *Procesy glebowe i fizjologia roślin jako źródła strat azotu i fosforu w produkcji roślinnej. Gospodarka nawozowa jako kluczowy element ochrony środowiska i poprawy jakości wód*, Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA), Warszawa.

Kopiński J., Ochal P., Jadczyzsyn T., 2013. *Produkcyjne i środowiskowe aspekty gospodarowania fosforem*, „Studia i Raporty IUNG-PIB”, nr 34(8), s. 57–74.

*Krajowy bilans emisji SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990–2020*, 2022. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa.

Martyniuk S., Oroń J., 2007. *Bioróżnorodność mikrobiologiczna gleb na przykładzie bakterii wiążących azot atmosferyczny – oddziaływanie wybranych zabiegów agrotechnicznych*, „Fragmenta Agronomica”, nr 4(96), s. 18–23.

Paśmionka I., 2017. *Mikrobiologiczne przemiany azotu glebowego*. „Kosmos. Problemy nauk biologicznych”, T. 66, nr 2 (315), s. 185–192.

Piotrowska M. Kusewicz D., 2007. *Mikroflora gleby. Mikrobiologia techniczna. Mikroorganizmy i środowiska ich występowania*, PWN, Warszawa, s. 195–200.

Smil V., 2011. *Nitrogen cycle and world food production*, „World Agriculture”, 2, s. 9–13.

## Wpływ związków azotu i fosforu w powietrzu i wodzie na zdrowie człowieka

Afé O.H.I., Kpoclou Y.E., Douny C., Anihouvi V.B., Igout A., Mahillon J., Hounhouigan D.J., Scippo M.L., 2021. *Chemical hazards in smoked meat and fish*, „Food Science & Nutrition”, nr 18, s. 6903–6922.

Kaczor-Kurzawa D., 2015. *Ocena i przyczyny zanieczyszczenia azotanami wód podziemnych w zachodniej części Polesia Lubelskiego i Wołyńskiego*, „Inżynieria i Ochrona Środowiska”, nr 18(2), s. 141–153.

Kodeks doradczy dobrej praktyki rolniczej dotyczący ograniczania emisji amoniaku, 2020. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa; online: <https://www.gov.pl/attachment/e740628f-63df-4a77-aa54-7fd1432a9f1b> [dostęp: 13.09.2022].

Thresher A., Foster R., Ponting D.J., Stalford S.A., Tennant R., Thomas R., 2020. *Are all nitrosamines concerning? A review of mutagenicity and carcinogenicity data*, „Regul Toxicol Pharmacol”, nr 116, art. 104749.

## Zasady żywienia roślin i zwierząt

### Bilansowanie potrzeb pokarmowych zwierząt

IFŻŻ, 2018. *Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla drobiu*, red. S. Smulikowska i A. Rutkowski, s. 1–147.

IFŻŻ, 2020. *Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń*, red. E.R. Grela i J. Skomial, wyd. 3, s. 1–123.

Jongbloed A.W., Kemme P.A., Mroz Z., Van Diepen H.T.M., 2000. *Efficacy, use and application of microbial phytase in pig production: a review*, „Proceedings of Alltech's 16th Annual Symposium Biotechnology in the Feed Industry”, Nottingham Univ., s. 111–129.

Kamiński J., Kowalski Z.M., Kański J., Borowiec F., Furgał K., Michalec J., 1995. *Badania porównawcze nad efektywnością stosowania systemu francuskiego (INRA 1988) i norm polskich w opasie bydła*. Żywnienie letnie, „Roczniki Naukowe Zootechniki”, nr 22(2), s. 161–170.

Matsui T., 2002. *Relationship between mineral availabilities and dietary phytate in animals*, „The Journal of Animal Science”, nr 73, s. 21–28.

NRC, 2012. National Research Council. *Nutrient requirements of dairy cattle*, wyd. 7, National Academy Press, Washington DC.

Portejoie S., Dourmad Y.-S., Martinez J., Lebreton Y., 2004. *Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs*, „Livestock Production Science”, nr 91(1–2), s. 45–55.

Strzetelski J., Chomyszyn M., Stasiniewicz T., 1991. *Normy żywienia krów dojnych ras mlecznych i ich krzyżówek według systemu francuskiego INRA 1988*, „Biuletyn Informacyjny IZ”, nr 1–4, s. 81–125.

