

Ograniczenie zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego metodą poprawy jakości wód



Foundation for the Development
of Polish Agriculture
Fundacja na Rzecz Rozwoju
Polskiego Rolnictwa



„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”

„Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi”

„Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej "Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich" Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020”

Operacja realizowana w ramach Planu działania Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020

Publikacja opracowana przez Fundację na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa



Ograniczenie zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego metodą poprawy jakości wód

Praca napisana pod redakcją naukową
prof. dr hab. Jacka Walczaka

Zespół autorów:

Renata Gaj, Tamara Jadczyzyn, Beata Jurga, Stanisław Kaniszewski, Jerzy Kozyra,
Marek Krysztoforski, Marek Pieszko, Dariusz Pomykała, Mateusz Sękowski,
Piotr Skowron, Waldemar Treder, Witold Jan Wardal, Rafał Wawer

Autorzy zdjęć:

Krzysztof Bąk, Przemysław Czaja, Marta Dobrzyńska, Renata Gaj,
Natalia Gałuszkiewicz, Zdzisław Ginalski, Stanisław Kaniszewski, Łukasz Knop,
Marek Krysztoforski, Pixabay, Mateusz Sękowski, Justyna Skowron, Wiktor Szymański,
Monika Ulan, Witold Jan Wardal

Copyright © by Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA), Warszawa 2018

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

Prezentowane w publikacji stanowiska merytoryczne wyrażają poglądy autorów i nie muszą być zbieżne
z oficjalnym stanowiskiem FDPA.

W publikacji wykorzystano między innymi fotografie uczestników i laureatów I edycji konkursu
fotograficznego FDPA "Przedsiębiorczość wiejska".

ISBN: 978-83-952011-0-3



Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

ul. Gombrowicza 19, 01-682 Warszawa
telefon: +48 22 864 03 90, e-mail: fdpa@fdpa.org.pl
www.fdpa.org.pl



Publikacja bezpłatna przygotowana w ramach operacji pn. „Ograniczenie
zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego metodą poprawy jakości wód”
w ramach Planu Działania Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020.

Odwiedź portal KSOW – www.ksow.pl

Zostań Partnerem Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich



Publikacja wydana na zamówienie FDPA przez:

S-PRINT s.c.
www.s-print.com.pl

Spis treści

Wprowadzenie

Przyczyny i sposoby ograniczania zanieczyszczenia wód azotem ze źródeł rolniczych

(Jacek Walczak)	5
-----------------------	---

Rozdział 1.

Gospodarka wodna – wyzwania

	7
--	---

1.1. Znaczenie koncentracji związków azotu w wodach (Beata Jurga)	7
---	---

1.2. Deficyt wody (Jerzy Kozyra, Rafał Wawer)	13
---	----

1.3. Adaptacja gospodarki wodnej do zmian klimatu (Jerzy Kozyra)	17
--	----

Rozdział 2.

Poprawa jakości wód – regulacje prawne

	21
--	----

2.1. Przyczyny skażenia wód azotem ze źródeł rolniczych (Marek Krysztoforski)	21
---	----

2.2. Regulacje prawne UE (Mateusz Sękowski)	25
---	----

2.3. Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu. Prawo wodne (Marek Krysztoforski)	29
--	----

2.4. Techniczne wymagania dotyczące miejsc przechowywania nawozów naturalnych i kiszzonek (Witold Jan Wardal)	35
---	----

Rozdział 3.

Racjonalna gospodarka nawozowa i dobre praktyki rolnicze metodą ograniczenia zanieczyszczenia wód biogenami

	41
--	----

3.1. Bilans składników nawozowych w gospodarstwie, rozproszenie składników (Marek Krysztoforski)	41
--	----

3.2. Metody agrotechniczne ograniczenia skażenia gleb (sposoby nawożenia) (Marek Krysztoforski)	45
---	----

3.3. Ekonomiczne i środowiskowe efekty racjonalnego nawożenia (Marek Krysztoforski)	49
---	----

3.4. Innowacyjne metody obróbki nawozów naturalnych (Mateusz Sękowski)	53
--	----

Rozdział 4.

Gospodarka wodna i nawozowa w produkcji ogrodniczej

	59
--	----

4.1. Znaczenie oszczędnej gospodarki wodą w ogrodnictwie i zapobieganie skażeniu wód (Stanisław Kaniszewski, Waldemar Treder)	59
---	----

4.2. Współczesne trendy w nawadnianiu i nawożeniu w produkcji ogrodniczej (Stanisław Kaniszewski, Waldemar Treder)	61
--	----

4.3. Jakość wody do nawadniania i fertygacji, metody uzdatniania (Stanisław Kaniszewski, Waldemar Treder)	67
---	----

Rozdział 5.

Produkcja trzody chlewnej i prawidłowe zagospodarowanie nawozów naturalnych

	73
--	----

5.1. Sposoby żywienia i utrzymywania świń oraz ich wpływ na środowisko (Marek Pieszka)	73
--	----

5.2. Wykorzystanie nawozów naturalnych dla potrzeb bazy paszowej w gospodarstwach trzodowych (Tamara Jadczyżyn, Piotr Skowron)	81
--	----

5.3. Planowanie produkcji gnojowicy i obornika, jej przechowywanie (Renata Gaj)	87
---	----

Rozdział 6.

Produkcja bydła i prawidłowe zagospodarowanie nawozów naturalnych

	95
--	----

6.1. Sposoby żywienia i utrzymywania bydła, gospodarka pastwiskowa, produkcja kiszzonek oraz ich wpływ na środowisko (Pomykała Dariusz)	95
---	----

6.2. Nawozowe wykorzystanie gnojowicy na potrzeby bazy paszowej w chowie bydła (Tamara Jadczyżyn, Piotr Skowron) ...	103
--	-----

6.3. Gospodarowanie obornikiem gnojówką i gnojowicą, jej przechowywanie i stosowanie, BAT (Renata Gaj)	109
--	-----

„Przyczyny i sposoby ograniczania zanieczyszczenia wód azotem ze źródeł rolniczych”

dr hab. Jacek Walczak

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Kraków-Balice

U progu XXI wieku współczesne rolnictwo staje wobec nowych wyzwań, w tym tych związanych z ochroną środowiska naturalnego, a zwłaszcza jakości wody i powietrza. Są one ściśle artykułowanymi potrzebami konsumentów, widocznymi choćby w badaniach Eurobarometru, ale jednocześnie bezpośrednio przekładalnymi na dokumenty programowe Komisji Europejskiej (KE) i Parlamentu Europejskiego (PE). Ochrona środowiska oraz przeciwdziałanie zmianom klimatu są również celami Wspólnej Polityki Rolnej (WPR), także tej po roku 2020.

Na skutek szeregu porozumień międzynarodowych oraz dyrektyw Unii Europejskiej (UE), krajowe rolnictwo jest zmuszone, na niespotykaną dotąd skalę, podjąć wspólnotowe wyzwania w zakresie ochrony wód przed niekorzystnymi, w tym zdrowotnymi skutkami rozpraszania związków biogennych do gleb i wód. W pierwszej kolejności obejmują one związki azotu zawarte w nawozach naturalnych – produkcie ubocznym chowu zwierząt gospodarskich i jednocześnie bardzo cennym elemencie plonotwórczym. Niestety, wciąż rosnąca skala i koncentracja produkcji zwierzęcej, przy braku odpowiednich unormowań, może prowadzić do przenawożenia gleby i przenikania nadmiaru związków azotowych do wód powierzchniowych, a nawet głębinowych. Efekt ten może potęgować nieodpowiedzialne stosowanie azotowych nawozów mineralnych. W trosce o jakość życia i zdrowie społeczeństwa, także zamieszkującego na obszarach wiejskich, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) przyjęło „Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”. Obowiązujący na terenie całego kraju program ma na celu wdrożenie podsta-

wowych zasad obchodzenia się z nawozami naturalnymi, zapobiegając eutrofizacji środowiska oraz pogorszeniu jakości wód.

Mając na względzie nowatorski charakter rozwiązań proponowanych w Programie, znanych dotąd tylko nielicznym rolnikom gospodarującym na terenach o statusie Obszarów Szczególnego Narażenia (OSN), Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA) podjęła realizację operacji pt.: „Ograniczenie zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego metodą poprawy jakości wód”, w ramach Planu Działania Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020. Jednym z elementów projektu, wykorzystującym wiedzę wiodących krajowych ekspertów, jest przygotowany przez FDPA niniejszy poradnik. Ma on za zadanie przekazać rolnikom i doradcom informacje o najnowszych rozwiązaniach w ochronie wód oraz oddziaływaniu produkcji zwierzęcej na środowisko, a także zachęcić do propagowania i wdrażania zasad zrównoważonego rolnictwa. Poradnik stanowi również jedną z pomocy edukacyjnych, wspomagających wdrażanie wspomnianego „Programu azotanowego” i nowego Prawa wodnego. Obok zagadnień związanych z chowem zwierząt i nawożeniem, publikacja odnosi się w swojej treści również do podstawowych kwestii znaczenia wody dla rolnictwa, a w szczególności tak dotkliwego w ostatnich latach deficytu wody.

Redukcja rolniczych strat azotu z nawożenia, obok znaczenia dla jakości wód, ma również wymiar ekonomiczny dla samej produkcji. Nie dotyczy to zwiększania jej kosztów, lecz wręcz przeciwnie – możliwości poprawy efektywności ekonomicznej. Zmiany w planowaniu i organizacji winny bowiem prowadzić do większej zasobności w glebie, a przez to do poprawy dostępności azotu dla roślin uprawnych.



1.1. Znaczenie koncentracji związków azotu w wodach

Beata Jurga

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, Puławy

Wstęp

Związki azotu występują w środowisku wodnym naturalnie. Antropopresja, przejawiająca się wprowadzaniem do środowiska dużych ilości azotanów wraz z nawozami i ściekami, niewłaściwe zabiegi agrotechniczne, powodujące migrację związków azotowych do wód oraz niewłaściwa lokalizacja ujęć wody powodują z jednej strony wzbogacanie środowiska wodnego w związki azotowe, ale również przyczyniają się do większego niż kiedykolwiek wcześniej ryzyka zatrucia ludzi i zwierząt tymi związkami. Skutkiem nadmiernej emisji azotu, trafiającego do wód w postaci mineralnej lub jako materia organiczna, może być m.in. zmniejszenie możliwości wykorzystania akwenów do zaopatrywania ludności w wodę pitną oraz eutrofizacja ekosystemów.

Życie w jakiegokolwiek formie nie może istnieć bez zapewnienia wystarczających zasobów wody o odpowiedniej jakości. Również rozwój gospodarczy społeczeństw w dużej mierze zależy od dostępności wody. Polska należy do zlewni trzech mórz: Morza Bałtyckiego (99,7% powierzchni kraju), Morza Północnego (0,1% powierzchni kraju) oraz Morza Czarnego (0,2% powierzchni kraju). Polską część zlewni Morza Bałtyckiego tworzą dwa dorzecza największych rzek: Wisły, o powierzchni 168,9 tys. km² (co stanowi 54% powierzchni kraju) i Odry, o powierzchni 106,0 tys. km² (33,9% powierzchni kraju). Na tle krajów ościennych wyróżniamy się stosunkowo małymi zasobami wód wynoszącymi ok. 1500 m³/rok/mieszkańca, co stanowi zaledwie ok. 36% średniej europejskiej. Efektem tego jest występowanie w części obszaru Polski trudności w zaopatrzeniu w wodę. W szczególności na południu Polski wodochłonny przemysł i rozwój procesów demograficznych oraz naturalne warunki geograficzne i hydrograficzne powodują występowanie silnych deficytów wody. Na południu kraju, w czasie silnych opadów deszczu, występuje także znaczna zmienność przepływu wód w rzekach i przemieszczania się znacznych ilości wód powodziowych, stanowiących m.in. spływy z terenów górskich. W związku z powyższym, istnieje potrzeba ochrony cennych zasobów wodnych przed zanieczyszczeniami. Czynnikiem, który w znacznym stopniu warunkuje jakość wód jest zawartość w nich związków azotowych.

Związki azotu od zawsze występują w środowisku wodnym. Stanowi ono ogniwo w naturalnym cyklu obiegu azotu. Kwestią sporną i dyskusyjną jest natomiast koncentracja związków azotu w wodach. To zagadnienie należy rozpatrywać kompleksowo, w odniesieniu tak do środowiska glebowego, jak i wodnego, mając na względzie aspekt zarówno ekologiczny (ochrona i zachowanie bioróżnorodności) i gospodarczy, tj. wpływu emisji zanieczyszczeń na jakość wód w aspekcie ich potencjalnego wykorzystania do zaopatrzenia ludność w wodę pitną. Związki azotowe zawarte w glebie i zaaplikowane na użytki rolne migrują w głąb gleby i w ten sposób dostają się do wód gruntowych, zasilając płytkie ujęcia wody, np. przydomowe studnie. Jest to ważna kwestia, biorąc pod uwagę fakt, że w 2016 r. na terenach wiejskich udział ludności korzystającej z sieci wodociągowej kształtował się na poziomie 85%, a tylko 41,3% ludności wiejskiej korzystała ze zbiorowych oczyszczalni ścieków. To szczególnie niebezpieczne, ponieważ, zdaniem wielu badaczy, większość studni na obszarach wiejskich jest lokalizowana w nieodpowiednich miejscach, tzn. zbyt blisko zabudowań inwentarskich i pól uprawnych. Podwyższona ilość azotu (głównie w postaci azotanów V) w wodach gruntowych i powierzchniowych związana jest również z emisją ścieków pochodzenia zwierzęcego (odchody z farm hodowlanych) i ścieków komunalnych. Obrazu dopełnia fakt, że większość, bo prawie 86% przydomowych urządzeń do odprowadzania nieczystości, zlokalizowana jest na obszarach wiejskich.

Formy występowania azotu w wodach

W wodach azot pojawia się najczęściej w formie utlenionej, tj. w postaci azotanów (V). Oprócz rozkładu materii organicznej, źródłem azotanów w wodach są bardzo często ścieki z ferm hodowlanych, ścieki komunalne i wzmożone nawożenie obszarów rolniczych. W wodach podobnie jak w glebie zachodzą procesy nityfikacji (przy udziale bakterii *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*) oraz denityfikacji (głównie przy udziale *Achromobacter agile*, *Chromobacter denitryficans*, *Pseudomonas denitryficans*). Bakterie denityfikacyjne



Autor: W. Szymański

występują licznie w wodach powierzchniowych, zwłaszcza takich, w których występują okresowe braki tlenu. Denitryfikacja jest jedną z przyczyn zmniejszania się zawartości azotanów oraz wzbogacania wody w wolny azot, który w odpowiednich warunkach ulatnia się do atmosfery. Redukcja azotanów może zatem prowadzić do zmniejszania się ogólnej zawartości azotu w zbiorniku.

Wzrost i rozwój roślin oraz glonów powoduje spadek ilości dostępnych azotanów (V) w wodzie – jony zostają pobrane i wbudowywane w tkanki roślinne. W małych stężeniach azotany występują we wszystkich niezanieczyszczonych wodach naturalnych. W wodach powierzchniowych obserwuje się cykliczne zmiany zawartości azotanów; w okresie jesieni i zimy stężenie wzrasta w porównaniu do ich stężenia w lecie. Wahania zawartości azotanów w zależności od pory roku moż-

na wytłumaczyć tym, że w ciepłym okresie roku fitoplankton i rośliny wodne zużywają związki azotowe do swego rozwoju, w okresie jesiennym zaś następuje obumarcie flory i jej biochemiczny rozkład, wobec czego ilość związków azotowych, w tym azotanów, wzrasta. Wahania zawartości jonów azotanowych w wodach gruntowych są związane z typem gleby, strukturą geologiczną i sposobem użytkowania terenu. W naturalnych warunkach ilość azotanów (V) w wodach gruntowych jest mała i wynosi kilka miligramów na litr (Kiedrzyńska i wsp., 2006). Według danych Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (U.S. EPA) z 1987 r. poziom azotanów (V) w wodach w USA nie przekraczał 4-9 mg/l, a azotanów (III) – 0,3 mg/l. Szacuje się jednak, że w wyniku intensyfikacji rolnictwa i wymywania związków azotowych z gleb poziom azotanów (V) może wzrosnąć nawet kilkaset razy (WHO, 2004) i tak, np.

w Indiach w wodach gruntowych zlewni o charakterze rolniczym (produkcja intensywna) wykryto obecność azotanów (V) na poziomie 1500 mg/l (WHO, 2004).

Najwyższe stężenia azotanów w wodzie pitnej występują w płytkich studniach przydomowych, zlokalizowanych na terenach wiejskich i na obrzeżach miast. W zależności od rejonu kraju, od 30 do 85% takich ujęć zawiera wodę o zbyt dużej zawartości azotanów. W wodociągach sieciowych – publicznych i przemysłowych – przekroczenia norm zawartości azotanów stwierdza się sporadycznie.

Omawiając zagadnienia dotyczące obecności azotanów (V) w środowisku wodnym nie można pominąć wysiłków podejmowanych w Europie w celu ograniczenia emisji azotu ze źródeł rolniczych. Sformalizowanie tych inicjatyw i włączenie ich do praktyki nastąpiło głównie na skutek wdrożenia tzw. *dyrektywy azotanowej*. To w jej wyniku w Polsce w latach 2004-2016 wyznaczono obszary szczególnie narażone na straty azotu ze źródeł rolniczych (OSN), czyli obszary, na których należy ograniczyć „odpływ azotu” ze źródeł rolniczych do wód, ponieważ środowisko wodne zostało już zanieczyszczone związkami azotowymi, bądź istnieje zagrożenie zanieczyszczenia takimi związkami. Obszary te wyznaczono na podstawie wyników badań jakości wody państwowego monitoringu środowiska, prowadzonego dla wód powierzchniowych i podziemnych przez Inspekcję Ochrony Środowiska. Dla zidentyfikowanych OSN-ów powstawał program działań mający na celu ograniczenie zanieczyszczenia wód związkami azotowymi. Określone w programie tzw. środki zaradcze, które wynikały z zaleceń Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej, były obowiązkowe do stosowania przez rolników posiadających użytki rolne położone na OSN-ach. Obecnie, od 2017 r., terytorium całego kraju uznano za OSN i wszystkich rolników obowiązuje jeden programu działań, tzw. *Program azotanowy*.

Azotany (III), nazywane potocznie azotynami, naturalnie powstają w środowisku w wyniku redukcji azotanów (V) przez bakterie z grupy *Nitrobacter* oraz na skutek utleniania amoniaku przez bakterie *Nitrosomonas*, zarówno w glebie, wodzie, żywności i paszach. Azotany (III) powstają również w przewodzie pokarmowym zwierząt i człowieka na skutek redukcji enzymatycznej, spowodowanej działaniem obecnych tam mikroorganizmów. Obecność azotanów (III) w wodach powierzchniowych jest spowodowana głównie procesami biochemicznego rozkładu organicznych związków azotowych przez bakterie nitryfikacyjne. Przejście azotanów (V) w azotany (III) świadczy o tym, że w wodzie powstały warunki anaerobowe, czyli zachodzą procesy gnicia. Obecność znacznej ilości azotynów w wodach powierzchniowych dowodzi, że procesy utleniania biochemicznego organicznych związków azotowych nie zostały zakończone, tzn. amoniak nie utlenił się jeszcze do azotanów. W związku z powyższym, pojawienie się w wodzie azotynów może świadczyć o możliwym niedawnym zanieczyszczeniu wody.

Azotyny mogą również dostawać się do wody wraz z opadami atmosferycznymi (kwaśne deszcze) lub ze ściekami przemysłowymi (Kiedrzyńska i wsp., 2006). Wody z terenów bagnistych, leśnych i wody o dużej zawartości żelaza, nawet niezanieczyszczone działalnością człowieka, mogą zawierać znaczne ilości

azotynów. Z kolei woda wodociągowa może zawierać niewielkie ilości azotynów, które powstają w trakcie uzdatniania wody np. w procesie napowietrzania wody podczas odżelaziania i odmanganiania, z redukcji azotanów w świeżo cynkowanych rurach lub w wyniku działania bakterii nitryfikujących. Azotany (III) są niekiedy dodawane jako inhibitor korozji do wody tzw. przemysłowej, skąd mogą dostawać się do wód powierzchniowych. W ściekach surowych źródłem azotynów mogą być niektóre ścieki przemysłowe. Ta grupa związków chemicznych pojawia się, jeśli występują tam warunki anaerobowe. W wodach podziemnych zawartość azotynów jest mała, zwykle nie przekracza 0,01 mg/dm³. W wodach zanieczyszczonych ich zawartość waha się zwykle od 0,2 do 2,0 mg/dm³ (Kiedrzyńska i wsp., 2006). Zarówno poziom azotanów (V) jak i azotanów (III) jest ważnym wskaźnikiem oceny jakości toksykologicznej wody pitnej.

Dopuszczalna zawartość azotanów (V) i (III) w wodzie pitnej

Według obowiązującego w Polsce *Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi* w wodzie pitnej nie powinno być więcej niż 10 mg azotu azotanowego (V)/l, co odpowiada 50 mg azotanów (V)/l. Regulowana tym rozporządzeniem ilość azotanów (III) w wodzie do spożycia przez ludzi wynosi 0,5 mg azotanów (III)/l. Rozporządzenie to jest aktem wykonawczym do Ustawy z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz.U. 2001 nr 72 poz. 747). Na podstawie aktualnego stanu wiedzy o wpływie azotanów (V) na zdrowie człowieka Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) ustaliła maksymalny poziom zanieczyszczenia wody pitnej (MCL) na poziomie 10 mg N-NO₃/l, zaś państwa UE tę regulację zaostrzyły do poziomu 5 mg N-NO₃/l. Dopuszczalny poziom azotanów (III) wynosi 0,5mg/l (EFSA Journal, 2009).

Dopuszczalne dzienne spożycie azotanów (V) i azotanów (III)

Dopuszczalne dzienne spożycie (*Acceptable Daily Intake*, ADI) według definicji WHO to taka ilość substancji wyrażona w miligramach na kg masy ciała na dzień, która może być pobierana w ciągu całego życia nie powodując żadnego ryzyka zagrożenia zdrowia. ADI jest wyznaczane, przy zastosowaniu odpowiednich współczynników bezpieczeństwa, na podstawie poziomu NOAEL (*non-observed-adverse-effect level*), czyli takiej zawartości substancji w pożywieniu/paszy, ustalonej na podstawie badań toksykologicznych, która nie wywołuje żadnych dających się skutków zdrowotnych. Połączony Komitet Ekspertów FAO/WHO ds. Dodatków do Żywności (JECFA) ustalił w 1995 r. oraz w 2002r. potwierdził, maksymalne dopuszczalne dzienne spożycie dla azotanów (V) i (III). ADI dla azotanów (V) wynosi 3,7 mg NO₃⁻/kg masy ciała/dzień, a dla azotanów (III) jest to 0,07 mg NO₂⁻/kg masy ciała/dzień (EFSA Journal, 2009).