Strzetelski J.A., Brzóška F., Kowalski Z.M., Osieglowski S., 2014. *Zalecenia żywieniowe dla przeżuwaczy i tabele wartości pokarmowej pasz*, red. J.A. Strzetelski, Fundacja IZ PIB Patronus Animalium, Kraków.

UNECE, 2015. *Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia / prepared by the Expert Group on Ammonia Abatement*.

### **Bilansowanie potrzeb pokarmowych roślin**

Fotyma M., Kęsik K., Pietruch Cz., 2010. *Azot mineralny w glebach jako wskaźnik potrzeb nawozowych roślin i stanu czystości wód glebowo-gruntowych*, „Nawozy i nawożenie”, nr 38, s. 5–83.

Jadczyzsyn T., 2021. *Bilans składników pokarmowych w planowaniu nawożenia oraz innowacje w nawożeniu i uprawie roli ograniczające straty biogenów*. Materiały szkoleniowe, FDPA, s. 23–39.

Jadczyzsyn T., 2009. *Planowanie nawożenia w gospodarstwie z wykorzystaniem programu NawSald*, „Studia i Raporty IUG-PIB”, s. 16: 9–18.

Jadczyzsyn T., Maćkowiak Cz., Kopiński J., 2000. *Model SFOM narzędziem symulacji ilości i jakości nawozów organicznych wytwarzanych w gospodarstwie*, „Pamiętnik Puławski”, nr 120/I, s. 169–175.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. 2020 poz. 243).

Szymańska M., 2020. *Fermentacja metanowa i nawozowe wykorzystanie pofermentu [w:] Nawozy z odpadów jako źródło składników pokarmowych w nawożeniu roślin uprawnych*, SGGW & Fundacja „Pro Civis”, Warszawa-Kielce, s. 157–171.

*Zalecenia nawozowe*, 1990, cz. 1. *Liczby graniczne do wyceny zawartości makro- i mikroelementów*, IUNG, wyd. 2, Puławy, seria P(44).

## **Praktyki redukujące rozpraszanie azotu i fosforu w rolnictwie**

### **Praktyki mitygacyjne w nawożeniu i uprawie**

Dyrektywa 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola). Dz. U. L 334 z 17.12.2010, s. 17.

Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Europejski Zielony Ład, Komisja Europejska, Bruksela 11.12.2019. COM(2019) 640 final.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”, (Dz. U. 2020 poz. 243).

Ustawa z dnia 10 lipca 2007 o nawozach i nawożeniu (Dz. U. 2007 nr 147 poz. 1033 z późn. zm.).

### **Praktyki mitygacyjne w chowie zwierząt**

Birkmose T., Vestergaard A., 2013. *Acidification of slurry in barns, stores and during application: review of Danish research, trials and experience*, Proceedings from the 15th RAMIRAN Conference, Versailles, France 10–13 June.

Chadwick D.R. 2005. *Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps: effect of compaction and covering*, „Atmospheric Environment”, nr 4(39), s. 787–799.

Choi J.K., Kim Y.H., Joo D.J., Choi S.J., Ha T.W., Lee D.H., Park I.H., Jeong Y.S., 2003. *Removal of ammonia by biofilters: A study with flow-modified system and kinetics*, „Journal of the Air & Waste Management Association”, nr 53, s. 92–101.

Decyzja Wykonawcza Komisji (UE) 2017/302 z dnia 15 lutego 2017 r. ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE.

IFŻZ, 2005. *Normy żywienia drobiu*, Jabłonna.

Kodeks doradczy dobrej praktyki rolniczej dotyczący ograniczenia emisji amoniaku, ITP. Falenty, Warszawa 2019.

Marcinkowski T., 2010. *Emisja gazowych związków azotu z rolnictwa*, „Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie”, t. 10, z. 3 (31), s. 175–189.

Nicolai, R.E., Thaler R., 2007. *Vertical biofilter construction and performance. In Proc. Int Sym on Air Quality and Waste Management for Agriculture*, L. Moody, ed. ASAE Pub 701P0907cd.