Zgodnie z najnowszym stanem wiedzy przyjmuje się że, toksyczny efekt działania azotanów (V) można nazwać „pośrednim” ze względu na fakt, iż za ich szkodliwy wpływ na organizmy odpowiadają w głównej mierze powstające z nich azotany (III). Zatrucia azotanami (III) mają najczęściej charakter ostry, chociaż nie bez znaczenia dla zdrowia wydaje się być przewlekłe narażenie na dużo niższe dawki. Szczególną uwagę należy zwrócić również na ryzyko działań odległych, które jest związane z narażeniem na produkty przemian azotanów, jakimi są nitrozoaminy. Warto podkreślić, że nitrozoaminy i/lub ich metabolity wykazują wszystkie rodzaje działań odległych, tj. działają mutagennie, kancerogennie oraz teratogennie. Prekursorem do powstawania nitrozoamin są właśnie związki azotu, stąd też szczególną uwagę należy zwracać na narażenie człowieka na azotany i azotyny.

Środowiskowe skutki nadmiernej emisji azotu do wód

Problem silnego zanieczyszczenia wód substancjami biogennymi, w tym związkami azotu, dotyczy w Polsce szczególnie rzek nizinnych, położonych na terenach intensywnie użytkowanych rolniczo, na których przeważnie zrealizowano w pełni podłączenie budynków do sieci wodociągowej, natomiast brak jest prawidłowego odprowadzania i oczyszczania ścieków. Rzeki nizinne są zwykle obciążone zanieczyszczeniami z dużej powierzchni zlewni i nawet przy dobrym systemie oczyszczania ścieków oraz właściwych praktykach rolniczych dostaje się do wód pewna ilość biogenów, która stanowi zagrożenie dla ich jakości. Emisje azotu do wód stanowią poważne zagrożenie środowiskowe powodowane m.in. eutrofizacją. Azot w wodach stymuluje wzrost alg i glonów do krytycznego punktu, kiedy to z powodu braku tlenu wzrost materii organicznej zanika i następuje jej rozkład. Podczas dekompozycji materii organicznej następuje dalsze zużycie tlenu, co powoduje utratę bioróżnorodności, degradację ekosystemów i szkody dla ryb i innych zwierząt wodnych, włącznie z możliwością ich uduszenia. Dodatkowo, podczas rozkładu materii organicznej powstają odory zmniejszające także wartość estetyczną, rekreacyjną i ekonomiczną środowiska wodnego.

Niektóre szczepy sinic mogą ponadto wydzielać szkodliwe toksyny, których pojawianie się w wodach eliminuje wykorzystywanie zbiornika do zaopatrywania ludności w wodę pitną, stwarzając również (jeśli zakwit sinic nie zostanie odpowiednio wcześniej zauważony) zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi i zwierząt gospodarskich. Gdy temperatura wody przekracza 26°C (oraz przy nadmiarze fosforanów w wodzie), może dochodzić do zakwitu potencjalnie toksycznych gatunków sinic, w tym z gatunku *Nodularia*. Toksyna wydzielana przez te sinice jest szkodliwa dla zdrowia człowieka (uszkadza wątrobę).

Niemal każde siedlisko przyrodnicze jest w jakiś stopniu zależne od jakości i ilości wody. Z oczywistych względów stan czystości wód wpływa na różnorodność biologiczną i prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów wodnych. Zanieczyszczenie wód może jednak negatywnie oddziaływać również na gatunki i siedliska lądowe stale lub okresowo zasilane wodami powierzchniowymi. Szczególnie wrażliwym obszarem są tereny zalewowe oraz ich bezpośrednie otoczenie, zwłaszcza, że pod-

czas wezbrań woda przenosi większe ładunki zanieczyszczeń. Innym aspektem oceny nadmiernej ilości związków azotowych w wodach podziemnych jest ich wpływ na, zasilane tymi wodami, ekosystemy o znaczeniu produkcyjnym jak pastwiska czy lasy. W przypadku lasów azot zostaje zasymilowany w znacznych ilościach przez rośliny wraz z pobieraną wodą, co przyczynia się, wraz z głównym czynnikiem, czyli depozycją związków azotu z powietrza i opadów atmosferycznych, do rozwoju procesu eutrofizacji siedlisk leśnych powodującego większy przyrost drzewostanów, ale jednocześnie również zwiększenie wrażliwości drzew na grzyby patogeniczne, żery owadów, przymrozki, wiatrołomy lub śniegołomy (GIOŚ 2017).



Autor: R. Gaj

Zawartość związków azotu w wodach powierzchniowych

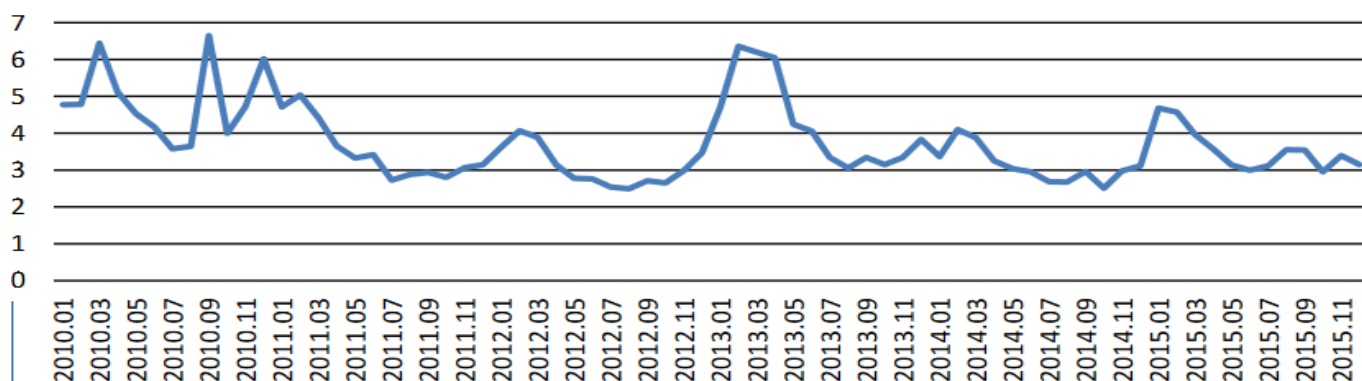
Analiza wyników monitoringu GIOŚ za lata 2007-2016 w zakresie zawartości azotanów w wodach powierzchniowych sugeruje, że na przestrzeni tego okresu stwierdza się wzrost stężenia azotanów w okresie letnim (maj-październik) i zimowym. Zaledwie w nielicznych zlewniach południowo-zachodniej Polski obserwuje się przekroczenie stężenia azotu azotanowego

powyżej poziomu, przy którym występuje eutrofizacja wód tj. 2,2 mg N-NO₃/l (Jadczyżyn, niepublikowane).

Poniższy wykres prezentuje zmienność średniej zawartości azotu ogólnego w punktach charakteryzujących jednolite części wód powierzchniowych. Podczas wiosennych roztopów stężenie związków azotu rośnie intensywniej niż w okresie letnim, co jest związane z wypłukiwaniem nawozów z terenów wykorzystywanych rolniczo.

Zawartość związków azotu w wodach podziemnych

Badania zawartości azotanów (NO₃) w wodach podziemnych są prowadzone w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska od 1991 roku w oparciu o krajową sieć pomiarową monitoringu jakości wód podziemnych, złożoną obecnie z około 1200 punktów pomiarowych. Wyniki badań monitoringowych



Rys. 1.1. Średnia miesięczna zawartość azotu ogólnego w latach 2010-2015, liczona ze wszystkich monitorowanych punktów (źródło: GIOŚ/PMŚ 2017)



Autor: W. Szymański

z lat 2012–2015 wykazują, że w ok. 86% badanych punktów pomiarowych średnie stężenia azotanów są mniejsze niż 25 mg NO₃/l. Stężenia azotanów w przedziale 25–39,99 mg NO₃/l odnotowano w ok. 6–7% punktów, a w przedziale 40–50 mg NO₃/l – w ok. 3% punktów, natomiast przekraczające dopuszczalną wartość 50 mg NO₃/l wystąpiły tylko w ok. 5% punktów pomiarowych. Analizując głębokość, z jakiej pobierano próbki wody do analiz chemicznych stwierdzono, że większość próbek, w których zanotowano stężenia azotanów powyżej 50 mg NO₃/l pochodzi z punktów pomiarowych ujmujących płytsze poziomy wodonośne, narażonych bezpośrednio na infiltrację zanieczyszczeń z powierzchni ziemi, co znaczy, że są bardziej zanieczyszczone azotanami niż poziomy wodonośne występujące na większych głębokościach, najczęściej odizolowane od powierzchni terenu warstwą utworów słabo przepuszczalnych.

Z analizy wyników badań monitoringowych w latach 2008–2015 wynika, że procent punktów w poszczególnych przedziałach stężeń nie uległ większym zmianom i nadal w zdecydowanej większości występują stężenia poniżej 25 mg/l, a co najistotniejsze – nie ulega większym zmianom procent punktów, w których występują podwyższone wartości stężeń (od 40 mg NO₃/l do 50 mg NO₃/l) lub przekroczenia wartości progowej (>50 mg NO₃/l). Warto przy tym zwrócić uwagę na duże opóźnienie – od kilku do kilkudziesięciu lat – z jakim mogą reagować na migrację zanieczyszczeń warstwy wodonośne pokryte utworami słabo przepuszczalnymi. Podobnie będzie opóźniona reakcja na zmniejszenie się ilości azotanów emitowanych do wód podziemnych pod wpływem implementacji Programu azotanowego wynikającego z wdrażaniem wymagań Dyrektywy azotanowej (GIOŚ 2017).

Zawartość związków azotu w wodach morskich

W ramach Państwowego Monitoringu Środowiska są prowadzone również badania stężenia substancji biogenych w wodach morskich. Najwyższe są mierzone w obszarach przyujściowych rzek: przy ujściu Wisły, Odry w Zalewie Szczecińskim oraz w Zalewie Wiślanym. W odniesieniu do mineralnych form azotu (suma NO₂+NO₃+NH₄) w 2015 roku zaobserwowano kontynuację tendencji spadkowej z poprzedzającego dziesięciolecia. Stan wód w akwenach polskiej wyłącznej strefy ekonomicznej w 2015 roku, pod względem eutrofizacji, oceniono jako nieodpowiedni, to jest poniżej stanu dobrego (subGES). Wielkość ładunku substancji biogenych trafiających do Bałtyku jest skorelowana z wielkością odpływu wód rzecznych. Podczas powodzi w 2010 roku Wisłą do Bałtyku zostało dostarczonych 16,2 tys. t fosforu i 322,6 tys. t azotu. Natomiast w 2015 roku, który był rokiem suchym, z wodami Wisły dostarczono do Bałtyku 4,8 tys. t fosforu i 76,6 tys. t azotu.

Nadmierna eutrofizacja wód jest wynikiem działań w zakresie gospodarki komunalnej (niewystarczającej liczby oczyszczalni ścieków) oraz w zakresie rolnictwa (nadmiernego nawożenia pól i niewłaściwego zagospodarowywania nawozów naturalnych pochodzących z hodowli zwierząt). Należy podjąć działania optymalizujące wykorzystanie dostępnych w gospodarstwie składników mineralnych, co nie tylko pozwoli w lepszy sposób dbać o środowisko naturalne, ale również umożliwi ograniczenie nakładów ponoszonych na uzupełnienie dawek składników nabywanymi nawozami mineralnymi.

Literatura:

1. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska GIOŚ. 2017. Stan środowiska w Polsce. Sygnały 2016. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
2. Kiedrzyńska L., Papciak D., Granops M., 2006. Chemia sanitarna. Sanitary chemistry, Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
3. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on nitrite as undesirable substances in animal feed. The EFSA Journal (2009), 1017, 1-47.
4. World Health Organisation Rolling Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality: Nitrates and nitrites in drinking-water 2004, WHO/SDE/WSH/0408/56.

1.2. Deficyt wody

dr Jerzy Kozyra

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, Puławy

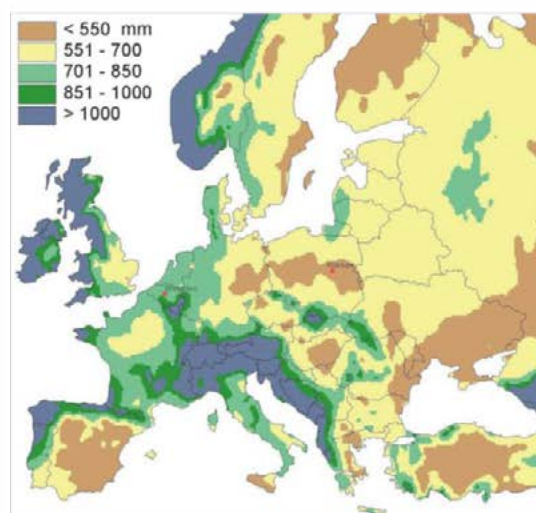
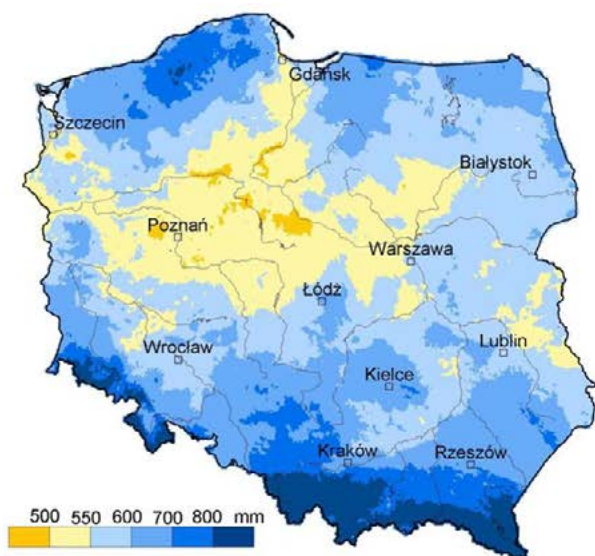
dr inż. Rafał Wawer

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, Puławy

Wstęp

Polska jest położona w geograficznym centrum Europy, pomiędzy klimatem kontynentalnym na wschodzie i morskim na zachodzie. Znajdujemy się na skraju wpływu klimatu kontynentalnego, co wiąże się z niskimi w porównaniu z sąsiadującymi obszarami północnej Europy opadami rocznymi, sięgającymi miejscami średnim i minimum z pól suchych obszarów południowej Europy (rys. 1.2).

dem i uprawy muszą bazować na zasobach wody glebowej, zgromadzonych w okresie chłodnym (między listopadem a kwietniem). Okres ten do niedawna zapewniał wypełnienie całej pojemności wodnej pokrywy glebowej, dzięki śnieżnym zimom i dżdżystym miesiącom przejściowym, jednak w ostatnich latach zmienność opadów w tym okresie jest znaczna i zdarza się lokalnie, że retencja glebo- wa nie wystarcza do zaspokojenia potrzeb wodnych upraw.

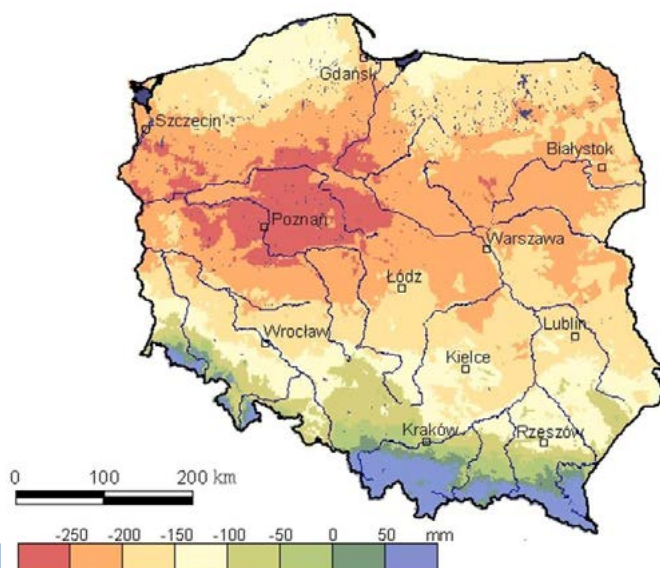


Rys. 1.2. Średnia (z wielolecia) roczna suma opadu dla Polski i Europy (źródło: IUNG-PIB, 2015)

W związku z tym deficytem opadów na większości obszaru Polski w okresie wegetacyjnym (od kwietnia do października) klimatyczny bilans wodny jest ujemny (rys. 1.2., tab. 1.1.), co oznacza, że parowanie dominuje nad opa-

O dostępności wody dla roślin decyduje nie tylko wielkość opadu atmosferycznego, ale również parowanie. Różnicę opadu atmosferycznego i parowania potencjalnego opisuje wartość Klimatycznego Bilansu Wodnego (KBW). Według tego

wskaźnika największe niedobory wody występują w rejonie Wielkopolski, najmniejsze zaś na południu Polski. Na obszarze Wielkopolski, w okresie od kwietnia do września, KBW przyjmuje wartości ujemne, dochodzące do -250 mm. Oznacza to, że w całym tym okresie wielkość wody, potencjalnie mogącej wyparować z systemu gleba-roślina jest większa od ilości opadu atmosferycznego. Jest to niekorzystne dla roślin, gdyż przez cały okres wegetacji są narażone na występowanie okresowych niedoborów wody.



Rys. 1.3. Klimatyczny bilans wodny w Polsce w okresie od kwietnia do września (źródło: IUNG-PIB, 2015)

Przyczyny deficytu

Indeksy pogodowe plonów (IPO) w Polsce, wykorzystywane w statystyczno-empirycznych modelach plonowania roślin uprawnych w Polsce (Górski i wsp. 1997), wykazują dla pszenicy ozimej, ziemniaka, buraka cukrowego znaczące wartości ujemne, co oznacza pogarszanie się warunków klimatycznych (Kozyra i in. 2012). Odchylenie IPO wyraża względny spadek plonu roślin w danym roku ze średnich teoretycznych warunków (w %) na poziomie kraju, spowodowanych warunkami pogodowymi. W latach 1972-2015 nastąpiło pięć lat, kiedy WCI znacznie się zmniejszyło dla wszystkich analizowanych upraw. Były to lata: 1980 (rok z silnymi opadami i dużymi powodziąmi) i cztery z ciężkimi suszami: 1992, 1994, 2006 i 2015. Niska negatywna wartość wskaźnika dla analizowanych roślin wystąpiła w 2006 roku. Wyraźnie zaznacza się, że wskaźnik IPO stał się bardziej korzystny dla kukurydzy i mniej korzystny dla ziemniaków, chociaż występuje silna zmienność międzyroczna. W roku suszy 2006 r. IPO dla kukurydzy spadł do bardzo niskiej wartości -40, również ze względu na niskie temperatury w maju.

Według badań Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) po roku 2000 wartości klimatycznego bilansu wodnego w okresie wiosennym i letnim są coraz mniejsze, co oznacza, że występujące susze są jeszcze dotkliwsze.

Począwszy od dotkliwej suszy w 2006 roku, która objęła większość obszaru kraju i doprowadziła do ogólnokrajowej sięgającej 30% obniżki plonów niektórych upraw i strat na poziomie 4 miliardów złotych. Następująca po niej susza w roku 2008 przyniosła straty na poziomie 2 mld zł. Od tego czasu obserwuje się rosnące zainteresowanie rolników nawodnieniami rolniczymi, których udział w ostatniej dekadzie zauważalnie rośnie. Na niektórych obszarach położonych na żyznych glebach a dotykanych notorycznie suszami (np. okolice Kutna), rolnicy przechodzą z upraw zbóż na nawadniane uprawy wysokodochodowe, jak warzywa, rośliny jagodowe czy sady.

Tabela 1.1. Średni z wielolecia klimatyczny bilans wodny dla Polski dla okresu kwiecień-wrzesień (źródło: IUNG-PIB, 2005)

m-c	IV	V	VI	VII	VIII	IX	suma
Opad	42	58	72	88	76	52	388
Parowanie	69	98	105	118	107	64	562
Bilans	-27	-40	-33	-30	-31	-12	-174



Rys. 1.4. Orientacyjny czas odnowienia zasobów wody gruntowej (źródło: USDA)

Nawodnienia rolnicze nie mają długiej tradycji w polskim rolnictwie, stąd też ich praktyka wdrażania wciąż pozostawia wiele do życzenia. O ile projektowanie i montaż samych instalacji nawodnieniowych są bardzo dobrze rozpoznane, o tyle z jednej strony brakuje narzędzi do optymalizacji zużycia wody, a z drugiej metod monitoringu zasobów wody i oceny ich dostępności w krótkim i długim horyzoncie czasowym. Niezrównoważone w długim okresie nawadnianie może doprowadzić do zaburzenia odnawiania się zasobów wodnych oraz wpłynąć negatywnie zarówno na jakość wody (zanieczyszczenie wód gruntowych i powierzchniowych), jak i gleby (zasolenie). Nadmierne nawadnianie prowadzi do wymywania rozpuszczalnych form nawozów mineralnych, głównie azotu i potasu, poza zasięg systemu korzeniowego uprawy i zanieczyszczenie nimi wód gruntowych. Zbyt małe dawki nawodnieniowe nie spełniają swojej roli plonotwórczej i wpływają niekorzystnie na bilans ekonomiczny gospodarstwa. Istniejące na polskim



Źródło: Pixabay

rynku narzędzia wspomagania decyzji, jak np. polski system Aquastatus (www.aquastatus.pl), nie są jeszcze wdrażane w dostatecznie szerokim zakresie, by wpłynąć pozytywnie na optymalizację nawadniania w pożądanej skali i ochronić zasoby wód gruntowych, charakteryzujących się długim okresem odnawiania oraz dużą powierzchnią zbiornika (rys. 1.4.).

Aby zwiększyć odporność upraw na dotkliwe susze, należy również zadbać o zmniejszenie odpływu wód do cieków i zatrzymanie jej w krajobrazie rolniczym. Można tego dokonać poprzez małą i dużą retencję wodną.

Aktualne i prognozowane występowanie deficytów wody w rolnictwie

W drugiej dekadzie XXI w. obserwujemy nasilenie susz i zwiększenie częstości ich występowania w porównaniu do pierwszej dekady XXI w., jak i ostatnich dekad XX w. Według Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG–PIB), prowadzącego ciągły monitoring suszy

rolniczej w Polsce, susze występują każdego roku w różnych okresach i rejonach kraju. W latach 2014–2016 susze były tak silne, że niekiedy klęską suszy była objęta większość obszaru kraju.

Prognozy zmian klimatu dla Polski, opracowane przez Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC), przewidują na większości obszaru kraju znaczne, bo ponad 10-krotne zwiększenie częstości występowania susz o intensywności dotychczasowych (lata 1900–1990) susz 100-letnich, co można interpretować jako pojawianie się dotkliwych susz, które kiedyś zdarzały się raz na 100 lat, a teraz będą pojawiać się co lat 10 lub częściej. Prognozuje się, że intensywność susz 100-letnich wzrośnie o co najmniej 25%.

Przyszły, cieplejszy klimat, spowoduje również zwiększenie intensywności parowania z powierzchni gleby i wody oraz transpiracji (oddychania) roślin. Upraszczając, można stwierdzić, że zmiana średniej temperatury dobowej o 1 stopień wzwyż powoduje wzrost dziennego parowania o 0,3mm–0,4mm, co stanowi około 10% dzisiejszego poziomu dla temperatury 25 stopni, wynoszącego średnio około 4 mm. Daje to

zwiększenie strat wody o 3-4 m³ na hektar dziennie, a w skali 60 dni okresu wegetacyjnego o wysokich temperaturach 180–240 m³. Należy pamiętać również, że ocieplenie spowoduje przesunięcie dat wyznaczających początek i koniec okresu wegetacyjnego, wpływając na jego znaczne wydłużenie, zatem i zwiększenie ogólnych strat wody na parowanie.

Czy polskie rolnictwo jest gotowe na nadchodzące zagrożenia? Zdaniem wielu hydrologów, klimatologów i agronomów, przy

obecnym reżimie hydrologicznym, sprzyjającym szybkiemu odpływowi – nie.

Zgodnie z zasadą lepiej zapobiegać niż leczyć, należy przedsięwziąć kroki organizacyjne, prawne i inwestycyjne, by zapewnić dostęp do wody wszystkim producentom rolnym na równych prawach i zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe polskiej gospodarce.

Literatura:

1. Doroszewski A., Jóźwicki T., Wróblewska E., Kozyra J. 2014. Susza rolnicza w Polsce w latach 1961–2010. Wyd. IUNG–PIB. Puławy.
2. Kozyra J., Górski T. 2008. Wpływ zmian klimatycznych na rolnictwo w Polsce. [W:] Zmiany klimatu, a rolnictwo i obszary wiejskie. Warszawa. Fundacja na Rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa: 35–40.
3. Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. and Hanson C.E. (eds). 2007. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Cambridge University Press. Cambridge, New York.
4. Wawer R., Matyka M., Łopatka A., Kozyra J. 2016: Systemy wspomagania decyzji w nawodnieniach upraw rolniczych. [W:] Dembek W., Kuś J., Wiatkowski M., Żurek G. (red.) Innowacyjne metody gospodarowania zasobami wody w rolnictwie. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. Brwinów:165–182.

1.3. Adaptacja gospodarki wodnej do zmian klimatu

dr Jerzy Kozyra

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, Puławy

Wstęp

Według prognoz klimatycznych dla obszaru Polski średnia temperatura atmosfery będzie dalej rosła, a wzrost ten, na koniec XXI wieku, ma wynieść od 2°C do 4°C. Wraz z ociepleniem atmosfery zwiększy się częstość zjawisk pogodowych niekorzystnych dla rolnictwa, takich jak: susze, gwałtowne burze, fale upałów. Suma roczna opadów atmosferycznych ma nie ulegać znaczącym zmianom. Jednak w zimie, wg prognoz, ma być wyższa niż obecnie, natomiast w lecie – niższa. Możemy spodziewać się dłuższych niż ma to miejsce obecnie okresów bez opadów. Zmniejszenie sum opadów atmosferycznych w okresie letnim ma wynieść nawet do 40%, co w stosunku rocznym zostanie zrównoważone przez opady występujące w zimie. Jednak przy prognozowanym dalszym wzroście temperatury, znacznie zwiększy się parowanie z gruntu i roślin, co może spowodować ograniczenie dostępności wody opadowej dla roślin.

Zmiany klimatu wpływają na rolnictwo w sposób bezpośredni i pośredni. Bezpośrednie oddziaływania wynikają ze zmiany warunków klimatycznych, które determinują plonowanie upraw (zmiany termiczne, zmiany rozkładu przestrzennego i czasowego opadów i wilgotności gleby oraz zmiany częstotliwości i intensywności ekstremalnych zjawisk pogodowych). Pośredni wpływ zmian klimatu na rolnictwo wynika z różnych reakcji roślin na: uprawę, nawożenie, pojawianie się i zwiększenie liczebności patogenów i szkodników. Obserwowane zmiany klimatu modyfikują również wpływ rolnictwa na środowisko, np.: zwiększona erozja gleby w warunkach częstszych intensywnych opadów, degradacja materii organicznej w glebach w trakcie długotrwałych susz.

Zmiany klimatyczne stwarzają poważne wyzwanie w wielu dziedzinach – od zarządzania pracami polowymi w gospodarstwie po stabilność rynków rolnych. Mniej stabilna pogoda utrudnia wykonywanie prac polowych lub – w skrajnych przypadkach – nie pozwala na ich prawidłowe wykonanie. Wpływ rosnącej zmienności plonów, co jest związane z częstszym występowaniem niekorzystnych zjawisk pogodowych, takich jak susze w latach: 2003, 2006, 2008 oraz straty zbóż ozimych na przełomie 2011/2012 roku są tylko sygnałem problemów z pogodą dla rolnictwa w przyszłości. Wykazano już, że zmienność plonów między okresami 1955–1971 i 1990–2007 wzrosła z 6 do 9,4%; dla żyta – z 9,4 do 10,3%; dla ziemniaków –



Autor: R. Gaj

z 6,2 do 13,2% . Oznacza to, że zmienność plonów pszenicy ozimej występuje obecnie na poziomie zmienności plonowania roślin strączkowych, których plony były uważane w Polsce dotychczas za najmniej stabilne. Z drugiej strony, wzrasta powierzchnia uprawy kukurydzy na ziarno w Polsce, czyli rośliny ciepłolubnej, dla której jest korzystny wzrost temperatury w lecie. Należy spodziewać się, że nastąpi również wzrost areału uprawy soi, która, podobnie jak kukurydza jest rośliną ciepłolubną. Istnieje także zagrożenie ze strony ciepłolubnych chwastów i szkodników roślin uprawnych, których ekspansja również jest już obserwowana.

Głównym celem adaptacji rolnictwa wobec zmian klimatu, w zakresie gospodarki wodnej na obszarach wiejskich, jest efektywne zarządzanie produkcją w sytuacji częściej występujących niekorzystnych zdarzeń pogodowych – w postaci suszy, gwałtownych lub nadmiernych opadów. By osiągnąć ten cel, proponuje się działania związane nie tylko z samą produkcją w rolnictwie, ale w kilku innych sferach, by proces adaptacji przebiegał systematycznie. Działania te zostały zebrane przez Howdena i wspł. (2007) i przedstawione poniżej.

Sformułowanie odpowiednich regulacji prawnych

Dyskusja o potencjalnych skutkach obserwowanych zmian klimatycznych koncentruje się przeważnie na wpływie niekorzystnych warunków na możliwości uprawy roślin i hodowli zwierząt w warunkach przyszłego klimatu. Tymczasem problem należy rozpatrywać w dużo szerszym kontekście, głównie społecznym i ekonomicznym, ale również w powiązaniu z funkcjonującymi w tym zakresie regulacjami. Dobrym przykładem jest wskazanie konieczności łączenia polityki adaptacji wobec zmian klimatu z regulacjami dotyczącymi zarządzania w warunkach suszy. Regulacje i procesy decyzyjne w tym zakresie wymagają w warunkach zmian klimatycznych większej dynamiki. Należy zakładać, że w przyszłości będzie notowany większy, niż dotychczas, zasięg obszarowy klęsk suszy, dotyczący większej liczby gatunków uprawnych. Spowoduje to konieczność zaangażowania liczniejszych zasobów ludzkich i środków w proces likwidacji szkód suszy. Ważną kwestią jest inwestowanie w nowoczesne metody monitoringu suszy oraz pozyskiwanie nowej wiedzy o obserwowanych zmianach klimatu. Należy również wskazać, że polityka adaptacji wobec zmian klimatu, dotyczy ogólnych celów polityki zrównoważonego rozwoju i powinna być w tej polityce należycie uwzględniona. Szczególne miejsce powinno poświęcić się regulacjom w zakresie zarządzania zasobami naturalnymi, włączając w to regulacje związane z genetycznie modyfikowanymi organizmami (GMO) oraz regulacje dotyczące ochrony zdrowia ludzi i zwierząt. Należy również wskazać, że zmiany klimatyczne i adaptacja do tych zmian, wpływa na zapewnienie bezpieczeństwa żywności i bezpieczeństwa żywnościowego obszarów, co będzie miało znaczący wpływ na rynki rolne.

Łączenie celów adaptacyjnych z celami ograniczenia antropologicznego efektu cieplarnianego

Polityka klimatyczna to przede wszystkim regulacje, dotyczące ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Osiągnięcie zakładanych celów redukcyjnych, definiowanych w tzw. polityce mitygacji zmian klimatu, spowoduje zmniejszenie potrzeb w zakresie adaptacji. Należy podkreślić, że wraz z ograniczeniem emisji, zmniejszy się koszt adaptacji, a podjęte kroki na rzecz adaptacji wobec zmian klimatu mogą okazać się bardziej efektywne. Działaniem mitygacyjnym, zgodnym z działaniami adaptacyjnymi, jest np. zwiększenie efektywności gospodarki nawozowej. Poprzez intensyfikację skuteczności stosowania nawozów zwiększa się plony, a zarazem zmniejsza emisję podtlenku azotu do atmosfery. Innym przykładem są efektywne nawodnienia, które pozwalają na produkcję większych ilości żywności na mniejszym obszarze, przy racjonalizacji wykorzystania wody do nawodnień.

Informowanie planujących inwestycje o zmianach klimatu

Informacje związane z potencjalnym wpływem zmian klimatycznych, w krótkiej i długiej perspektywie, powinny być brane pod uwagę w planowaniu inwestycji, szczególnie w infrastrukturze, dotyczących gospodarki wodnej na obszarach wiejskich. Zakładając, że podstawowym wyzwaniem dla rolnictwa jest wzrost ryzyka suszy, w planach inwestycyjnych w zakresie zaopatrzenia ludności w wodę, przemysłu i energetyki należy uwzględniać prognozy zmian klimatycznych.

Promowanie i wsparcie projektów wdrażających działania adaptacyjne

Projekty badawcze, związane z wdrażaniem działań adaptacyjnych wobec zmian klimatu, które są realizowane wspólnie z interesariuszami badań, pozwalają identyfikować problemy z wdrażaniem tych działań. Włączenie do projektów decydentów umożliwia zidentyfikowanie kolejnych, możliwych do wdrożenia opcji adaptacyjnych, potencjalnie innych niż zdefiniowane dotychczas przez zajmujących się zagadnieniem naukowców. Umożliwia to również bardziej realistyczne podejście do szacowania kosztów i korzyści płynących z proponowanych regulacji wspierających adaptację wobec zmian klimatu.

Wsparcie zarządzania ryzykiem klimatycznym

Adaptacja wobec zmian klimatu jest procesem ciągłym i jest częścią procesu zarządzania w sytuacjach kryzysowych. Przekształcenie opcji adaptacyjnych na konkretne

działania wymaga znajomości całości narzędzi zarządzania kryzysowego, w szczególności metod zarządzania ryzykiem. W tej sytuacji należy zdefiniować działania systemu zarządzania kryzysowego dla warunków obserwowanych zmian klimatu.

Zmiany w sferze zarządzania wodą w gospodarstwie rolnym

Najwięcej miejsca, w toczących się pracach nad adaptacją rolnictwa wobec zmian klimatu, poświęca się zmianom praktyk rolniczych w warunkach większego ryzyka związanego z niedoborami wody i występowaniem gwałtownych opadów. Istnieje szereg zdefiniowanych praktyk adaptacyjnych dla rolnictwa wobec zmian klimatu, dotyczących gospodarki wodnej. Możliwości wdrożenia tych praktyk są uzależnione od inwestycji w nowe technologie i infrastrukturę. Wśród proponowanych praktyk adaptacyjnych wymienia się:

- dostosowanie struktury produkcji do warunków związanych z występowaniem długich okresów fal upałów i suszy oraz dostosowanie praktyk rolniczych związanych z nawożeniem. Dywersyfikacja upraw ma uchronić od powstawania strat w całym gospodarstwie;
- wprowadzenie koncepcji tzw. rolnictwa konserwującego. Według definicji Światowej Organizacji Żywności (FAO, 2011), jest to system produkcji, którego celem jest osiągnięcie intensyfikacji produkcji i wysokiej wydajności przy jednoczesnym poprawianiu bazy zasobów naturalnych (gleby, wody). Typowe dla rolnictwa konserwującego jest zachowanie trzech zasad tj.: stosowania minimalnej mechanicznej ingerencji w glebie, pozwalającej zachować jej funkcje akumulacji materii organicznej i poprawić stosunki wodne. Chodzi tutaj w szczególności o nieodwracanie gleby (siew bezpośredni, uprawa pasowa, siew w mulcz). Drugą zasadą jest zachowanie stałej okrywy

roślinnej, poprzez stosowanie międzyplonów, poplonów, czy mulczowania. Trzecią zasadą rolnictwa konserwującego jest stosowanie płodozmianu bogatego gatunkowo, redukującego rozwój chwastów, chorób i szkodników oraz wprowadzenie do zmianowania roślin motylkowatych lub ich mieszanek z trawami. W rolnictwie konserwującym szczególną uwagę zwraca się na znacznie zasobności gleb w materię organiczną, która wpływa na poprawę właściwości wodnych gleb. Stosowane metody uprawy, głównie ograniczenie orki, ma przyczynić się nie tylko do racjonalnego korzystania z gleby, ale również odbudowy zasobów materii organicznej, która pozwoli na zwiększenie produktywności wykorzystania wody;

- optymalizację zużycia wody w nawodnieniach, poprzez zastosowanie systemów wspierania decyzji, bazujących na bezpośrednim pomiarze wilgotności gleby i deficytu wody w glebie w strefie korzeniowej roślin. Wskazuje się, że należy wdrażać nowe technologie w nawodnieniach, które umożliwiają lepszą kontrolę zużycia wody i ograniczenie strat wody. Instrumentem regulacyjnym w tym zakresie ma być wprowadzenie opłat za korzystanie z wód do nawodnień, co przyczyni się do traktowania wody, jako środka produkcji, którego ograniczenie zużycia będzie przynosić bezpośrednie korzyści ekonomiczne, wynikające z zastosowanych oszczędnych technologii nawadniania.

Podsumowując, należy wskazać, że problem ograniczonych zasobów wodnych i zwiększające się niedobory wody w wyniku obserwowanych zmian klimatu stają się problemem nie tylko rolnictwa, ale szeregu innych dziedzin gospodarki. Wprowadza to nową sytuację dla rozwoju rolnictwa w strefach klimatycznych, gdzie korzystanie z wód dotychczas było regulowane głównie w zakresie niedopuszczania do powstawania zanieczyszczeń, a obecnie będzie dotyczyć racjonalnego korzystania z zasobów wodnych i reagowania w sytuacji suszy.

Literatura:

1. Howden S.M., Soussana J.F., Tubiello F.N., Chhetri N., Dunlop M., Meinke H. 2007. Adapting agriculture to climate change. PNAS. doi: 10.1073.pnas.0701890104.



2.1. Przyczyny skażenia wód azotem ze źródeł rolniczych

Marek Krysztoforski

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu

Wstęp

Ze względu na skutki przyrodnicze i skalę występowania największe zagrożenie dla czystości wód stanowią składniki nawozów – przede wszystkim pierwiastki biogenne: azot i fosfor. Trafiają one do wód, jako efekt niezamierzonych strat w produkcji roślinnej i zwierzęcej.

Można wymienić kilka ważnych procesów, które powodują emisję biogenów do wód:

- erozja wodna i wietrzna – przedostawanie się drobnych cząsteczek gleby (zawierających najgroźniejsze dla wód: azot i fosfor) z pól do wód, wywołane zwiwaniem i zmywaniem oraz transport rozpuszczonych związków azotu w wyniku spływu podpowierzchniowego;
- wymycie rozpuszczonych azotanów NO_3 z gleb, zagród rolniczych i miejsc składowania nawozów naturalnych;
- emisja gazowego amoniaku (NH_3) i tlenków azotu z nawozów naturalnych i gleby, które następnie z opadami dostaje się do wód powierzchniowych;
- błędy w rozprowadzaniu nawozów naturalnych i mineralnych (niewłaściwy termin stosowania, nieodpowiedni stan gleby, niezachowanie odległości od wód powierzchniowych), powodujące dostanie się nawozów bezpośrednio do wód powierzchniowych.

Do dużych strat składników nawozowych dochodzi zwłaszcza w gospodarstwach ukierunkowanych na produkcję zwierzęcą. Wytwarzane są w nich duże ilości nawozów naturalnych, które ze względu na dużą koncentrację i ilość biogenów należy traktować jako należące do grupy szczególnego ryzyka.

Co to jest eutrofizacja i jej główne czynniki

Najgroźniejszym zjawiskiem skażenia wód, wywoływanym głównie przez rolnictwo jest eutrofizacja. Pochodzące z języka greckiego słowo *euthropos* oznacza „dobrze odżywiony”. Dwa główne

składniki nawozowe wywołujące eutrofizację to: azot (N) i fosfor (P). Stymulują największy wzrost masy roślinnej – fitoplanktonu, dlatego nazywa się je składnikami biogennymi. W pewnych warunkach 1 kg fosforu może wywołać rozwój nawet 1 t mikroorganizmów! Azot w nieco mniejszym stopniu, ale także wywołuje niekorzystne procesy w wodach. Jeśli dodamy do tego łatwość rozpuszczania się związków azotu w wodzie i przemieszczania w profilu glebowym to wyłania nam skalę zagrożenia tym niemetalem. Azot jest głównym składnikiem budulcowym białek, dlatego znajduje się we wszystkich organizmach żywych. Jego duże ilości występują w odchodach zwierzęcych, jak i w nawozach mineralnych. Najgroźniejsze z punktu widzenia środowiskowego są intensywne fermy zwierzęce, gdzie występuje duża koncentracja zwierząt i związane z tym wytwarzanie odchodów. Także gospodarstwa roślinne, o wysokim poziomie nawożenia azotem, są istotnym źródłem zagrożeń.

O ile azot rozpuszcza się łatwo w roztworze glebowym, to fosfor jest najczęściej zaadsorbowany w drobnych cząstkach gleby. Dlatego najczęściej do zanieczyszczenia wód dochodzi poprzez zmycie gleby. Także nieostrożne obchodzenie się z nawozami naturalnymi może spowodować przedostanie się ich bezpośrednio do wód.

Mikroorganizmy wodne potrzebują do rozwoju pewnej ilości azotu i fosforu. W warunkach naturalnych pierwiastki te występują w wodach w niewielkich ilościach. Dostarczenie nadmiaru biogenów zaburza równowagę. Następuje gwałtowny wzrost masy fitoplanktonu, w tym groźnych sinic, które wydają do wód toksyny groźne dla innych organizmów żywych, w tym również dla człowieka. Nadmierna ilość fitoplanktonu wyczerpuje szybko tlen z wody. Obumiera także sam fitoplankton, a martwe organizmy wodne ulegają w wodzie rozkładowi beztlenowemu – proces ten pogłębia skażenie wód.

Nawozy naturalne

Pod nazwą nawozy naturalne rozumiemy nawozy pochodzące od zwierząt gospodarskich. Są to: obornik, gnojówka, gnojowica, pomiot ptasi, przeznaczone do rolniczego wykorzystania,

w tym również w formie przetworzonej. Nawozy naturalne zawierają duże ilości składników biogenych i są szkodliwe dla wód.

W rolnictwie wykorzystuje się także inne nawozy, niezawierające odchodów zwierzęcych, które nazywamy nawozami organicznymi. Zaliczamy do nich komposty z resztek roślinnych, odpady z produkcji spożywczej (wysłodki, młóto, pulpy warzywne i owocowe, węgiel brunatny, torfy itp.).

Zbilansowane nawożenie organiczne i mineralne

Najkorzystniejszą dla środowiska i dla interesów rolnika praktyką jest poprawne zbilansowanie składników nawozowych. Polega ono na określeniu potrzeb żywieniowych roślin i dostarczeniu im tylko takiej ilości nawozów, jaka może być

przez nie pobrana. Na podstawie znajomości warunków glebowych i płodźmianowych oraz przewidywaniu wysokości plonu oblicza się potencjalne pobranie składników. Staramy się uzyskać bilans bliski zeru, czyli taki, by wyniesienie z pola składników nawozowych równało się ilości składników wniesionych z nawozami. Ilości azotu określamy metodą bilansu na powierzchni pola – uwzględniając ilość tego składnika, jaka jest wnoszona z resztkami poźniwnymi, nawozami naturalnymi i mineralnymi. Ze względu na bardzo szybkie zmiany stężenia związków azotu w roztworze glebowym, w zasadzie nie oznacza się azotu w standardowych analizach gleb upraw polowych. W przypadku azotu uwzględnia się niewielką nadwyżkę nawozu, gdyż azot ulega denitryfikacji, część jest wbudowywana w cenną próchnicę glebową. W przypadku fosforu (ale też potasu i magnezu) podstawą nawożenia jest wynik analizy gleby. Na glebach żyznych, o dużej zawartości fosforu, zaleca się mniejsze dawki nawozów fosforowych niż te wynikające z potrzeb roślin. Uprawy pobiorą wtedy ten składnik z rezerw glebowych. Natomiast w przypadku, gdy za-



Autor: R. Gaj

sobność w fosfor jest bardzo niska, zaleca się zwiększenie nawożenia tym składnikiem, żeby odbudować rezerwy glebowe. Głównym celem obliczania bilansu składników w glebie jest dostarczenie informacji o poszczególnych polach, gdzie występuje ryzyko strat składników przeciwdziałania należałoby podjąć.

Termin nawożenia jest także istotny – szczególnie wobec azotu. Jako składnik o dużej ruchliwości, zastosowany poza okresem pobierania przez korzenie roślin, ulega wypłukaniu i denitryfikacji. Rośliny w miarę wzrostu ich masy pobierają coraz więcej składników nawozowych. Dlatego duże dawki azotu muszą być podzielone na mniejsze porcje, dostarczane w miarę wyczerpywania tego składnika z gleby. Fosfor, który w glebie nie rozkłada się i nie jest wypłukiwany, jest używany przewidzianie dla całego okresu wegetacji uprawy. W przypadku tego składnika ważne jest zapobieganie wypłukiwaniu, czy też zdmuchiwanu wraz z glebą.