Options for Ammonia Mitigation: *Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen*, eds. Bittman S., Dedina M., Howard C.M., Oenema O., Sutton M.A., Centre for Ecology and Hydrology, Edynburg [UK] 2014.

Rotz C.A., 2004. *Management to reduce nitrogen losses in animal production*, „The Journal of Animal Science”, nr 82 (E. Suppl.), s. 119–137.

Tymczyzna L., 2009. Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A., *Wpływ systemu utrzymania świń na emisję gazowych zanieczyszczeń powietrza*, „Przemysł Chemiczny”, nr 88 (5), s. 574–578.

UNECE, 2015. *Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions*.

Walczak J., 2020. *Dobór i efektywność najnowszych metod żywieniowych i technologicznych mitygacji amoniaku w produkcji zwierzęcej. Innowacyjne metody redukcji amoniaku w różnych systemach utrzymania zwierząt*, MODR, Warszawa.

### **Działania obowiązkowe i dobrowolne w gospodarstwie**

Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2017/302 z dnia 15 lutego 2017 r. ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń (Dz.U. UE L 43/231, 21.02.2017)

Dyrektywa Rady (91/676/EWG) z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (Dz.U. WE L 375/1, 31.12.1991)

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (t.j. Dz. U. 2017 poz. 519 z późn. zm.)

### **Rola Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 we wzmacnianiu ochrony wód, gleby i powietrza**

Gallego-Sala A.V., Charman D.J., Zhao Y., 2018. *Latitudinal limits to the predicted increase of the peatland carbon sink with warming*, „Nature Climate Change”, nr 8, s. 907–913.

Jones, M.C. et al., 2017. *Rapid carbon loss and slow recovery following permafrost thaw in boreal peatlands*, „Global Change Biology”, nr 23, s. 1109–1127.

Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczyński T., Jadczyszyn J., 2011. *Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski*, „Polish Journal of Agronomy”, nr 7, s. 43–58.

*Observation letters on CAP strategic plan. Observations on the proposal by Poland for a CAP Strategic Plan 2023–2027 – CCI: 2023PL06AFSP001*, European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development, Bruksela, 31.03.2022.

*Plan strategiczny Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027*, MRiRW, Warszawa 15.07.2022.





Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA) jest organizacją pozarządową, mającą ponad trzydziestoletnią tradycję. Naszą misją jest wspieranie zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, a w szczególności przedsiębiorczości, tworzenia pozarolniczych miejsc pracy oraz zapewnienie równych szans kobietom, osobom bezrobotnym i młodzieży. Realizujemy ją poprzez działalność pożyczkową oraz usługi wspomagające tworzenie i rozwój małych przedsiębiorstw na terenach wiejskich. Jesteśmy jednym z największych i najbardziej aktywnych funduszy pożyczkowych w Polsce. Angażujemy się w programy rozwoju lokalnego, inicjatywy środowiskowe oraz działania informacyjne i edukacyjne. Jesteśmy wydawcą uznanych opracowań i specjalistycznych raportów. Publikujemy co dwa lata renomowany raport o stanie wsi. Ostatnia edycja: „Raport o stanie wsi. Polska wieś 2022”. Wydajemy liczne publikacje promujące zrównoważony rozwój obszarów wiejskich, w tym poruszające kwestie adaptacji do zmian klimatu i efektywnej gospodarki zasobami. Od 2009 roku organizujemy konkurs „Polska wieś – dziedzictwo i przyszłość”, w którym nagradzamy prace naukowe i popularnonaukowe o tematyce związanej z wsią i rolnictwem oraz promujące historię i dziedzictwo kulturowe wsi. Z naszej inicjatywy odbywają się debaty w ramach cyklicznego konwersatorium „Polska wieś w XXI wieku”. Ponadto zrealizowaliśmy kilkadziesiąt projektów międzynarodowych, krajowych i lokalnych. Ich odbiorcami są mieszkańcy wsi i rolnicy, samorządy lokalne, sektor doradztwa rolniczego, instytucje publiczne oraz sektor małych i średnich przedsiębiorstw.



**Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa**

[www.fdpa.org.pl](http://www.fdpa.org.pl)

[www.facebook.com/Fundacja.FDPA](https://www.facebook.com/Fundacja.FDPA)