Erozja

Proces niszczenia powierzchni gleby przez wiatr, wodę i uprawy nazywamy erozją. W rolnictwie zjawisko to powoduje duże straty: zmniejszanie miąższości gleby, wymywanie składników pokarmowych, pogorszenie struktury gleby, straty powierzchni uprawnej (wąwozy, żłobiny itp.), niszczenie roślin uprawnych. Czynniki erodujące: deszcz i wiatr najłatwiej porywają najdrobniejsze cząstki gleby. Są to cząstki próchnicy i drobne minerały ilaste (zwane z tego powodu „częściami lub frakcją spławialną” – cząstki o średnicy mniejszej niż 0,02 mm), które są bogatym magazynem składników nawozowych, zaabsorbowanych w ich strukturze. Zjawisko erozji łatwo jest zaobserwować w terenie. Na skłonach i najbardziej wyniesionych punktach terenu można zauważyć przejaśnienia – oznacza to, że część próchnicy została spłukana/wywiana. O ile próchnicę można odtworzyć, o tyle wypłukanie minerałów ilastych jest nieodwracalną stratą. Najsilniej na erozję są narażone obszary pofałdowane, ze specyficznymi glebami (np. less, który ma bardzo duży udział frakcji spławialnej, czy gleby piaszczyste, które mają bardzo małą ilość tej frakcji – stąd straty są bardzo dotkliwe). Ocenia się, że w Polsce aż 28% powierzchni gruntów jest narażona na zwiększoną erozję.

Erozja to nie tylko niszczenie powierzchni uprawnej i straty dla rolnika. Wypłukane składniki najczęściej zanieczyszczają wody, do których są spłukiwane, powodując eutrofizację.

W strefie klimatu umiarkowanego straty fosforu i azotu w glebie występują głównie w okresie poza wegetacyjnym – z jesieniami i wiosennymi opadami oraz w czasie topnienia pokrywy śniegowej. Straty występują szczególnie na glebach zaoranych jesienią, pozostających bez okrycia w czasie jesiennych i zimowych opadów. Najlepszą metodą walki z erozją jest utrzymanie pokrywy roślinnej w okresach szczególnego narażenia na zjawiska erozyjne. Najlepiej sprawdzają się trwałe użytki zielone, oziminy i międzyplony ozime.



Autor: R. Gaj

Żywnienie zwierząt

Zwierzęta gospodarskie często są karmione paszami zawierającymi większą, niż możliwa do wykorzystania, dawką azotu i fosforu. Ma to na celu zabezpieczanie się przed ewentualną obniżką produkcji, powodowaną deficytem tych składników. Nie przyczynia się już do wzrostu zwierząt i zwykle doprowadza do nadmiernych strat obu głównych (N i P), a także śladowych składników żywieniowych i zanieczyszcza gleby, do których trafia wraz z odchodami. Z tego powodu właściwe zbilansowanie składników pokarmowych w paszy jest najlepszym sposobem zapewniającym zdrowie zwierząt i opłacalną produkcję, jednocześnie minimalizując negatywny wpływ na środowisko i obniżając koszty produkcji. W tym celu kompo-

nenty paszowe pochodzące z zakupu, i z własnej produkcji, wymagają właściwego zarządzania oraz bilansowania składników pokarmowych oraz wartości odżywczej. Dodatkowo są zalecane dobre praktyki w żywieniu zwierząt, polegające na stosowaniu: obniżonej koncentracji białka w dawce pokar-

mowej wraz z suplementacją syntetycznymi aminokwasami; środków zwiększających strawność białka (enzymy); żywienia wielofazowe (minimum 4 fazy dla drobiu i świń w obrębie jednej grupy technologicznej); dodatków zakwaszających i biopreparatów do ściółki i gnojowicy.

Literatura:

1. Duer I. 2009. Ochrona gleb i wód. Biblioteczka programu rolnośrodowiskowego. MRiRW. Warszawa.
2. Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa. 2017. Metody ochrony i racjonalnej gospodarki wodnej w rolnictwie i na obszarach wiejskich. FDPA Warszawa.
3. Igras J. (red.) 2013. Dobre praktyki rolnicze w nawożeniu użytków rolnych. CDR Radom. Radom.
4. MRiRW. 2004. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. Wydanie III. MRiRW. Warszawa.

2.2. Regulacje prawne UE

Mateusz Sękowski

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu

Wstęp

Rolnictwo, jako jeden z trzech filarów gospodarki, w odróżnieniu od usług i przemysłu, najsilniej jest uzależnione od warunków przyrodniczych. **Wpływ rolnictwa na środowisko** jest różny na całym świecie, w zależności od stosowanych praktyk rolniczych. Ostatecznie wpływ na środowisko zależy od praktyk produkcyjnych systemu, stosowanego przez rolników. Utrata składników odżywczych, takich jak azot i fosfor, może być inicjowana ze źródeł punktowych, takich jak stodoły, czy magazyny nawozów naturalnych. Utrata składników odżywczych, wynikających z niewłaściwego gospodarowania polami i uprawami, jest zanieczyszczeniem rozproszonym, które znacznie trudniej jest ograniczyć. Utrata składników pokarmowych prowadzi do eutrofizacji cieków wodnych i morza, a także do zakwaszenia obszarów lądowych i do zmniejszenia różnorodności biologicznej. Aby **ograniczyć negatywne skutki** wpływu rolnictwa na stan środowiska naturalnego, **Unia Europejska** określiła szereg wytycznych, precyzujących podjęcie bezpośrednich działań, mających na uwadze jak najbardziej efektywne osiągnięcie zamierzonych celów.

Głównym celem polityki wodnej UE jest zagwarantowanie, że na całym jej obszarze jest dostępna **wystarczająca ilość dobrej jakości wody dla potrzeb ludzi i środowiska**. Od czasu pierwszych dyrektyw dotyczących wody w latach 70., UE pracowała nad stworzeniem skutecznej i spójnej polityki wodnej. *Ramowa Dyrektywa wodna*, która weszła w życie w 2000 r., ustanawia nowe ramy oceny, zarządzania, ochrony i poprawy jakości zasobów wodnych w całej UE.

Jakość wód

Zgodnie z *Ramową Dyrektywą wodną*, państwa członkowskie UE powinny dążyć do osiągnięcia dobrego stanu wszystkich wód powierzchniowych i podziemnych. Osiągnięcie dobrego stanu wymaga spełnienia pewnych norm, dotyczących ekologii, chemii, morfologii i ilości wód. **Dobry stan wód** oznacza, że woda wykazuje tylko nieznaczną zmianę w stosunku do tego, co normalnie byłoby oczekiwane w warunkach niezakłóconych (to znaczy – przy niskim wpływie człowieka).

Ponad połowa wód śródlądowych, rzek i jezior w Europie ma mniej niż dobry stan ekologiczny (rys. 2.1.). **Stan ekologiczny** jest kryterium jakości struktury i funkcjonowania ekosystemów wód powierzchniowych.

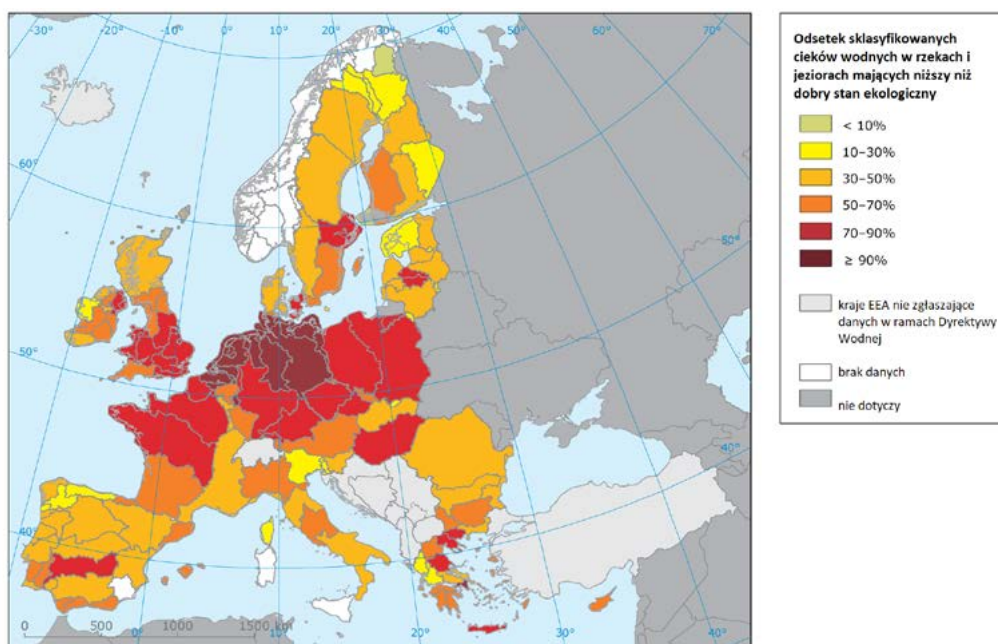
Ramowa Dyrektywa wodna jest powiązana z wieloma innymi dyrektywami UE. Należą do nich: dyrektywy dotyczące ochrony różnorodności biologicznej (dyrektywy ptasie i siedliskowe), dyrektywy dotyczące konkretnych zastosowań wody (wody pitnej, wody w kąpieliskach i dyrektyw dotyczących ścieków komunalnych) oraz dyrektywy dotyczące regulacji działań podejmowanych w środowisku (emisji przemysłowych i oceny oddziaływania na środowisko). Dyrektywy dotyczące kwestii takich jak powodzie i działań w ramach strategii morskiej mają znaczące powiązania z *Ramową Dyrektywą wodną*, która jest również uzupełniona dyrektywą w sprawie substancji priorytetowych i *Dyrektywą w sprawie wód podziemnych*. *Dyrektywa azotanowa* stanowi integralną część *Ramowej Dyrektywy wodnej* i jest jednym z kluczowych instrumentów ochrony wód przed negatywnym wpływem rolnictwa. Zrównoważone stosowanie pestycydów i dyrektyw dotyczących osadów ściekowych zapewnia również kontrolę materiałów stosowanych na lądzie.

Dyrektywa azotanowa ma na celu ochronę jakości wody w całej Europie poprzez zapobieganie zanieczyszczaniu wód gruntowych i powierzchniowych **azotanami pochodzenia rolniczego** oraz promowanie stosowania **dobrych praktyk rolniczych**. *Dyrektywa azotanowa* stanowi integralną część *Ramowej Dyrektywy wodnej* i jest jednym z kluczowych instrumentów ochrony wód przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego.

Dyrektywa azotanowa z 1991 r. jest jednym z pierwszych aktów prawnych UE, mających na celu kontrolę zanieczyszczeń i poprawę jakości wód. Wprawdzie azot jest ważnym składnikiem pokarmowym, niezbędnym w uprawie roślin uprawnych, jednak w wysokich stężeniach jest szkodliwy dla ludzi i przyrody. **Azotany** zawarte w nawozach organicznych i chemicznych, wykorzystywanych w rolnictwie, stanowią jedno z głównych źródeł zanieczyszczenia wód w Europie. W państwach UE-15 stopniowy spadek zużycia mineralnych nawozów azotowych po raz pierwszy odnotowano na po-

czątku lat dziewięćdziesiątych, a w ciągu ostatnich czterech lat ta tendencja się ustabilizowała. Natomiast, razem we wszystkich państwach członkowskich zużycie azotu wzro-

sło o 6%. Ogólnie rzecz biorąc, rolnictwo odpowiada za ponad 50% całkowitej ilości azotu wprowadzonej do wód powierzchniowych.



Rys. 2.1. Odsetek sklasyfikowanych cieków wodnych w rzekach i jeziorach mających niższy niż dobry stan ekologiczny (Źródło: WISE WFD Database)

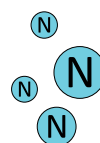
DYREKTYWA AZOTANOWA - INFORMACJE PODSTAWOWE



Azot jest ważnym składnikiem odżywczym, który pomaga rosnąć roślinom i uprawom, ale jego wysokie stężenia są szkodliwe dla ludzi i przyrody.



Czysta woda ma kluczowe znaczenie dla zdrowia ludzi i ekosystemów naturalnych.



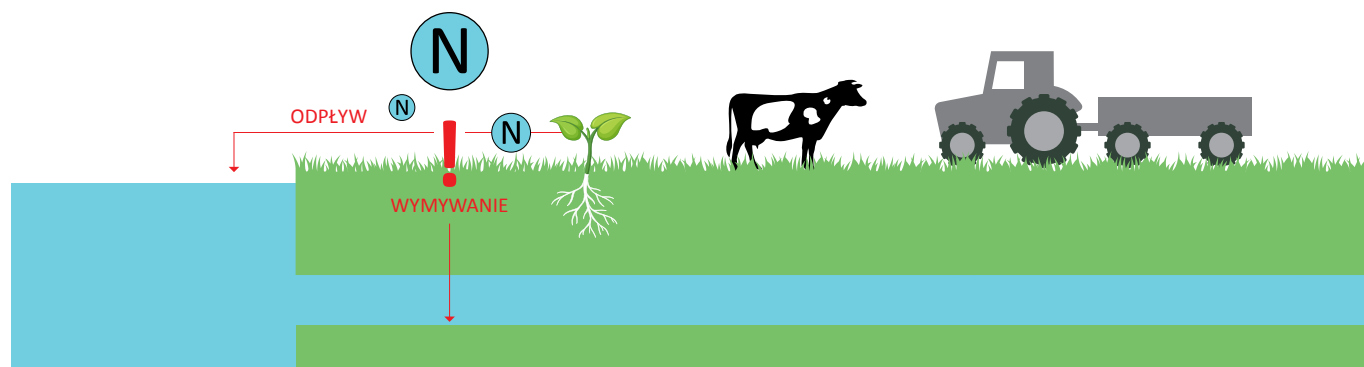
Nadmiar azotu ze źródeł rolniczych jest jedną z głównych przyczyn zanieczyszczenia wód w Europie

UE chce zmniejszyć zanieczyszczenie wody spowodowane przez azotany stosowane w rolnictwie i określa działania, jakie kraje UE powinny podjąć

Monitorowanie jednolitych części wód pod względem stężenia azotanów

Wyznaczenie Obszarów Szczególnie Narażonych (OSN)

Ustanowienie kodeksów dobrych praktyk rolniczych i środków mających na celu zapobieganie i zmniejszanie zanieczyszczenia wody azotanami



Rys. 2.2. Dyrektywa azotanowa – Informacje podstawowe (źródło: Komisja Europejska)

Dyrektywa azotanowa przyjęta została przez Komisję Europejską – jako niezbędne działanie na poziomie wspólnotowym – ze względu na to, że:

- głównym źródłem zanieczyszczenia wód, wpływającym na jakość wspólnotowych wód, jest działalność rolnicza;
- zanieczyszczenie wody azotanami w jednym państwie członkowskim może oddziaływać na wody w innych państwach członkowskich.

Na rzecz realizacji celu dyrektywy azotanowej państwa członkowskie Unii Europejskiej są zobligowane do podejmowania wielu działań, w tym do:

- wyznaczenia obszarów, z których mają miejsce spływy do: wód powierzchniowych i/lub podziemnych, które zawierają lub mogą zawierać ponad 50 mg/l azotanów, jeżeli nie zostaną podjęte działania opisane w Dyrektywie; do wód, które są eutroficzne lub mogą stać się eutroficzne, jeżeli nie zostaną podjęte działania, zwanych **strefami zagrożenia** lub **obszarami szczególnie narażonymi na azotany pochodzenia rolniczego** (OSN – wg ustawy Prawo wodne)
- opracowania i wdrożenia planów działań, które mają zapewnić ochronę wód powierzchniowych i podziemnych przed zanieczyszczeniem azotanami;
- opracowania kodeksu dobrych praktyk rolniczych do stosowania przez rolników.

Transpozycja przepisów *Dyrektywy azotanowej* do polskiego prawodawstwa przed 1 maja 2004 r. odbyła się poprzez akty prawne i przepisy wykonawcze:

- *ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz.U. z 2015 r. Nr 0, poz. 469. tekst jednolity z późn. zm.);*
- *ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U. Nr 62, poz. 627 ze zm.);*
- *ustawa o nawozach i nawożeniu z dnia 26 lipca 2000 r. (Dz.U. Nr 89, poz. 991 ze zm.) – zastąpiona ustawą o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. (Dz.U. Nr 147, poz. 1033 ze zm.).*

W ramach wdrażania *Dyrektywy azotanowej* w 2004 r. wyznaczono w Polsce 21 **OSN-ów**, które obejmowały 2% powierzchni kraju. W 2008 r. dokonano weryfikacji granic OSN-ów, w wyniku której zredukowano ich powierzchnię o do 1,5% powierzchni kraju. Następnie w 2012 r. obszar ten zwiększono do 4,46% powierzchni kraju. Komisja Europejska prowadząc ocenę działań Polski w praktycznym wdrażaniu wymogów dyrektywy azotanowej w roku 2013 wniosła skargę do Europejskiego Trybunału, przedstawiając Polsce zarzut, m.in. niewystarczającego wyznaczenia wód i OSN ze względu na kryterium eutrofizacji, niewystarczającego uwzględnienia stężenia azotanów powierzchniowych wód słodkich oraz wód podziemnych, czy niedostateczny charakter ustanowienia programów działania w związku z niedostatecznym wyznaczeniem stref zagrożenia. W odpowiedzi na zarzuty ze strony Komisji Europejskiej, Polska podjęła szereg wyzwań w ochronie wód przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego poprzez zmiany *ustawy Pra-*

wo Wodne, regulujące m.in. kwestie *Dyrektywy azotanowej* w Polsce oraz opracowanie nowego *Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu*.

Nowe Prawo Wodne, które weszło w życie z początkiem 2018 r. ustanawia na terenie całego kraju **jeden program działań, mający na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych**, bez wyznaczania obszarów szczególnego narażenia na zanieczyszczenia azotanami pochodzenia rolniczego (OSN). Główne założenia programu zakładają:

- zmniejszenie zanieczyszczenia wód, spowodowanego lub wywołanego przez związki azotu pochodzące ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie zanieczyszczeniom tego rodzaju;
- eliminowanie błędów w praktyce rolniczej;
- wsparcie poprzez edukowanie prowadzących działalność rolniczą w zakresie dobrych praktyk rolniczych przez doradztwo i szkolenia.

Dyrektywa azotanowa jest ściśle powiązana z polityką UE w dziedzinie **wody, powietrza, zmian klimatu i rolnictwa**, a jej wdrożenie przynosi korzyści wszystkim czterem obszarom:

- **zmniejszeniu ilości azotanów** stanowi integralną część *Ramowej Dyrektywy wodnej*, która ustanawia kompleksowe, transgraniczne podejście do ochrony wód, organizowanej w obszarach dorzeczy rzek, w celu osiągnięcia dobrego stanu jednolitych części wód europejskich; w *Dyrektywie dotyczącej Ochrony Wód Podziemnych* stwierdza się, że stężenie azotanów nie może przekraczać wartości progowej, wynoszącej 50 mg/l. Kilka państw członkowskich w celu osiągnięcia dobrego stanu wód ustaliło własne, bardziej rygorystyczne normy;
- **jakości powietrza i gleby**: hodowla i chów zwierząt gospodarskich przyczyniają się między innymi do emisji amoniaku (NH_3), który ma wpływ na zdrowie ludzi i środowisko naturalne, ponieważ wraz z innymi substancjami zanieczyszczającymi (dwutlenkiem siarki, tlenkami azotu, lotnymi związkami organicznymi) powoduje zakwaszanie gleb, eutrofizację wód i zanieczyszczenie ozonem w warstwie przyziemnej;
- **zmianom klimatu**: wszystkie działania związane z gospodarką hodowlaną i użyźnianiem gleby powodują uwalnianie podtlenku azotu (N_2O) i metanu (CH_4) do środowiska naturalnego. Dzięki pełnemu wdrożeniu dyrektywy azotanowej można byłoby na przykład do 2020 r. obniżyć emisję N_2O o 6% w stosunku do poziom z 2000 r., co przyczyniłoby się do złagodzenia skutków zmiany klimatu,
- **rolnictwu**, Wspólna Polityka Rolna (WPR) zapewnia zaplecze dla *Dyrektywy azotanowej*, którym są środki bezpośredniego wsparcia i rozwoju obszarów wiejskich. Niektóre państwa członkowskie zaliczyły na przykład działania z zakresu zarządzania składnikami pokarmowymi, takie

jak stosowanie szerszych pasów buforowych wzdłuż cieków wodnych do inicjatyw rolno-środowiskowych, z tytułu których rolnicy mogą otrzymać płatności. Bezpośrednie wsparcie jest uzależnione od przestrzegania przepisów UE dotyczących ochrony środowiska, między innymi ustanowionych w *Dyrektywie azotanowej*.

Nie bez znaczenia pozostaje także wpływ rolnictwa na wody morskie. Stosowane przez rolników składniki nawozowe przedostają się z pól uprawnych do wód śródlądowych a następnie do wód morskich. Składniki biogenne, głównie azot i fosfor, powodują eutrofizację, spowodowaną wzrostem ilości substancji odżywczych, w konsekwencji czego prowadzi to do zamierania życia w ekosystemach morskich. Podstawę polityki ochrony jakości wód morskich stanowi *Ramowa Dyrektywa w sprawie Strategii Morskiej*, określająca działania ukierunkowane na ochronę jakości wód, w tym przed zanieczyszczeniami ze źródeł rolniczych. Wśród istotnych presji i oddziaływań mających wpływ na wody morskie wymienia się m.in. wprowadzanie nawozów oraz innych substancji bogatych w azot i fosfor (np. ze źródeł punktowych i rozproszonych, w tym z rolnictwa, akwakultury i opadów atmosferycznych).

Jakość powietrza

Podobne działania są objęte w ramach *Dyrektywy w sprawie Emisji Przemysłowych*, która jest głównym instrumentem UE regulującym emisję zanieczyszczeń z instalacji przemysłowych. Założeniem *Dyrektywy* jest osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony zdrowia ludzkiego i środowiska, jako całości, poprzez zmniejszenie szkodliwych emisji przemysłowych w całej UE,

w szczególności poprzez lepsze stosowanie najlepszych dostępnych technik (BAT). Praktyki te mając na celu opracowanie zintegrowanego podejścia uwzględniającego całościową ekologiczną wydajność zakładu przemysłowego, obejmującą m.in. emisję do powietrza, wody i gleby, wytwarzanie odpadów, wykorzystanie surowców, efektywność energetyczną, hałas, zapobieganie wypadkom i przywracanie terenu po ich zamknięciu.

Nie bez znaczenia pozostaje także wpływ działalności rolniczej na inne aspekty zrównoważonego podejścia do ochrony środowiska, w tym ochrony powietrza. *Dyrektywa w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych* (NEC) jest instrumentem, który rozwiązuje problem zanieczyszczeń powietrza o tzw. charakterze transgranicznym, czyli transportowanych na duże odległości z kraju do kraju. W zakresie rolnictwa działania dyrektywy dotyczą głównie emisji amoniaku (a w kształcie proponowanym przez KE – także metanu). Ma to nastąpić poprzez stosowanie niskoemisyjnych praktyk w zakresie chowu zwierząt, głównie bydła i trzody, czy przechowywania i stosowania nawozów. Według założeń KE powinniśmy ograniczyć emisję metanu od 2030 r. o 34%. Ponadto, *Dyrektywa* ma za zadanie monitorowanie negatywnego wpływu zanieczyszczeń powietrza na wodę oraz ekosystemy.

Rolnictwo nadal pozostaje głównym źródłem problemów związanych z wodą, a rolnicy i hodowcy dalej muszą wprowadzać bardziej racjonalne **praktyki zrównoważonego gospodarowania**. W dalszym ciągu niezbędne są kolejne działania mające na celu przywrócenie optymalnej jakości wód w całej UE.

Literatura:

1. Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (ramowa dyrektywa wodna, RDW).
2. Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu.
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylenia dyrektywy 2001/81/WE.
4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola).
5. Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanym i przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG). (Dz.U. UE L z dnia 31 grudnia 1991 r.).
6. European Commission (1991). The Nitrates Directive in EU, European Commission.
7. www.kzgw.gov.pl

2.3. Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu. Prawo wodne

Marek Krysztoforski

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu

Wstęp

Zgodnie z zapisami *Dyrektywy 91/676/EWG* państwa członkowskie UE mają do wyboru dwa sposoby wdrażania jej postanowień:

- pierwszy polega na sporządzeniu wykazu wód zanieczyszczonych lub zagrożonych zanieczyszczeniem oraz ustanowieniu wykazu obszarów szczególnie narażonych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych (OSN);
- drugi polega na ustanowieniu i wdrożeniu „Programu działań” na terenie całego kraju, państwo członkowskie jest zwolnione wtedy z obowiązku wyznaczania wód wrażliwych i OSN.

W wyniku skargi Komisji Europejskiej nt. uchybienia zobowiązaniom państwa członkowskiego – *Dyrektywa 91/676/EWG Ochrona wód przed zanieczyszczeniami azotanami pochodzenia rolniczego* – wyrok trybunału (dziewiąta izba) z dnia 20 listopada 2014 r. brzmiał: „Niewystarczające określenie wód zanieczyszczonych lub wód, które mogą zostać zanieczyszczone”.

Przyjęto drugi sposób, czyli ustanowienie na terytorium całego Polski jednolitego programu działań. Wprowadzenie programu zostało uchwalone w *ustawie Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 roku Dz. U. 1566 z 2017 r.*

Wszystkie podmioty wymienione w artykule 102. ust. 1 są zobowiązane do odpowiedniego stosowania nawozów zawierających azot: „produkcję rolną, w tym działy specjalne produkcji rolnej, oraz działalność, w ramach której są przechowywane odchody zwierzęce lub stosowane nawozy, prowadzi się w sposób zapobiegający zanieczyszczaniu wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych i ograniczający takie zanieczyszczenie”.

Minister właściwy do spraw rolnictwa w porozumieniu z ministrem właściwym do spraw gospodarki wodnej (Minister Środowiska) opublikuje „Zbiór zaleceń dobrej praktyki rolniczej”, który będzie obejmował co najmniej wskazówki dotyczące:

- okresów, kiedy rolnicze wykorzystanie nawozu jest niewłaściwe;
- rolniczego wykorzystania nawozów w terenie o dużym nachyleniu;
- rolniczego wykorzystania nawozów na gruntach zamrażniętych, zalanych wodą, nasyconych wodą lub przykrytych śniegiem;
- warunków rolniczego wykorzystania nawozów w pobliżu cieków naturalnych, zbiorników wodnych, kanałów i rowów;
- pojemności i konstrukcji miejsc do przechowywania odchodów zwierzęcych oraz odcieków z przechowywanych materiałów roślinnych, takich jak kiszonka;
- procedur rolniczego wykorzystania, w tym dawek i równomierności rozprowadzania nawozów, które zapewniają utrzymanie strat substancji odżywczych do wody na dopuszczalnym poziomie.

W art. 106. 1. *ustawy Prawo Wodne* Minister właściwy do spraw gospodarki wodnej, w uzgodnieniu z ministrem właściwym do spraw rolnictwa opracowuje projekt programu działań.

Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018r (Dz.U. z dnia 12 lipca 2018r. poz. 1339) został wprowadzony Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu.

Określone, z uwzględnieniem najlepszych dostępnych technik środki oraz sposoby postępowania w zakresie praktyki rolniczej, w szczególności związanej z procesami nawożenia, gospodarki nawozami w gospodarstwach rolnych, a także sposób dokumentowania realizacji programu działań oraz określenie harmonogramu rzeczowego i czasowego realizacji środków.

Do kontroli realizacji *Programu* działań przez podmioty prowa-

dzące produkcję rolną są powołane właściwe organy **Inspekcji Ochrony Środowiska**.

Za każdym razem, gdy zostanie użyte pojęcie „nawozy”, należy rozumieć to jako: „nawozy zawierające azot”. Przepisy *Programu* nie dotyczą nawozów wapniowych, fosforowych, potasowych i magnezowych, nie mających w składzie azotu. Jednak nawozy wieloskładnikowe, choćby zawierały niewielką ilość azotu, powinny być używane zgodnie z wymogami *Programu*.

Ograniczenie rolniczego wykorzystania nawozów

W *Programie azotanowym* zostały wymienione sytuacje, w których może dojść do zanieczyszczenia wód azotem. Dla wszystkich podmiotów, których on dotyczy (głównie rolnicy, ale także inni, stosujący nawozy zawierające azot) obowiązują zakazy i obostrzenia stosowania tych nawozów.

Zabrania się stosowania nawozów na glebach zamarzniętych powierzchniowo, zalanych wodą, nasyconych wodą lub przykrytych śniegiem. W tych warunkach nawóz nie jest absorbowany przez glebę i zachodzi niebezpieczeństwo zmywania go do wód. Dopuszcza się stosowanie nawozów na glebach, które rozmarzają co najmniej powierzchniowo w ciągu dnia. Wtedy może zostać wchłonięty do gleby.

Dopuszcza się nawożenie nawozami naturalnymi (odchodami zwierzęcymi) lub nawozami azotowymi mineralnymi stawów wykorzystywanych do chowu lub hodowli ryb.

Warunki rolniczego wykorzystania nawozów w pobliżu wód powierzchniowych

Aby zapobiec bezpośredniemu dostawianiu się nawozów do wód powierzchniowych lub spływów z powierzchni gleby, wprowadzono minimalne odległości pomiędzy miejscem stosowania nawozów a wodami płynącymi i stojącymi. Za szczególnie niebezpieczną dla środowiska ustawodawca uznał gnojowicę, dlatego podwojono minimalne odległości dla tego nawozu. Dla wód szczególnie ważnych (dużych zbiorników, stref ochronnych ujęć wody i pasa nadmorskiego) przyjęto odległość 20 metrów.

Minimalna odległość od wód oznacza odległość między brzegiem a miejscem, na którym jest rozrzucony nawóz. Nie jest to więc odległość od rozrzutnika, ale maksymalny zasięg nawozu. Jeżeli np. rozrzutnik wyrzuca obornik do 4 m w bok, to przy minimalnej odległości ustalonej na 5 m, musimy zachować 9 m odstępu między rozrzutnikiem a brzegiem.

W niniejszej tabeli (tab. 2.1.) zostały podane minimalne odległości stosowania nawozów od wód powierzchniowych, z zastrzeżeniem podanym poniżej:

Tabela 2.1. Odległości dotyczące zakazu stosowania nawozów w pobliżu wód powierzchniowych (źródło: *Program Azotanowy*)

Na gruntach rolnych od brzegu:				
Rodzaj nawozów	jezior i zbiorników wodnych o powierzchni do 50 ha	cieków naturalnych	rowów z wyłączeniem rowów o szerokości do 5 m liczonej na górnej krawędzi brzegu rowu	kanałów
Nawozy z wyłączeniem gnojowicy	5 m	5 m	5 m	5 m
Gnojowica	10 m	10 m	10 m	10 m
Na gruntach rolnych od:				
Rodzaj nawozów	brzegu jezior i zbiorników wodnych o powierzchni powyżej 50 ha	ujęć wody, jeżeli nie ustanowiono strefy ochronnej na podstawie przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz. U. z 2017 r. poz. 1566 i 2180 oraz z 2018 r. poz. 650)		obszarów morskiego pasa nadbrzeżnego
Wszystkie rodzaje nawozów	20 m	20 m		20 m

Odległości określone w tabeli 2.1., jeżeli występuje uprawa, mogą zostać zmniejszone o połowę w przypadku stosowania nawozów przy pomocy urządzeń aplikujących je bezpośrednio do gleby lub w przypadku podzielenia pełnej dawki nawozów na co najmniej 3 równe części, stosowane w odstępie minimum 2 tygodni. Należy zwrócić szczególną uwagę na poprawność zapisów w ewidencji, żeby wykazać kontrolującym, iż spełniliśmy wymogi. Zabrania się mycia rozsiewaczy nawozów i sprzętu do aplikacji nawozów oraz rozlewania wody z ich mycia w odległości mniejszej niż 25 m od brzegów wód powierzchniowych.

Zasady rolniczego wykorzystania nawozów na terenach o dużym nachyleniu (=> 10%)

Za teren o dużym nachyleniu, zgodnie z definicją, uznaje się stok o nachyleniu większym niż 10%, co oznacza wzrost pochyleń terenu o 1 m na długości 10 m.

Na terenach o dużym nachyleniu w kierunku wód powierzchniowych nawozy zawierające azot można stosować w odległościach określonych w tabeli 2.1., zwiększonych o 5 m, zmniejszenie tej odległości o połowę może nastąpić w przypadkach wymienionych pod tabelą 2.1.

Na pozostałych gruntach o dużym nachyleniu należy rozdzielić dawki nawozów azotowych mineralnych tak, aby poszczególne z nich nie przekraczały 100 kg N/ha. Na gruntach ornych powinno się dokonać ich bezpośredniej aplikacji do gleby, przyorywać lub wymieszać z glebą. W okresie wegetacyjnym roślin uprawnych należy stosować je przy największym zapotrzebowaniu roślin na azot. Przyoranie lub wymieszanie z glebą powinno nastąpić w ciągu 4 godzin od zastosowania nawozu naturalnego, jednak nie później niż następnego dnia po jego zastosowaniu. Uprawiając działkę rolną w kierunku poprzecznym do nachylenia stoku, powinno się odkładać skiby w górę stoku, o ile pozwala na to wielkość i usytuowanie działki rolnej lub przy zastosowaniu konserwujących systemów uprawy zapobiegać wymywaniu (uprawa uproszczona, uprawa uproszczona pasowa, uprawa zerowa). Nie dotyczy to jednak działki rolnej mniejszej niż 1 ha, na której stosuje się uproszczony system uprawy.

W terenie o dużym nachyleniu należy przechowywać nawozy naturalne w odległości co najmniej 25 m od linii brzegu wód powierzchniowych, pasa morskiego i ujęć wód, jeżeli nie ustanowiono strefy ochronnej.

Okresy nawożenia

Nawozy zawierające azot wolno stosować w wyznaczonych okresach:

Tabela 2.2. Terminy stosowania nawozów. Źródło: Program Azotanowy

Rodzaj gruntów	Rodzaj nawozu	
	Nawozy azotowe mineralne i nawozy naturalne płynne	Nawozy naturalne stałe
Grunty orne	1 marca – 20 października ^{1), 2)}	1 marca – 31 października ^{1), 2)}
Grunty orne na terenie gmin objętych wykazem stanowiącym Załącznik nr 2* do Programu	1 marca – 15 października ^{1), 2)}	
Grunty orne na terenie gmin objętych wykazem stanowiącym Załącznik nr 3** do Programu	1 marca – 25 października ^{1), 2)}	
Uprawy trwałe	1 marca – 31 października	1 marca – 30 listopada
Uprawy wieloletnie		
Trwałe użytki zielone		

Objaśnienia do tab. 2.2.:

¹⁾ termin nie dotyczy podmiotów, które 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 30 kg N/ha. Należy szczegółowo udokumentować termin zbioru, datę stosowania nawozu, zastosowane nawozy i ich dawkę oraz termin siewu jesiennej uprawy.

²⁾ termin nie dotyczy podmiotów, które nie mogły dokonać zbiorów lub nawożenia, z uwagi na niekorzystne warunki pogodowe np. nadmierne uwilgotnienie gleby. Dla tych podmiotów termin graniczny stosowania nawozów stanowi dzień 30 listopada.

* w Załączniku 2 znalazły się obręby o krótszej wegetacji rejonów północno-wschodnich oraz górskich;

** w Załączniku 3 znalazły się obręby o dłuższej wegetacji z południa Polski.

Nie stosuje się nawożenia na glebach odłogowanych. Przed planowanym zakończeniem odłogowania dopuszcza się zastosowanie nawozów jesienią. Za grunty odłogowane uznajemy takie, z których nie pobiera się plonów – inaczej mówiąc – nie następuje wyniesienie azotu wraz z plonem.

Warunki przechowywania nawozów naturalnych oraz postępowanie z odciekami

Nawozy naturalne płynne i nawozy naturalne stałe należy przechowywać i składować w bezpieczny dla środowiska sposób, zapobiegający przedostawaniu się odcieków do wód i gruntu.

Nawozy naturalne wytwarzane w gospodarstwie rolnym lub przyjęte od innego gospodarstwa rolnego, muszą być bezpiecznie przechowywane przez okres, w którym nie jest możliwe ich rolnicze wykorzystanie. Wymaga to zapewnienia:

- powierzchni nieprzepuszczalnych miejsc do przechowywania nawozów naturalnych stałych; powinna umożliwiać ich przechowanie przez okres 5 miesięcy;
- odpowiedniej pojemności przykrytych (w szczególności osłoną elastyczną lub osłoną pływającą) zbiorników na nawozy naturalne płynne, które powinny posiadać szczelne dno i ściany. Pojemność zbiorników na nawozy naturalne płynne powinna umożliwiać przechowanie ich przez 6 miesięcy;
- w przypadku utrzymywania zwierząt gospodarskich na głębokiej ściółce obornik może być przechowywany w budynku inwentarskim o nieprzepuszczalnym podłożu.

Nawozy naturalne należy zbywać, bądź przyjmować, na podstawie pisemnej umowy. Przekazanie i przyjęcie nawozów naturalnych (odchodów zwierzęcych) należy udokumentować na piśmie, według załączonego w *Programie* wzoru.

Obliczenie wymaganej wielkości miejsc do przechowywania nawozów naturalnych (odchodów zwierzęcych) poprzedza sporządzenie obrotu stada, obliczenie przelotowości zwierząt gospodarskich w grupie technologicznej, a następnie wyliczenie stanów średniorocznych, które następnie przelicza się na DJP. Sposób sporządzenia obrotu stada, obliczenia sztuk przelotowych zwierząt gospodarskich i stanu średniorocznego został określony w *Załączniku nr 4 do Programu*. Sposób obliczania wymaganej pojemności zbiorników oraz wymaganej powierzchni miejsc przechowywania nawozów naturalnych (odchodów zwierzęcych) został określony w *Załączniku nr 5 do Programu*. W przypadku, gdy wytworzone w gospodarstwie rolnym nawozy naturalne (odchody zwierzęce) podlegają procesom technologicznym przetwarzania lub zbyciu, wymagana wielkość urządzeń do przechowywania nawozów naturalnych (odchodów zwierzęcych) może ulec stosownemu pomniejszeniu.

Czasowe składowanie na polu

Możliwe jest czasowe, jednak nie dłużej niż przez 6 miesięcy od dnia utworzenia każdej z przyzm, składowanie obornika bezpośrednio na gruntach rolnych, przy czym:

- przyzmy lokalizuje się poza zagłębieniami terenu, na możliwie płaskim terenie, o dopuszczalnym spadku do 3%, w miejscu niepiaszczystym i niepodmokłym, w odległości większej niż 25 m od linii brzegu wód;
- lokalizację przyzmy oraz datę złożenia obornika w danym roku na danej działce zaznacza się na mapie lub szkicu działki, które przechowuje się przez 3 lata od dnia zakończenia składowania obornika.

Czasowe składowanie to element procesu wywożenia w pole i nawożenia nawozami naturalnymi. Przyzmy czasowo składowane mogą być tworzone tylko w terminach nawożenia po-

danych w tabeli 2.4. Powierzchnia tych przyzm nie może być doliczana do wielkości miejsc do przechowywania nawozów naturalnych.

Zabronione jest składowanie pomiotu ptasiego bezpośrednio na gruncie przez cały rok.

Zabronione jest składowanie i przechowywanie kiszzonek bezpośrednio na gruncie. Kiszzonki należy przechowywać w szczególności w silosach, rękawach foliowych, na płytach lub na podkładzie z folii, sieczki lub słomy, lub innym materiale, który pochłania odcieki, oraz pod przykryciem foliowym.

Zabronione jest składowanie i przechowywanie nawozów naturalnych (odchodów zwierzęcych) oraz kiszzonek w odległości mniejszej niż 25 m od studni lub ujęć wód, jeżeli nie ustanowiono strefy, linii brzegu wód powierzchniowych oraz pasa morskiego.

Okresy dostosowawcze, dotyczące przechowywania nawozów naturalnych

Gospodarstwa o dużej skali produkcji muszą dostosować powierzchnie i objętości do dnia:

- 31 grudnia 2021 r. – w przypadku podmiotów prowadzących chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie większej niż 210 dużej jednostki przeliczeniowej inwentarza (DJP), w tym podmiotów prowadzących chów lub hodowlę drobiu powyżej 40 000 stanowisk, bądź też chów lub hodowlę świń powyżej 2 000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg albo 750 stanowisk dla macior;
- 31 grudnia 2024 r. – w przypadku podmiotów prowadzących chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie mniejszej lub równej 210 DJP.

Przed upływem wymienionych powyżej terminów, gospodarstwa zapewniają przechowywanie nawozów naturalnych płynnych w szczelnych zbiornikach o pojemności umożliwiającej gromadzenie co najmniej 4-miesięcznej produkcji tego nawozu.

Utrzymywanie zwierząt futerkowych w wyniesionych klatkach i bateriach klatek z ażurową podłogą wymaga zabezpieczenia znajdującego się pod nimi gruntu przed depozycją odchodów. Zabronione jest mieszanie odchodów zwierząt futerkowych z innymi odchodami.

Dawki i sposoby nawożenia azotem

Dla każdego roślinopola wielkość rocznej dawki nawozów naturalnych nie może zawierać więcej niż 170 kg azotu (N) w czystym składniku na 1 ha użytków. Dotyczy to azotu ogólnego.



Autor: W. Szymański

Plan nawożenia azotem (pełny)

Podmiot, który prowadzi chów lub hodowlę drobiu powyżej 40 000 stanowisk, bądź też chów lub hodowlę świń powyżej 2 000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg albo 750 stanowisk dla macior:

- jest obowiązany do posiadania planu nawożenia;
- może zbyć do 30% gnojówki i gnojowicy do bezpośredniego rolniczego wykorzystania, na podstawie umowy zawartej w formie pisemnej, a pozostałą ilość przeznaczyć do produkcji biogazu rolniczego lub zagospodarować na użytkach rolnych, których jest posiadaczem.

Plan jest opracowany na podstawie składu chemicznego nawozów oraz potrzeb pokarmowych roślin i wynikach zasobności gleb (analiza chemiczno-rolnicza makroskładników: P, K, Mg i pH). Plan jest opiniowany przez okręgową stację chemiczno-rolniczą. Podmiot jest obowiązany do posiadania planu nawożenia i doręcza go wójtowi (burmistrzowi, prezydentowi miasta) oraz odpowiedniemu wojewódzkiemu inspektorowi ochrony środowiska.

Nabywający nawóz naturalny lub produkt pofermentacyjny od takiego podmiotu oraz od podmiotu importującego nawóz naturalny lub produkt pofermentacyjny także jest obowiązany do posiadania planu nawożenia.

Plan nawożenia azotem

Podmiot, posiadający gospodarstwo rolne:

- o powierzchni powyżej 100 ha użytków rolnych;
- lub uprawiający intensywne uprawy, których lista została określona w *Załączniku nr 7 do Programu* na gruntach ornych na powierzchni powyżej 50 ha;
- lub utrzymujący obsadę większą niż 60 DJP wg stanu średniorocznego,

opracowuje plan nawożenia azotem na podstawie uproszczonego bilansu azotu, który został określony w *Załączniku nr 8 do Programu* albo przy zastosowaniu planu nawozowego obejmującego co najmniej wymagania dla uproszczonego bilansu azotu.

Plan nawożenia azotem opracowuje się odrębnie dla każdej działki rolnej i przechowuje się w gospodarstwie rolnym przez 3 lata od dnia jego sporządzenia.

Podmiot utrzymujący obsadę większą niż 60 DJP wg stanu średniorocznego, który nie zagospodarowuje nawozów naturalnych (odchodów zwierzęcych) lub produktów pofermentacyjnych na użytkach rolnych, których jest posiadaczem, nie ma obowiązku posiadania planu nawożenia azotem.

Maksymalne dawki azotu

W gospodarstwach rolnych, których nie dotyczy obowiązek opracowania planu nawożenia lub planu nawożenia azotem (czyli wymienionych w akapitach *Plan nawożenia i Plan nawożenia azotem*), nawozy należy stosować w takich dawkach, aby nie przekraczać maksymalnych ilości azotu, działającego ze wszystkich źródeł, które zostały określone w tabeli 13. *Załącznika nr 9 do Programu*.

Jeżeli w gospodarstwach rolnych, których nie dotyczy obowiązek opracowania planu nawożenia lub planu nawożenia azotem zostanie dobrowolnie opracowany plan nawożenia lub plan nawożenia azotem, takie gospodarstwa mogą stosować dawki nawozów zgodnie z opracowanym planem nawożenia lub planem nawożenia azotem.

Sposób dokumentowania realizacji Programu

Podmioty gospodarujące na powierzchni większej lub równej 10 ha użytków rolnych, bądź też utrzymujące zwierzęta gospodarskie w liczbie większej lub równej 10 DJP wg stanu średniorocznego, są zobowiązane do:

- prowadzenia ewidencji zabiegów agrotechnicznych związanych z nawożeniem azotem;
- obliczeń maksymalnych dawek azotu, albo planu nawożenia azotem lub posiadania planu nawożenia.

Ewidencję prowadzi się w postaci papierowej, w formie zapisów własnych, arkuszy, dzienników lub książki nawozowej, bądź też w postaci elektronicznej. Wzór ewidencji zabiegów agrotechnicznych związanych z nawożeniem azotem został określony w *Załączniku nr 10 do Programu*.

Należy przechowywać przez okres 3 lat także umowy zbytu/nabycia nawozów, plan nawożenia, dokumentację związaną z opisem do tabeli 2.2. (dotyczącą opóźnionego terminu stosowania nawozów azotowych).

Dokumenty należy przechowywać przez okres 3 lat od dnia zakończenia nawożenia, wykonanego na podstawie posiadanego planu nawożenia, planu nawożenia azotem albo obliczeń maksymalnych dawek azotu.

Literatura:

1. Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 327 z dnia 22 grudnia 2000 r.).
2. Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (ramowa dyrektywa wodna, RDW).
3. Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG) (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 375 z dnia 31 grudnia 1991 r.).
4. Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanym i przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG). (Dz.U. UE L z dnia 31 grudnia 1991 r.).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018r. (Dz.U. z dnia 12 lipca 2018r. poz. 1339) w sprawie przyjęcia Programu działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Program azotanowy).
6. Ustawa z 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. z 2017 r. poz. 1566, z późn. zm.).

2.4. Techniczne wymagania dotyczące miejsc przechowywania nawozów naturalnych i kiszzonek

dr inż. Witold Jan Wardal

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie, Zakład Systemów Infrastruktury Technicznej Wsi

Wstęp

Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz.U. nr 147 poz. 1033 tekst jednolity) definiuje nawozy naturalne jako obornik, gnojówkę i gnojowicę, pochodzące od zwierząt gospodarskich i przeznaczone do rolniczego wykorzystania. Nawozy naturalne mogą być zbywane innym gospodarstwom do bezpośredniego rolniczego wykorzystania wyłącznie na podstawie umowy zawartej w formie pisemnej pod rygorem nieważności (zgodnie z art. 3, ust. 3).

Techniczne wymagania dotyczące miejsc przechowywania nawozów naturalnych

Nawozy naturalne płynne powinny być przechowywane w szczelnych zbiornikach, a nawozy naturalne stałe na płytach obornikowych – gnojowniach (Dz.U. nr 147 poz. 1033 tekst jednolity), usytuowanych w odpowiednich odległościach od zabudowań i granic działki zagrodowej (Dz.U. 2014.0.81). Obornik może być gromadzony również w pomieszczeniu inwentarskim (utrzymanie na głębokiej ściółce). Podłoga pomieszczenia inwentarskiego pod obornikiem oraz płyta obornikowa na zewnątrz budynku powinny być zabezpieczone przed przenikaniem wycieków do gruntu i zaopatrzona w instalację odprowadzającą wycieki do szczelnych zbiorników.

W kwestii zasad przechowywania ciekłych nawozów naturalnych, ustawa o nawozach i nawożeniu, w art. 49, ust. 1, stanowi co następuje: „do dnia 31 grudnia 2010 r. podmioty, o których mowa w art. 18 ust. 1, przechowują gnojówkę i gnojowicę w szczelnych, zamkniętych zbiornikach”. Natomiast w ust. 2 znajduje się wskazanie na możliwość, aby minister właściwy do spraw środowiska, określił, w drodze rozporządzenia, szczegółowe warunki dotyczące zbiorników, o których mowa w ust. 1, oraz przechowywania gnojówki i gnojowicy, mając na względzie ochronę środowiska. Tym wykonawczym aktem prawnym, zarówno dla ustawy o nawozach i nawożeniu, jak i ustawy Prawo wodne, jest Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu

działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz.U. 2018 poz. 1339)”.

W myśl powyższego dokumentu, jako miejsce do przechowywania nawozów naturalnych należy rozumieć zbiorniki na płynne nawozy naturalne (gnojówkę lub gnojowicę), płytę ze zbiornikiem na odciek i instalacją odprowadzającą odciek z płyty do zbiornika lub inne miejsce przechowywania obornika lub pomiotu ptasiego specjalnie przygotowane w tym celu z materiałów szczelnych i nieprzepuszczalnych, zabezpieczających przed przedostawaniem się odcieków do wód lub gruntu.

Zgodnie z Programem, podmioty prowadzące produkcję rolną są zobowiązane do bezpiecznego dla środowiska przechowywania nawozów naturalnych, wytwarzanych w gospodarstwie rolnym lub przyjętych od innego gospodarstwa rolnego, przez okres, w którym nie jest możliwe ich rolnicze wykorzystanie. Wymaga to zapewnienia powierzchni nieprzepuszczalnych, miejsc do przechowywania nawozów naturalnych stałych oraz pojemności przykrytych, w szczególności osłoną elastyczną lub osłoną pływającą, zbiorników na nawozy naturalne płynne, które powinny posiadać szczelne dno i ściany. W przypadku utrzymywania zwierząt gospodarskich na głębokiej ściółce obornik może być przechowywany w budynku inwentarskim o nieprzepuszczalnym podłożu.

Pojemność zbiorników na nawozy naturalne płynne powinna umożliwiać ich przechowanie przez okres 6 miesięcy. Powierzchnia miejsc do przechowywania nawozów naturalnych stałych powinna umożliwiać ich przechowanie przez okres 5 miesięcy. W celu obliczenia wymaganej pojemności zbiorników lub powierzchni miejsc do przechowywania nawozów naturalnych, należy posłużyć się metodologią przedstawioną w Załączniku 4 do Programu. Polega ona na sporządzeniu obrotu stada, obliczeniu przelotowości zwierząt gospodarskich w grupie technologicznej, a następnie wyliczeniu stanów średniorocznych, które przekalkulowuje się na liczbę dużych jednostek przeliczeniowych. Sposób obliczania wymaganej pojemności zbiorników oraz wymaganej powierzchni miejsc do przechowywania nawozów naturalnych został określony w Załączniku nr 5 do Programu. W przypadku, gdy wytworzone w gospodarstwie rolnym nawozy naturalne podlegają

procesom technologicznym przetwarzania lub przekazaniu, wymagana pojemność zbiorników oraz powierzchnia miejsc do przechowywania nawozów naturalnych może ulec stosownemu zmniejszeniu.

Rozporządzenie Dz.U. 2018 poz. 1339 pozwala na czasowe, jednak nie dłużej niż przez 6 miesięcy od dnia utworzenia każdej z przyzm, przechowywanie obornika bezpośrednio na gruntach rolnych. Warunkiem jednak jest, aby przyzmy były zlokalizowane poza zagłębieniami terenu, na płaskim terenie (o dopuszczalnym spadku do 3%), w miejscu niepiaszczystym i niepodmokłym, w odległości większej niż 25 m od linii brzegu wód powierzchniowych, pasa morskiego i ujść wód, jeżeli nie ustanowiono strefy ochronnej na podstawie przepisów *ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne*.

Wymaga się, aby lokalizację przyzmy oraz datę złożenia obornika w danym roku na danej działce zaznaczyć na szkicu działki, który przechowuje się przez 3 lata od dnia zakończenia

przechowywania obornika. Obornik na przyzmie ponownie przechowuje się w tym samym miejscu po upływie 3 lat od dnia zakończenia uprzedniego przechowywania obornika.

Pomiotu ptasiego, niezależnie od pory roku, nie przechowuje się bezpośrednio na gruncie.

Okres dostosowawczy na wprowadzenie wymogów określonych w **Programie**:

- Do 31 grudnia 2021 r. – w przypadku podmiotów prowadzących chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie większej niż 210 DJP, w tym podmiotów prowadzących chów lub hodowlę drobiu powyżej 40 000 stanowisk lub chów lub hodowlę świń powyżej 2000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior;
- 31 grudnia 2024 r. – w przypadku podmiotów prowadzących chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie mniejszej lub równej 210 DJP.



Autor: W. Szymański

Od gospodarstw rolnych przyjmujących nawozy naturalne na podstawie umowy jest wymagane posiadanie, odpowiedniej powierzchni lub pojemności miejsc do ich przechowywania w bezpieczny dla środowiska sposób, zapobiegający przedostawaniu się odcieków do wód i gruntu.

Jeżeli gospodarstwo (przedsiębiorstwo) rolne, utrzymuje zwierzęta futerkowe w klatkach i bateriach klatek z ażurową podłogą, to wymaga się zabezpieczenia gruntu znajdującego się pod nimi. Zabezpieczenie to należy wykonać szczelną i litą, odporną na mechaniczne uszkodzenia powierzchnią, ukształtowaną w sposób zabezpieczający przedostawaniu się odcieku do wód lub gruntu. Poza systemem pastwiskowym z regularną zmianą zadarnionych kwater, nie umieszcza się klatek dla zwierząt futerkowych z ażurową podłogą bezpośrednio na gruncie.

Ze względu na specyfikę odchodów zwierząt futerkowych mięsożernych – nie miesza się i nie przechowuje się wspólnie z odpadami pochodzącymi z przygotowania paszy dla tych zwierząt.

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie (Dz.U. 2014.0.81). Zgodnie z § 6, ust.1, do usuwania i przechowywania odchodów zwierzęcych powinny być zastosowane urządzenia i budowle rolnicze odpowiednie do systemów utrzymywania zwierząt. Natomiast ust. 2 określa, że zamknięte zbiorniki na płynne odchody zwierzęce powinny mieć:

- dno i ściany nieprzepuszczalne;
- szczelne przykrycie, z wyłączeniem zbiorników na płynne odchody zwierzęce lub ich części znajdujących się pod budynkiem inwentarskim, stanowiących technologiczne wyposażenie budynku inwentarskiego;
- wylot wentylacyjny i zamykany otwór wejściowy.

W przypadku zbiorników na płynne produkty powstałe w wyniku procesu fermentacji towarzyszącej produkcji biogazu rolniczego, powinny mieć one dno i ściany nieprzepuszczalne,

a w przypadku gdy są to zamknięte zbiorniki na produkty pofermentacyjne w postaci płynnej, powinny być szczelnie przykryte oraz zaopatrzone w wylot wentylacyjny i zamykany otwór wejściowy (§ 6, ust. 3). Odległości zamkniętych zbiorników na płynne odchody zwierzęce oraz zamkniętych zbiorników na produkty pofermentacyjne w postaci płynnej, mierzone od pokryw i wylotów wentylacyjnych, podaje poniższa tabela 2.3.

Odległości minimalne otwartych zbiorników na produkty pofermentacyjne w postaci płynnej oraz płyt do składowania obornika, od innych budowli rolniczych, zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie*, zostały podane w tabeli 2.4. Prawo dopuszcza usytuowanie zamkniętych zbiorników na płynne odchody zwierzęce oraz zbiorników na produkty pofermentacyjne w postaci płynnej, a także płyt do składowania obornika w odległościach mniejszych niż to zostało podane lub na granicy działek, w przypadku gdy będą przylegać do tego samego rodzaju budowli rolniczych na działce sąsiedniej.

Techniczne wymagania dotyczące miejsc przechowywania kiszonek

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz.U. 2018 poz. 1339) zabrania przechowywania kiszonek bezpośrednio na gruncie. Dopuszczalne sposoby przechowywania kiszonek to: silosy, rękawy foliowe, na płytach lub na podkładzie z folii, sieczki, słomy lub innego materiału, który pochłania odcieki oraz pod przykryciem foliowym.

Ogólne warunki, które powinny spełniać silosy na kiszonki, reguluje *Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 25 marca 2013 r. w sprawie warunków*

Tabela 2.3. Minimalne odległości zbiorników zamkniętych na płynne nawozy naturalne oraz zamkniętych zbiorników na poferment, od innych rodzajów budowli rolniczych (Dz.U.2014.0.81, § 6, ust.4)

Lp.	Rodzaj budowli	Odległość
1.	od pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi na działkach sąsiednich, jednak nie mniej niż 15 m od otworów okiennych i drzwiowych w tych pomieszczeniach	10 m
2.	od magazynów środków spożywczych, a także od obiektów budowlanych służących przetwórstwu, artykułów rolno-spożywczych	15 m
3.	od granicy działki sąsiedniej	4 m
4.	od budynków magazynowych pasz i ziarna	5 m
5.	od silosów na zboże i pasze	5 m
6.	od silosów na kiszonki	5 m

Tabela 2.4. Usytuowanie otwartych zbiorników na produkty pofermentacyjne w postaci płynnej oraz płyt do składowania obornika (Dz.U.2014.0.81, § 6, ust. 5)

Lp.	Rodzaj budowli	Odległość
1.	od pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi na działkach sąsiednich, jednak nie mniej niż 30 m od otworów okiennych i drzwiowych w tych pomieszczeniach	25 m
2.	od budynków służących przetwórstwu artykułów rolno-spożywczych i magazynów środków spożywczych	50 m
3.	od budynków magazynowych pasz i ziarna	10 m
4.	od granicy działki sąsiedniej	4 m
5.	od silosów na zboże i pasze	5 m
6.	od silosów na kiszonki	10 m

Tabela 2.5. Usytuowanie silosów – odległości od innych budowli rolniczych

Lp.	Rodzaj budowli	Odległość
1.	od pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi, jednak nie mniej niż 30 m od otworów okiennych i drzwiowych w tych pomieszczeniach	25 m
2.	od budynków służących przetwórstwu artykułów rolno-spożywczych i magazynów środków spożywczych	50 m
3.	od budynków magazynowych pasz i ziarna	8 m
4.	od instalacji służących do otrzymywania biogazu rolniczego	15 m
5.	od składu węgla i koksu	15 m
6.	od granicy działki sąsiedniej	5 m

technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie (Dz.U. 2013 poz. 472), zgodnie z którym silosy na kiszonki powinny mieć dno i ściany nieprzepuszczalne.

Podsumowanie – rekomendacje

- W istniejącym prawodawstwie funkcjonuje pojęcie „płyta gnojowa”, jako miejsce do składowania obornika. Takie sformułowanie powoduje w praktyce wiele uproszczeń budowlanych, a w rezultacie niepełną ochronę gleby i wód gruntowych. Dlatego rekomenduje się wprowadzenie do prawodawstwa określenia „gnojownia”, które oznacza budowlę zewnętrzną, związaną technologicznie i funkcjonalnie z określonym budynkiem inwentarskim, przeznaczoną do składowania obornika. Urządzenie gnojowni obejmuje: płytę obornikową betonową z obrzeżem z trzech stron oraz zbiornik na odciek z przymy. Płyta gnojowa powinna mieć odpowiednio ukształtowany spadek w kierunku odpływu do zbiornika.



Autor: W. J. Wardal

- *Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu*, artykuł 49, ust. 1 ma następujące brzmienie: „do dnia 31 grudnia 2010 r. podmioty, o których mowa w art. 18 ust. 1, przechowują gnojówkę i gnojowicę w szczelnych, zamkniętych zbiornikach”. Takie sformułowanie wprowadza w błąd, ponieważ sugeruje, że jakoby od 1 stycznia 2011r posiadanie zbiorników nie było wymagane. Dlatego lepszym rozwiązaniem byłby zastępujący zapis: „podmioty, o których mowa w art. 18 ust. 1, od dnia 1 stycznia 2011r są zobowiązane do przechowywania gnojówki i gnojowicy w szczelnych zbiornikach oraz zastosowania technik ograniczających emisję amoniaku oraz uciążliwości odorowych”.
- Z wieloletniej praktyki i kontaktu z rolnikami i przedsiębiorcami rolnymi wynika, że bardzo dużo nieporozumień i kontrowersji budzi określenie „zamknięte zbiorniki”, które może być rozumiane jako zbiorniki przykryte trwałą pokrywą betonową, gdy tymczasem mają to być środki podjęte w celu ograniczenia emisji amoniaku, do których należą: naturalna pokrywa pływająca, pokrywa pływająca z samoukładających się elementów z tworzyw sztucznych lub keramzytu, przykrycie tzw. namiotowe, przykrycie pokrywą betonową oraz technologia zakwaszania gnojowicy, w wyniku czego następuje zamiana azotu, ulatniającego się w formie amoniaku, w azot amonowy dostępny dla roślin.

Literatura:

1. Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego.
2. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie. Dz.U. 1997, nr 132, poz. 877 (tekst jednolity Dz.U. z 2014 r. poz.81).
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz.U. 2018 poz. 1339)”.
4. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (tekst jednolity) Dz. U. 2007, nr 147, poz. 1033.
5. Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne Dz.U. 2017 poz. 1566



3.1. Bilans składników nawozowych w gospodarstwie, rozproszenie składników

Marek Krysztoforowski

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu

Wstęp

Azot (N) jest najważniejszym czynnikiem plonotwórczym. Wchodzi w skład całej materii organicznej w przyrodzie. Jest potrzebny roślinom jako materiał budulcowy białek i kwasów nukleinowych. Wchodzi też w skład witamin, nukleotydów, alkaloidów i chlorofilu. Warunkuje prawidłowy rozwój roślin uprawnych, pobudza wzrost części podziemnych i nadziemnych roślin, nadając im intensywnie zieloną barwę. Wydłużając okres wegetacji, reguluje także zużycie innych składników pokarmowych, takich jak np.: potas czy fosfor. Dlatego też ten makroelement jest jednym z najważniejszych pierwiastków wpływających na wielkość i jakość plonu.

Widocznymi objawami niedostatku azotu są: jasnozielony kolor liści i łodyg oraz wątły pokrój roślin. W skrajnych przypadkach niedostatku tego pierwiastka liście roślin żółkną, a ich słabo wykształcone owoce przedwcześnie dojrzewają. Także nadmiar azotu jest niebezpieczny – rośliny przenawożone azotem mają ciemnozielony kolor i wytwarzają bardzo dużą masę, (szczególnie liści), owoce są nieliczne i słabo wykształcone. Przedawkowanie azotu roślin wydłuża znacznie okres ich wegetacji – takie rośliny łatwiej chorują, wylegają i są atakowane przez szkodniki. W produkcji roślinnej azot jest składnikiem stymulującym największy wzrost plonu. Została sformułowana nawet ciekawa, dość przewrotna teza: „nawozimy azotem, reszta składników wspomaga tylko jego pobranie”. W odróżnieniu od pozostałych składników nawozowych – wapnia, fosforu, potasu, magnezu – azot praktycznie nie wchodzi w skład minerałów glebowych. Jego jedynym źródłem w naturze są resztki roślinne, nawozy zwierzęce, asymilacja przez mikroorganizmy symbiotyczne oraz wolno żyjące w glebie i opad z atmosfery. W glebie stale zachodzą procesy prowadzące do przekształcenia azotu w formę przyswajalną dla roślin (rozpuszczalne w glebie azotany), a także procesy odwrotne, prowadzące do przekształcenia w azot gazowy i tlenki azotu, które uwalniają się do atmosfery. Procesy te są bardzo intensywne, dlatego poza jednym przypadkiem (analizą wiosenną azotu mineralnego w glebie) w standardowych analizach chemiczno-rolniczych nie oznacza się tego składnika. Natomiast ilość dostępnego azotu dla roślin jest obliczana metodą bilansową.

Azot w glebie pochodzi:

- z mineralizacji próchnicy glebowej;
- z działalności życiowej mikroorganizmów:
 - wolno żyjących, asymilujących azot;
 - żyjących w symbiozie z roślinami motylkowymi;
- z rozkładających się resztek roślinnych i zwierzęcych;
- z nawozów mineralnych i organicznych;
- z opadów atmosferycznych.

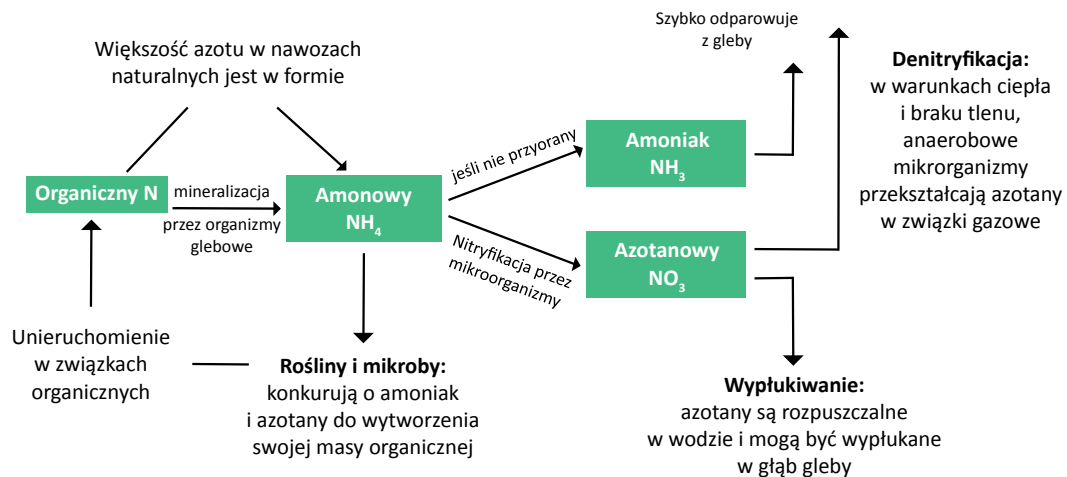
Związki azotu są zawarte w atmosferze głównie w postaci amoniaku i tlenków azotu. Dostają się do gleby wraz z opadami oraz w postaci opadu suchego. Związki azotu zawarte w pyłach wyemitowanych z zakładów przemysłowych i aglomeracji miejskich także traktuje się jako źródło suchego opadu. W Polsce łączny opad azotu na hektar (suchy i mokry) wynosi od 15 do 20 kg/ha/rok.

Azot atmosferyczny (N_2) jest gazem obojętnym dla organizmów żywych i może być wiązany aktywnie przez organizmy glebowe. Mikroorganizmy niesymbiotyczne wolnożyjące mogą asymilować 10–15 kg N/ha rocznie (*Clostridium* i *Azotobacter*). Bakterie brodawkowe *Rhizobium* powiązane z roślinami bobowatymi wiążą azot atmosferyczny w symbiozie z roślinami motylkowymi, mogą wnieść rocznie do gleby 80–250 kg N/ha.

Formy azotu w glebie

W wierzchniej warstwie gleby zawartość azotu w formie połączeń organicznych (nieдоступnych bezpośrednio dla roślin) wynosi średnio **94% ogólnej zawartości azotu**. Azot organiczny stanowi mieszaninę różnych związków, wchodzących w skład biomasy mikroorganizmów, doprowadzonych do gleby resztek roślinnych i nawozów organicznych oraz substancji humusowych. Tylko 6% to związki mineralne rozpuszczalne w wodzie: związki amonowe i azotanowe ($N-NH_4^+$ i $N-NO_3^-$).

Azotowe związki nawozów naturalnych, niektóre ich przekształcenia w glebie



Rys. 3.1. Przemiany azotu w glebie (adaptowane z University of Minnesota)



Autor: W. Szymański

Na mineralizację azotu składa się zespół procesów prowadzących do powstawania amoniaku lub azotu amonowego. Ma to zasadnicze znaczenie dla roślin, ponieważ azot amonowy jest formą bezpośrednio pobieraną przez ich system korzeniowy, a także łatwo przekształca się dalej w azotany, które są jeszcze łatwiej wykorzystywane przez rośliny. Ustalenie zawartości azotu mineralnego jest rezultatem równowagi dwóch przeciwnych procesów: mineralizacji (powstają przyswajalne przez rośliny azotany i związki amonowe) i zbiłczania (azot jest włączany w skład związków organicznych, nieprzyswajalnych bezpośrednio przez rośliny).

Z reguły równowaga ta jest przesunięta na korzyść powstawania związków organicznych, czemu sprzyja akumulacja dużej części N w postaci stosunkowo odpornej na mineralizację próchnicy.

Straty azotu w glebie są wywołane: uprawą roślin, erozją wodną i wietrzną oraz procesami denitryfikacyjnymi. Poziom pobrania związków azotu przez rośliny zależy od płodnozmianu, udziału roślin motylkowych i wysokości samych plonów. Saletry mogą być wymyte przez nadmierne opady w głąb gleby, gdyż nie podlegają sorpcji wymiennej. Małe opady **wynoszące na tydzień 15 mm** nie wpływają na ruchy azotanów.

Straty azotu wywołuje również proces denitryfikacji, zachodzący w głębszych warstwach wszystkich gleb. Redukcję azotu z azotanów (NO_3^-) do azotu atmosferycznego przeprowadzają bakterie beztlenowe.

Utlenianie się azotu w postaci amoniaku (NH_3^+) ma miejsce w przypadku rozrzuconych/rozlanych na powierzchni gleby i nie wymieszanych nawozów naturalnych oraz w przypadku nawożenia nawozami amonowymi zasadowych lub świeżo wapnowanych gleb.

Bilanse azotu w gospodarstwie rolnym możemy wyliczyć dwoma metodami:

- bilans na poziomie gospodarstwa;
- bilans na powierzchni pola.

Pierwsza metoda pozwala na określenie efektywności gospodarowania azotem w skali całego gospodarstwa – jest obliczana ilość azotu, wprowadzanego do gospodarstwa z zewnątrz (stąd angielska nazwa takiego bilansu „*at the farm gate* – u wrót gospodarstwa). Związki azotu są sprowadzane do gospodarstwa z paszami (bardzo dużo w gospodarstwach trzodowych i drobiarskich, wykorzystujących pasze wysoko-białkowe), nawozami mineralnymi i organicznymi, nasionami, a nawet z żywymi zwierzętami oraz metodą naturalną w postaci asymilacji i opadu. Po stronie rozchodów mamy zaś sprzedaż produkcji zwierzęcej i roślinnej. Po obliczeniu uzyskujemy przychody i rozchody oraz sumę bilansową. Jest ona z reguły ujemna, ponieważ azot ulega rozproszeniu do atmosfery w formie gazowej, a także poprzez wymywanie czy zmywanie.

Drugą metodą jest bilans azotu na powierzchni pola. Obliczamy w nim przychody i rozchody azotu dla konkretnej uprawy na konkretnym stanowisku w zmianowaniu. Dlatego bilans i wynikający z niego plan nawożenia azotem muszą być sporządzane corocznie.

Bilans azotu obliczamy posługując się z jednej strony pobraniem N wraz z plonem oraz poprzez obliczenie źródeł azotu, dostępnego dla roślin w danym roku na danym polu (z przedplon, opad z deszczem, asymilacja przez mikroorganizmy żyjące w glebie, nawożenie nawozami naturalnymi i kompostem, przyorywanie słomy itp.).

W Programie azotanowym występuje następujący wzór:

Od potrzeb są odejmowane rezerwy azotu, jakie znajdują się w glebie i mogą być wykorzystane przez uprawę. Wszystkie źródła azotu podlegają zsumowaniu :

Suma N z innych źródeł:

- oborniki różnych grup zwierząt;
- gnojowice różnych zwierząt;
- pomiot ptasi;
- gnojówki;
- frakcja stała separacji gnojowicy;
- frakcja ciekła separacji gnojowicy;
- produkt pofermentacyjny płynny;
- produkt pofermentacyjny stały;
- kompost i inne nawozy organiczne;
- azot mineralny z zasobów glebowych.

Dla nawozów organicznych są przyjmowane zawartości azotu, według danych tabelarycznych, uzależnione od pochodzenia i rodzaju nawozu. Ponieważ z nawozów naturalnych pobranie azotu następuje stopniowo i może być rozłożone nawet na trzy lata, stosuje się tzw. równoważniki nawozowe, które informują, jaka część azotu zawarta w nawozie może być pobrana przez planowaną uprawę. Oborniki mają równoważniki nawozowe pobrania w pierwszym roku od 0,30 do 0,50 – czyli tylko taka część azotu będzie przyswajalna przez rośliny w pierwszym roku. W dwa lata po stosowaniu może być pobrane 0,15 ogólnego azotu zawartego w zaaplikowanej dawce. Nawozy naturalne i organiczne płynne, a także nawozy aplikowane wiosną mają większy wskaźnik wykorzystania = równoważnik nawozowy; wynoszą one 0,45 do

$$\text{dawka } N_{\min.} = \frac{\text{plon osiągalny w gospodarstwie rolnym [t/ha] x pobranie jednostkowe azotu [kg N/t]}^* - \sum N \text{ z innych źródeł x równoważnik nawozowy - korekta dla roślin uprawianych po przedplonach lub międzyplonach bobowatych}^{**}}{0,7}$$

* wg tabeli 10 Programu azotanowego
 ** wg tabeli 12 Programu azotanowego

Rys. 3.2. Wzór obliczeniowy bilansu azotu

Na podstawie przeciętnych plonów, uzyskiwanych w gospodarstwie, obliczamy potrzeby nawozowe upraw w przeliczeniu na hektar, czyli ile azotu musi być pobrane, żeby uzyskać zakładany plon.

0,80. W odliczeniach zostały uwzględnione także rezerwy azotu glebowego, w zależności od składu mechanicznego gleby – największe rezerwy znajdują się w glebach ciężkich i maleją proporcjonalnie w glebach średnich, lekkich i bardzo lekkich.

Do rezerw glebowych, podlegających odliczeniu, należą także resztki poźniwne roślin bobowatych i liście buraczane.

Po odjęciu rezerw uzyskuje się dawkę nawozów mineralnych, niezbędną do uzyskania zakładanego plonu, którą koryguje się wskaźnikiem pobrania azotu z nawozów mineralnych 0,7 (wy-

nik jest dzielony przez 0,7, czyli de facto dawka jest zwiększona o około 42%).

Do celów doradztwa nawozowego zostaną opracowane specjalne kalkulatory nawozowe, które pozwolą wyliczyć produkcję nawozów naturalnych w gospodarstwie, ich zawartość azotu oraz dawki nawożenia.

Literatura:

1. Buckman H.C., Brady N.C., 1971. .Gleba i jej właściwości. PWRiL. Warszawa.
2. Czuba R. , 1996. Nawożenie mineralne roślin uprawnych,. ZCh „Police S.A.”.
3. Fotyma E., Wilkos G., Pietruch Cz., 1998. Test glebowy azotu mineralnego – możliwości praktycznego wykorzystania. Mat. szkol. 69/98.
4. Jadczyszyn T., Kowalczyk J., Lipiński W., 2008. Zalecania nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych, Instrukcja upoisz. nr 151, IUNG-PIB Puławy.
5. www.oschr.pl/index.php/aktualnoci/45-azot-w-glebie.html
6. www.nawozy.eu/doradztwo/vademecum-nawozenia

3.2. Metody agrotechniczne ograniczenia skażenia gleb, sposoby nawożenia

Marek Krysztoforski

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu

Wstęp

Głównym zadaniem uprawy gleby jest stworzenie optymalnych warunków do rozwoju roślin. Utrzymanie odpowiedniej struktury gleby, sprzyjanie ukorzenieniu się roślin i zapobieganie erozji to główne aspekty uprawy gleby. Odpowiednie nastęstwo zapewnia dobrą kondycję roślin, które wytwarzają dużą masę nadziemną i podziemną, przez co zatrzymują składniki biogenne w glebie. Czynniki warunkujące strukturę gleby są m.in. ruchy wody i powietrza w glebie, jej temperatura oraz łatwość jej uprawy. Kiedy struktura jest właściwa przenikanie wody do gleby odbywa się sprawnie, a agregaty gleby są trwałe.

Uprawa gleby

Gleba o odpowiedniej strukturze wchłania dostateczna dla wzrostu roślin ilość wody, a jej zapas jest gromadzony w dużych porach glebowych. Cechami charakterystycznymi gleby o właściwej strukturze są również: jej wysoka aktywność biologiczna, dobry wzrost korzeni oraz wystarczająco wysoka wytrzymałość na obciążenie. Wskaźnikami uszkodzonej struktury gleby są, m.in.: zbyt zwarte warstwy podeszwy płuźnej, powstawanie skorupy na jej powierzchni, czy słaby wzrost korzeni.

Techniki uprawy

Najlepszymi technikami uprawy, oszczędzającymi nawozy i utrzymującymi odpowiednią strukturę gleby są uprawy konserwujące. Polegają one na minimalizowaniu roli orek, wykorzystaniu mulczu, ograniczaniu liczby zabiegów uprawowych. Istotą upraw konserwujących są:

- możliwie trwałe utrzymanie powierzchni gleby pod okrywami roślinnymi (rośliny w plonie głównym – międzyplony i resztki poźniwne/ewentualnie słoma, traktowane jako mulcz);

- zastępowanie, w miarę możliwości, pługów narzędziami, które nie odwracają roli;
- ograniczenie do niezbędnego minimum ilości i głębokości zabiegów uprawowych.



Fot. 3.1. Uprawa pasowa. pola doświadczalne KPODR Minikowo (autor: M. Krysztoforski)



Fot. 3.2. Siew bezpośredni. pola doświadczalne KPODR Minikowo (autor: M. Krysztoforski)



Autor: Ł. Knop

Poprawne zmianowanie pomaga zadbać o jakość gleby. Dla gleb lekkich, gdzie problemem jest luźna struktura i niska zawartość próchnicy, dobrym rozwiązaniem jest uprawa poplonów wzbogacających glebę w substancje organiczną oraz nawożenie nawozami naturalnymi.

Z kolei na ciężkich, gliniastych glebach należy dążyć do rozluźnienia gleby. W tym przypadku także może przyjść z pomocą nawożenie organiczne i poplony o głębokich systemach korzeniowych, a także głęboszowanie, niszczące podeszwę płużną. Bardzo dobrym rozwiązaniem są także coraz popularniejsze różne warianty upraw bezorkowych. Zachowują bowiem naturalną strukturę gleby i zapewniają jej przykrycie przez masę roślinną.

Szczególną uwagę należy także zwrócić na uprawę bobowatych drobnonasiennych – koniczyn, lucern i ich mieszanek z trawami. Potrafią one zgromadzić na hektarze od 100 do 300 kg azotu w resztkach poźniwnych. Dlatego należy je zaorywać jak najpóźniej jesienią, żeby zminimalizować straty zimowe.

Zbyt wczesne zaoranie i pozostawienie bez okrywy roślinnej powoduje straty dużej ilości azotu.

Nawożenie mineralne

Należy wystrzegać się stosowania większych ilości N i P, niż są wynoszone z pola wraz z plonem. Obok oczywistych strat finansowych z powodu zwiększonych kosztów nawożenia, przenawożenie zmniejsza jakość plonu. Przenawożenie azotem powoduje wyleganie roślin, są one bardziej atakowane przez szkodniki. Przenawożenie zaś fosforem może doprowadzić do blokady przyswajania niektórych mikroelementów. Na niektórych glebach organicznych (>20% zawartości materii organicznej), istnieje możliwość zmniejszenia ilości nawozów fosforowych. Najlepiej stosować nawozy w odpowiednich dawkach, zgodnie z mapami glebowymi, obrazującymi zasobność gleb. Najlepszym z dostępnych obecnie systemów jest precyzyjne nawożenie z regulowaną dawką nawozów w obrębie pola. Należy starać się unikać stoso-



Fot. 3.3. Redlica do równoczesnego siewu i nawożenia
(autor: M. Krysztoforowski)

naturalnymi.

Należy bardzo ostrożnie stosować nawożenie na terenach o dużym nachyleniu, narażonych na spływ powierzchniowy, a także przesuszonych, spękanych glebach gliniastych. Najlepiej stosować nawozy bogate w azot w następujących warunkach: wiosną przed siewem zbóż jarych, pod uprawę roślin na wiosnę; na łąkach do początku jesieni, pod rośliny o długim okresie wegetacji; pod uprawy, po których jest planowany poplon. Natomiast należałoby unikać ich stosowania w następujących warunkach: jesienią pod uprawy wiosenne; przed przyoraniem przemiennych użytków zielonych, łąk lub pastwisk; pod uprawy o krótkim okresie wegetacji, chyba że następuje po nich poplon. Ponieważ w nawozach naturalnych jest proporcjonalnie (do azotu) więcej fosforu, niż to wynika z zapotrzebowania roślin, dlatego należy ograniczyć rozrzucanie w miejscach występowania gleb o dużej zasobności fosforu.

Ze względu na wysokie straty gazowego amoniaku, najle-

wania nawozów mineralnych przed ulewnymi opadami deszczu.

W uprawach szerokokorzędowych najlepsze jest pasowe aplikowanie nawozów (zamiast szerokiego rozrzucania), dzięki temu można trochę zmniejszyć ich dawkę, przy czym nie wpłynie to na pogorszenie efektów nawożenia.

Nawożenie zlokalizowane, w uprawach szerokokorzędowych (kukurydza, rzepak, burak cukrowy), wymaga stosowania siewników z redlicami do wysiewu nawozów i nasion. Obok oszczędzania nawozów jest stymulowany wzrost korzeni w głąb, poprzez umieszczenie granulek nawozu poniżej poziomu nasion. Dodatkowy efekt stanowi mniejsze stężenie składników nawozowych w międzyrzędziach, co zmniejsza wigor chwastów.

Stosowanie nawozów naturalnych

Generalną zasadą jest niestosowanie nawozów naturalnych w dawkach przekraczających 170 kg N/h/rok. Wyznaczono empirycznie, że przekroczenie tej dawki sprzyja wypłukiwaniu składników pokarmowych. Na glebach organicznych (>20% zawartości materii organicznej), istnieje możliwość ograniczenia nawożenia nawozami naturalnymi bez ryzyka zmniejszenia plonu. Nawozy organiczne powinny być aplikowane równomiernie na wszystkich polach w gospodarstwie (biorąc pod uwagę zasobność gleby), nawet jeśli oznacza to transport na większe odległości. Najczęściej powtarzanym błędem w obrębie gospodarstw posiadających produkcję zwierzęcą jest systematyczny przenawożenie pól położonych blisko ośrodka gospodarczego, przy jednoczesnym niedonawożeniu pól odleglejszych (koszty i czas wywozu). Zaczyna funkcjonować przewrotna logika – pola położone bliżej dają wyższy plon (są mocniej nawożone), a te odleglejsze plonują słabiej. Stąd też przekonanie, że lepiej zadbać o te bliższe. W ten sposób gospodaruje się nieracjonalnie nawozami



Autor: R. Gaj

piej przyorać nawóz jak najszybciej, aplikować w czasie wilgotnej pogody lub przed deszczem, a najlepiej stosować nowoczesne metody jego aplikacji (węże wleczone, inżektory dogłębowe itp.).

Utrzymanie w dobrym stanie urządzeń technicznych zapobiega zastoiskom, a potem odpływom dużych mas wody. Poprawna gospodarka wodna, konserwacja i utrzymanie drożności systemów melioracyjnych, kontrola zastawek i przepustów, naprawianie niesprawnych drenów jest podstawowym wy-
mogiem prawidłowej melioracji. Nie należy przy tym usuwać całej roślinności, większe drzewa i zakrzaczenia wzdłuż rowów i pól mają dużą wartość biologiczną i pobierają znaczną część

miogenów spływających z pól (wychwytyją także związki azotu przemieszczające się z wodami podskórnymi). Zachowanie małych stawów i mokradeł śródpolnych w obrębie gospodarstwa jest formą oczyszczania wód, ponieważ stanowią one skuteczną barierę zatrzymującą wymyte lub zmyte składniki pokarmowe, a także istotnie przyczyniają się do zwiększenia wartości biologicznej danego terenu. Na granicy pól i wód powierzchniowych należy ustanowić strefę buforową zgodną z przepisami wzajemnej zgodności. Powinno się również ustabilizować zbocza i skarpy cieków poprzez utrzymanie zadarnienia (roślinność trawiasta ograniczy erozję i spływ powierzchniowy).

Literatura:

1. Pietrzak S. 2012. Priorytetowe środki zaradcze w zakresie ograniczania strat azotu i fosforu z rolnictwa w aspekcie ochrony jakości wody. ITP. Falenty.
2. Samborski S. 2018. Rolnictwo precyzyjne. PWN. Warszawa.
3. Ulen B., Pietrzak S., Tonderski K. (red.) 2013. Samoocena gospodarstw zakresie zarządzania składnikami nawozowymi i oceny warunków środowiskowych. ITP. Falenty.
4. www.nawozy.eu

3.3. Ekonomiczne i środowiskowe efekty racjonalnego nawożenia

Marek Krysztoforski

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu

Wstęp

Obok łatwych do obliczenia strat składników nawozowych – kosztu nawozów i utraty plonów – występują ukryte koszty skażenia wód słodkich i Bałtyku. Mówimy o kosztach społecznych, gdyż skutki skażenia wód dotyczą całego społeczeństwa w postaci kosztów oczyszczania wód, opieki zdrowotnej, zmniejszonej wartości gospodarczej wód, ubożenia środowiska naturalnego, zaniku bioróżnorodności.

Składniki nawozowe, w tym najbardziej szkodliwe dla środowiska wodnego azot i fosfor, wykorzystane nieracjonalnie przedostają się do środowiska wodnego. Całym nieszczęściem ochrony środowiska jest niestety trudność precyzyjnego wycenienia szkód. Określa się je jako koszt społeczny, który jest dość trudny do wyszacowania. Jak wycenić zakwity glonów, wodę o nieprzyjemnym zapachu, nieprzydatną do celów rekreacji, czy bytowych? Jak wycenić szkody w bioróżnorodności, spadek połowu ryb i organizmów wodnych?

Można próbować policzyć bezpośrednie straty i ocenić szkody w uprawie zbóż:

Koszty ucieczki 1 kg azotu z pola:

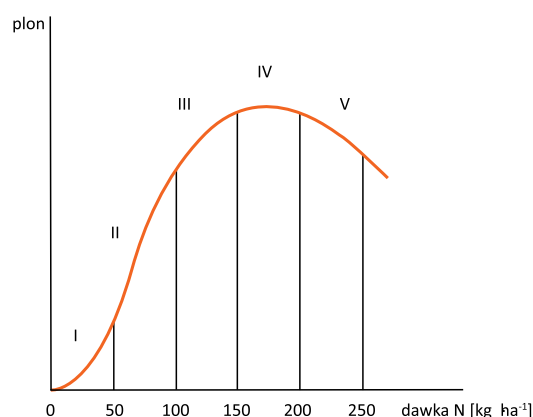
1 kg N = 17 kg utraconego plonu ziarna lub eutrofizacja ~ 454 m³ wody

- koszt składnika 1 kg x 2,91zł/kg = 2,91 zł
- utracony przyrost plonu ziarna 17 kg x 0,65 zł/kg = 11,05 zł
- koszt społeczny/oczyszczenia 454 m³ wody = ? dużo

Koszty fosforu: na 1 kg P₂O₅

- koszt składnika 1 kg P₂O₅ = 6 kg ziarna lub eutrofizacja 1 905 m³ wody
- koszt składnika 1 kg x 3,50zł/kg = 3,50 zł
- utracony przyrost plonu ziarna 6 kg x 0,65 zł/kg = 3,90 zł
- koszt społeczny/oczyszczenia 1 905 m³ wody = ? bardzo dużo

Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na straty składników nawozowych są: niewłaściwe, zbyt wysokie nawożenie, niedostosowanie dawek do pobrania przez rośliny oraz niewłaściwe terminy i techniki stosowania nawozów. Można tę zależność prześledzić na przykładzie azotu (choć dotyczy wszystkich składników nawozowych):



Rys. 3.3. Najczęściej spotykana krzywa reakcji na nawożenie azotem (źródło: www.chemia-pwsz.sanok.pl/cwiczenia_rolna/nawozenie)

Na wykresie widać krzywą zależności plonu (zboże) od nawożenia azotem. Plon rośnie wraz ze zwiększającymi się dawkami azotu, aż dochodzi do fazy IV, gdzie jest najczęściej najwyższy, po czym zaczyna spadać na skutek przenawożenia. Jednak już w połowie fazy III rosnące nawożenie nie wywołuje wyraźnej zmiany plonu. Trzeba także uwzględnić fakt, że nawet mniejsze dawki azotu w fazie drugiej i trzeciej nie są już wykorzystywane w 100%. Jednak dopiero od fazy IV praktycznie każdy kilogram nawozu jest tracony. Takie, opracowane naukowo i sprawdzone praktycznie krzywe stanowią podstawę opracowania programów nawozowych.

Koszty nawożenia

Zapewne niektórzy rolnicy oburzają się na stwierdzenie, że obecnie nawozy mineralne są stosunkowo tanie, ale warto sobie przypomnieć początek wieku, kiedy średnio 1 kg nawozów NPK kosztował około 4 zł/kg. Obecnie ceny pozostają na niższym poziomie. Według danych z czerwca 2018 r. najniższe ceny za czysty składnik wynosiły: azot N 2,90 zł/kg; fosfor P_2O_5 3,50 zł/kg; potas K_2O 2,30 zł/kg, czyli za 1 kg NPK płaci się obecnie średnio 2,90 zł.

Należy jednak pamiętać, że ceny nawozów są związane z cenami surowców. Nawozy fosforowe i potasowe, to nawozy kopalne i ich cena jest bardzo ściśle uzależniona od dostaw surowca (fosforytów, apatytów i kopalnych soli potasowych). Główne złoża fosforytów znajdują się w północnej Afryce. Region ten jest niestabilny, a ze względu na stałe wydobywanie zasoby kurczą się. Rosną natomiast koszty wydobycia. Z kolei dla nawozów potasowych problem stanowi zawartość śladowych metali ciężkich w surowcu pochodzącym z wschodnich granic (Rosja, Białoruś, Turkmenistan). Wprowadzana obecnie ostrzejsza norma względem pozostałości metali będzie zmuszała do kosztowniejszego oczyszczania nawozów potasowych lub ich kupna z droższych źródeł. Nawozy azotowe pozyskuje się w energochłonnym procesie z użyciem gazu ziemnego, którego ceny warunkują koszty produkcji.

Dodatkowym czynnikiem mogącym wpłynąć na zwiększenie kosztów jest konieczność ograniczenia emisji (w tym przypadku amoniaku), zawarta w *Dyrektywie NEC (National Emissions Control)*. Dokument ten zakłada działania, które ograniczą o 30% emisję amoniaku w produkcji rolnej, m.in. rozważane jest zastąpienie nawozów na bazie mocznika nawozami na bazie azotanów amonu lub, jeżeli nawozy na bazie mocznika są nadal stosowane, wykorzystywanie metod, w przypadku których wykazano, że zmniejszają emisję amoniaku o co najmniej 30%, w porównaniu z wykorzystaniem metody odniesienia. Oznacza to produkcję nawozów ze specjalnymi inhibitorami, ograniczającymi szybki rozkład do amoniaku. Dodatkowo zaleca się propagowanie zastępowania nawozów nieorganicznych nawozami organicznymi, a w przypadku, gdy nawozy nieorganiczne nadal są stosowane, rozprowadzanie ich zgodnie z przewidywanymi potrzebami nawożonej uprawy lub nawożonego użytku zielonego w odniesieniu do azotu i fosforu.

Wszystkie te czynniki powinny skłonić rolników do bardziej racjonalnego nawożenia, lepszego wykorzystania nawozów naturalnych (obornika, gnojowicy, pomiotu ptasiego) oraz innych organicznych (np. poferment z biogazowni, odpady organiczne, komposty, zielone nawozy).

Można pokusić się o obliczenie, jaka jest wartość głównych składników nawozowych zawartych w oborniku. Na podstawie przeciętnej zawartości i najniższych cen w nawozach mineralnych otrzymujemy następujące wyliczenie:

Tabela 3.1. Wartość głównych składników nawozowych w trzech rodzajach obornika (źródło: obliczenia własne na podstawie cenników nawozów i tabeli Programu Azotanowego)

Nawóz		Obornik fermowy od trzody	Obornik bydlęcy	Kurzak z termy
czysty składnik	cena 1 kg czystego składnika w nawozach mineralnych	kg/t świeżej masy nawozu	kg/t świeżej masy nawozu	kg/t świeżej masy nawozu
N	2,90	5,1	4,7	23
P_2O_5	3,50	4,4	2,8	21
K_2O	2,30	6,8	6,5	19
CaO*	0,60	4,4	4,3	7,5
MgO*	1,00	3	2,5	24
Suma w nawozie kg/tonę		23,7	20,8	94,5
Wartość składników (zł na t nawozu)		51,5	43,5	212,4

* wyceniono wg cen wapien nawozowych

** według średniej ceny NPK CaMg w nawozach mineralnych z czerwca 2018

Oczywiście wiadomo, że nie jest to cała wartość obornika. Można nawet powiedzieć, że jest to mniejsza część jego wartości. Obornik i nawozy naturalne (stosowane odpowiednio) dostarczają bowiem roślinom wszystkich mikroelementów – przecież obornik powstaje ze strawionych roślin. Dostarcza do gleby substancji organicznej, która dodatkowo wpływa na strukturę gleby, zatrzymuje wodę w glebie, powoduje łatwiejsze ogranie się gleb. Stymuluje także wzrost zawartości próchnicy, która jest magazynem składników pokarmowych. Wspomaga rozwój życia biologicznego w glebie i pośrednio wpływa na zdrowotność roślin.

Jak najbardziej ekonomicznie stosować nawozy?

Po pierwsze – poznać zasobność gleby.

Bez tego poruszamy się po omacku, często dokonując przewnawożenia jednych gruntów i niedonawożenia innych. W tym celu trzeba wykonać analizy gleby. Jej celem jest ocena zasobności gleb i stwierdzenie nadwyżki lub niedoboru dostępnych składników pokarmowych dla wzrostu roślin. Jednym z zadań analizy jest także monitorowanie zmian, spowodowanych przez praktyki rolnicze – uprawiane rośliny, nawożenie nawozami mineralnymi i organicznymi, przyorywanie resztek



Autor: M. Ulan

pożniwnych i poplonów. Informacja o zasobności gleby jest potrzebna do optymalnej produkcji, w celu uniknięcia wynoszenia nadwyżek składników mineralnych do środowiska oraz, by zapewnić odpowiednią zawartość składników w plonie, co wpływa na jego jakość. Wzrastające plony i wymogi odbiorców względem ich jakości, coraz częściej wymagają dokładniejszych zaleceń nawozowych. Regularna analiza gleby – co 3–5 lat, powinna być wykonywana jako istotna część dobrych praktyk rolniczych. Czy analizy gleb są kosztowne? Po pierwsze, nie wykonujemy ich corocznie. Po drugie, warto porównać koszt analiz z kosztem stosowanych nawozów. Za cennikiem Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolnej (OSChR) w Lublinie (2018): analiza gleby dla potrzeb doradztwa nawozowego zakres podstawowy (odczyn pH, zasobność w makroelementy: P₂O₅, K₂O, Mg) – 13,12 zł.

Dla porównania, cena 1 kg czystego składnika głównych składników nawozowych wynosi około 3 zł. Próby zwykle wykonujemy dla około 4 hektarów co 4 lata. Czyli **roczny koszt analizy na jeden hektar wynosi 0,82 zł** i odpowiada kosztowi 0,3 kg czystego składnika.

Po drugie – obliczyć prawidłowy poziom nawożenia.

Można skorzystać z programów nawozowych opracowanych w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) z Puław (PlanoRS, PlanoPro, NawSald, MakroBil), kalkulatorów dostępnych w OSChR, bilansu opracowanego dla *Programu Azotanowego* (dotyczy tylko azotu). Dostępne są także zalecenia nawozowe, które znajdziemy w OSChR i laboratoriach rolniczych.

Po trzecie – udoskonalić techniczną stronę stosowania nawozów.

W nawożeniu mineralnym nawozy są wykorzystywane najefektywniej w rolnictwie precyzyjnym. Każde pole uprawne ma pewną, większą lub mniejszą zmienność. W konwencjonalnym rolnictwie ustalamy dawkę nawozów dla całego pola, uśredniając wynik analizy gleby. W ten sposób dochodzi do niepożądanego nadmiaru nawozów w miejscach zasobniejszych i wciąż niedonawożenia w miejscach mniej zasobnych. Techniki rolnictwa precyzyjnego w pierwszym rzędzie polegają na mapowaniu plonu, jakości i zasobności gleby. Otrzymujemy precyzyjny obraz w skali pola uprawnego pokazujący powierzchnie o różnej jakości i zasobności gleby. Dzięki mapom i systemowi pozycjonowania można użyć komputerowego ste-

rowania sposobem rozsiewu i dawką nawozów oraz sterowania narzędziami uprawowymi wraz z rozsiewaczami nawozów. Wykorzystywane są czujniki zieleni do nawożenia pogłównego azotem i zwalczania chwastów.

Bardzo popularne staje się nawożenie zlokalizowane. Polega na umieszczeniu w glebie podczas siewu roślin nawozów azotowo-fosforowych. Stało się już standardową techniką w uprawie roślin szerokorzędowych (kukurydza, rzepak, buraki, warzywa korzeniowe itp.). Nawóz jest umieszczany w takim miejscu, aby był najlepiej dostępny dla rośliny uprawnej, a nie był pobierany przez chwasty. W trakcie siewu używa się najczęściej nawozów wieloskładnikowych, fosforowo-azotowych (np. fosforan amony, nawozy NPK o małej zawartości potasu, nawozy wolno działające).

Literatura:

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych.
2. Grzebisz W. 2008. Nawożenie roślin uprawnych. Cz. 1 i 2. PWRiL.
3. Samborski S. 2018. Rolnictwo precyzyjne. PWN. Warszawa
4. www.fertilizer.org
5. www.nawozy.eu

3.4. Innowacyjne metody obróbki nawozów naturalnych

Mateusz Sękowski

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu

Wstęp

Dla zrównoważonego rozwoju systemu rolnego oraz wdrażania właściwych praktyk rolniczych niezwykle istotnym elementem jest hodowla zwierząt – a tym samym produkcja obornika. Składniki odżywcze zawarte w oborniku, jak azot czy fosfor, obecnie nie są wykorzystywane skutecznie i ich nadmiar częściowo dostaje się do środowiska.

Każdy z nas w rzeczywistości produkuje nawóz – pośrednio, oczywiście. Poprzez powszechną konsumpcję, tworzy się rynek dla różnych produktów zwierzęcych z mięsa czy mleka. Naszym wspólnym obowiązkiem jest postępowanie z obornikiem z należytą starannością i znalezienie optymalnych rozwiązań w zakresie jego przetwarzania.

Długoterminowym celem strategicznym w kwestii zarządzania nawozami naturalnymi jest zmiana ogólnego (publicznego) postrzegania obornika/gnojowicy jedynie jako produktu odpadowego i zwrócenie uwagi na jego cenne wartości, jako zasobu naturalnego, przy jednoczesnym identyfikowaniu jego możliwości biznesowych.

Ograniczanie strat azotu w produkcji zwierzęcej – schładzanie i zakwaszanie gnojowicy

Gnojowica jest mieszaniną odchodów zwierzęcych, resztek pasz oraz wód technicznych z budynków inwentarskich wraz z przeciekami z instalacji wodociągowych. Stanowi nawóz wysoce skoncentrowany o wysokiej ilości składników mineralnych. Jej niewłaściwe magazynowanie i rozlewanie może być groźne zarówno dla środowiska, jak i zdrowia człowieka.

Skład gnojowicy zmienia się w zależności od gatunku i wieku zwierząt, sposobu żywienia oraz stopnia rozcieńczenia gnojowicy wodą. Przeciętnie z 1 m³ gnojowicy wnosi się do gleby do 4 kg azotu (N), 3 kg fosforu (P₂O₅), 4 kg potasu (K₂O) oraz 3 kg wapnia (CaO) i 1 kg magnezu (MgO). Gnojowica bydła ma pH ponad 7, a gnojowica świńska pH wynoszące nawet ponad 8.

Wysokie pH gnojowicy to główny powód bardzo szybkiego ulatniania się amoniaku w czasie aplikacji na polu. W skrajnych przypadkach, przy rozlewie gnojowicy wozami asenizacyjnymi z płytą rozbryzgową, straty amoniaku mogą dochodzić do 50%. Aby ograniczyć straty azotu zalecane jest rozlewanie gnojowicy za pomocą węży wleczonych lub inżektorów doglebowych.

Schładzanie gnojowicy i obornika

Podczas przechowywania gnojowicy w zbiornikach także dochodzi do znacznych strat azotu, dlatego zaleca się: przykrywanie takich zbiorników, obniżanie temperatury (co spowoduje spowolnienie procesów w niej zachodzących), bądź zakwaszanie kwasem siarkowym.

Temperatura jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na ulatnianie się amoniaku z obornika. Obniżenie jej w przypadku obornika daje możliwość zmniejszenia emisji amoniaku do środowiska. Rosnące zainteresowanie technologią chłodzenia obornika opiera się głównie na stosunkowo niskich kosztach (w zależności od źródła wykorzystania ciepła), w połączeniu z solidną technologią o stosunkowo długiej żywotności (> 15 lat) i niskich wymaganiach w zakresie konserwacji. Technologia ta jest zarejestrowana jako BAT (Najlepsza Dostępna Technologia, *Best Available Techniques*).

Technologia schładzania obornika zmniejsza emisję amoniaku, co prowadzi do wyższej zawartości azotu (N) w oborniku. Celem chłodzenia jest redukcja emisji amoniaku (NH₃). Obniżenie poziomu NH₃ z obornika zależy od jego temperatury; chłodzenie odchodów zmniejsza parowanie amoniaku. Chłodzenie gnojowicy zmniejsza również emisję metanu (CH₄) i dwutlenku węgla (CO₂), ponieważ zmniejsza to wzrost zawartości bakterii metanogennych. Technologia jest oparta na pompie ciepła, która wymaga energii elektrycznej; jednakże wytwarza także ciepło, które może zastąpić inne jego źródła i być wykorzystana na przykład do podgrzewania pomieszczeń inwentarskich. Ciepło wytwarzane przez pompę ciepła jest zwykle 3 razy większe od energii elektrycznej.

Korzyść środowiskowa związana z chłodzeniem obornika to obniżona emisja NH_3 . Z drugiej jednak strony dzieje się to kosztem większego wkładu w globalne ocieplenie z powodu dodatkowego zużycia energii elektrycznej, przynajmniej wtedy, gdy jest ona oparta na węglu.

Pamiętać należy, że schładzanie obornika zwłaszcza na etapie składowania, mocno ogranicza, lub wręcz uniemożliwia, przejście w fazę termofilną, czyli samoogrzewania się przymy. Może to mieć wpływ na proces sanitacji, czyli eliminacji patogenów, nasion chwastów itp.

Zakwaszanie gnojowicy

W Danii od 20 lat jest stosowana metoda zakwaszania gnojowicy w celu obniżenia emisji amoniaku. Obecnie 20% gnojowicy z duńskich gospodarstw rolnych jest zakwaszana. Poza granicami tego kraju istnieje tylko kilka pilotażowych instalacji. Zainteresowanie tą techniką ze strony innych krajów rośnie, a obecny szkic BREF (*Reference Document for Best Available Techniques*) wskazuje zakwaszanie gnojowicy jako najlepszą dostępną technikę obowiązkową we wszystkich krajach UE.

Wyróżniamy 3 metody zakwaszania gnojowicy 1) *in house*, czyli w budynku 2) *in storage*, czyli w zbiorniku 3) *in field*, czyli na polu (Fot. 3.5.).

Zakwaszanie gnojowicy w zbiorniku, w którym jest przechowywana jest możliwe dzięki systemowi, który jest zamontowany na ciągniku rolniczym. Mieszanie z kwasem powoduje obniżenie pH gnojowicy proporcjonalnie do ilości dodawanego kwasu. Wartość pH po zakwaszeniu powinna wynosić od 5,5 do 6. Z tego względu zakwaszanie gnojowicy w zbiorniku powinno mieć miejsce na dzień lub dwa przed rozlaniem jej na pole.

Trzeci system – na polu – to system mobilny i wydaje się najbezpieczniejszy z punktu widzenia dozowanego kwasu. W skład systemu wchodzi: wóz asenizacyjny wyposażony w pompę oraz zestaw węży wleczonych, pH-metr, a także ciągnik, który jest integralną częścią całego systemu.



Fot. 3.4. Rozlewanie zakwaszonej gnojowicy na polu (autor: M. Sękowski)



zakwaszanie w budynku



zakwaszanie w zbiorniku



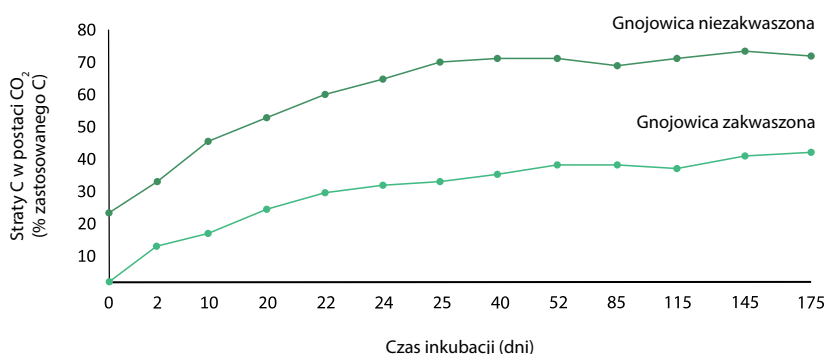
zakwaszanie na polu

Fot. 3.5. Trzy metody zakwaszania gnojowicy (źródło: <http://balticslurry.eu>)

Zakwaszanie gnojowicy w budynku nie jest zależne od gatunku zwierząt jakie utrzymujemy. Gnojowicę można zakwaszać zarówno w chlewniach, jak i w oborach. Do zakwaszania gnojowicy używamy stężonego kwasu siarkowego 96%. Zasada działania systemu polega na przepompowaniu gnojowicy zalegającej w kanałach gnojowicowych, znajdujących się w budynku do zbiornika procesowego. Tu następuje dozowanie kwasu siarkowego przy ciągłym mieszaniu z gnojowicą, aż ta osiągnie pH 5,5. Tak przygotowana gnojowica, zmagazynowana w zbiorniku głównym, może zostać aplikowana na pole za pomocą wozu asenizacyjnego.

Wieloletnie doświadczenia z Danii wskazują, że zakwaszanie gnojowicy ma szereg zalet: od zmniejszenia emisji amoniaku nawet o 40%, poprzez dostarczenie siarki do gleby i poprawę stanu zdrowotnego zwierząt (jeśli stosujemy system zakwaszania w budynku) do wzrostu plonu włącznie. Podczas aplikacji gnojowicy na pole, niezależnie jakim systemem ją zakwaszaliśmy, odory są zredukowane do minimum. Ponadto, wieloletnie badania SEGES w Danii wskazują na wzrost sekwestracji węgla w glebie przy stosowaniu zakwaszonej gnojowicy na polu.

Wzrost sekwestracji węgla w glebie przy zastosowaniu gnojowicy nie zakwaszonej i zakwaszonej



Rys. 3.4. Wykres przedstawiający wzrost sekwestracji węgla w glebie porównując gnojowicę niezakwaszoną i gnojowicę zakwaszoną. Źródło: Fanguero, D.; Ribeiro, H.; Coutinho, J.; Cardenas, L.; Trindade, H.; Cunha-Queda, C.; Vasconcelos, E.; Cabral, F. 2010. Nitrogen mineralization and CO₂ and N₂O emissions in a sandy soil amended with original or acidified pig slurries or with the relative fractions. *Biology and Fertility of Soil* 46 (6) 383-391

Separacja gnojowicy

Separacja gnojowicy to jeden z procesów przetwarzania nawozów naturalnych, który tworzy produkty – zwane także frakcjami – różniące się od gnojowicy w odniesieniu do suchej masy, składu i stężenia składników odżywczych. Istnieje wiele sposobów separacji gnojowicy, które dają frakcje ciekłe i stałe o właściwościach zależnych od zastosowanej technologii.

Duże gospodarstwa hodowlane produkują znaczne ilości nawozu, które muszą być przetwarzane. Tradycyjne systemy uzdatniania są czasochłonne, pracochłonne i wymagają dużych inwestycji. Jako alternatywę można zastosować separator, umożliwiające zmianę obornika w cenny nawóz. Separator rozbija obornik na dwie frakcje: ciał stałych i cieczy. Głównym celem procesu jest usunięcie nadmiaru składników odżywczych z gospodarstwa poprzez eksport produktów z procesu separacji. W większości przypadków uwaga skupia się na usuwaniu nadmiaru fosforu przez frakcję stałą (włókno). W trakcie procesu usuwany jest także azot, ponieważ wiele frakcji zawiera także nierozpuszczalny azot.

Istnieje wiele różnych technologii separacji, ale oddzielenie odchodów zwierzęcych ogólnie dzieli 100 kg gnojowicy na 5 kg frakcji włóknistej z około 25-35% suchej masy, utrzymując około 20% N, 80% P oraz 95 kg ciekłej frakcji z około 1% suchej masy, utrzymującej 80% N i 20% P. Dostępne są różne technologie separacji, takie jak flokulacja, filtracja pasmowa i tłoczenie śrubowe, wirówki, ruszty, sita, filtracja bębnowa, filtracja prasowa, sedymentacja i flotacja. Wybór technologii separacji powinien być dokonywany z uwzględnieniem celu separacji, wymaganej wydajności, kosztów inwestycji i kosztów eksploatacji dla danej instalacji.

Zalety stosowania procesu separacji:

- gnojowica może być transportowana w dowolnym momencie, nie ma potrzeby stosowania procesu wytwarzania jednorodnej mieszaniny;

- bezwonna sucha frakcja jest łatwa do przechowywania;
- ilość pozostałości jest znacznie ograniczona;
- minimalizacja odorów;
- substancje stałe można stosować jako nawóz.

Produkcja biogazu w mikroskali jako krok w stronę zrównoważonego rolnictwa

Produkcja zwierzęca stanowi znaczną część sektora rolnego, a obornik, który wytwarza, istotnie przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych. Jedną z możliwości znacznego obniżenia tych emisji jest wykorzystanie obornika do produkcji biogazu, używanego do wytwarzania energii. W procesie kogeneracji energii są spalane też lotne związki azotu, co ogranicza ich koncentrację w pofermentacie. Wykorzystanie otwartych zbiorników ziemnych na substrat i poferment może jednak w tej technologii zwiększyć emisję amoniaku aż o 30%.

W większości krajów europejskich produkcja biogazu z biomasy, stanowiącej alternatywne źródło energii, mogła się rozwijać dzięki wykorzystaniu nawozów naturalnych i innych produktów ubocznych gospodarstw rolnych. Z czasem w biogazowniach zaczęto zużywać substraty pochodzące z innych źródeł (np. resztki żywności, pasze), w tym także produkty rolnicze, które tradycyjnie były wykorzystywane jako pasza dla zwierząt (np. kiszonka z kukurydzy).

Niestety, inwestycje w biogazownie, prowadzące produkcję energii w dużej skali (ok. 1 MWe i więcej), spotkały się z niezbyt przychylnym przyjęciem opinii publicznej. Oprócz obaw o uciążliwe sąsiedztwo biogazowni wysuwano argumenty natury etycznej, dotyczące zużywania produktów potencjalnie żywnościowych, jako substratu do produkcji biogazu. Uwarunkowania rynkowe oraz negatywne nastawienie opinii publicznej spowodowały ograniczenie liczby inwestycji w duże bioga-

zownie w Niemczech, Belgii i Holandii. Jednak popularyzacja produkcji biogazu, jako alternatywnego źródła energii oraz dostępność technologii produkcji w małej skali, spowodowały rozwój inwestycji w formie niewielkich instalacji – tzw. mikro-biogazownie.



Fot. 3.6. Przykładowa mikrobiogazownia (autor: Z. Ginalski, CDR)

Mikrobiogazownie (instalacje o mocy do 40 kWe) wykorzystują głównie nawozy naturalne i pozostałości organiczne z procesów produkcyjnych, prowadzonych w gospodarstwie. Te fermentory wytwarzają biogaz z czystego obornika, z niewielką ilością substratów lub bez nich. Zwłaszcza w przypadku gospodarstw hodowlanych może to być interesujące. Daje to możliwość zrobienia czegoś pożytecznego z obornikiem przed jego utylizacją.

Kompostowanie obornika

Kompostowanie jest naturalnym procesem, który przekształca obornik w cenny nawóz organiczny, który jest łatwiejszy w obsłudze i transporcie niż świeży obornik. Stosowanie kompostu poprawia żyzność gleby, strukturę i napowietrzanie gleby oraz zwiększa zdolność zatrzymywania wody w glebie.

Obornik poddany procesowi kompostowania daje produkt – kompost – który ma wiele zalet dla środowiska. Podczas procesu kompostowania obornik traci wodę i część materii organicznej. Azot amonowy w odchodach jest w dużej mierze konsumowany przez bakterie (termofilne i mezofilne), a przez to przekształcany w związki organiczne, co daje nawóz o długotrwałych właściwościach. Zmniejsza ryzyko bezpośrednich strat po zastosowaniu na polu. Podczas tego procesu powstaje próchnica, częściowo rozpuszczalna w wodzie. Przemyca traci połowę swojej wagi, dzięki czemu kompost jest tańszy w transporcie i rozprowadzaniu na polu niż świeży obornik. W wyniku wzrostu zawartości suchej masy i zwiększonej sorpcji, kompost jest odporny na wymywanie składników odżywczych. Dlatego może być przechowywany na powierzchni gleby przez długi czas bez ryzyka strat azotu, a jego orka nie musi nastąpić bezpośrednio po złożeniu na polu. Wadą procesu kompostowania może być to, że bezpośredni efekt nawożenia N jest niższy, niż przy stosowaniu świeżego obornika, który ma wyższą zawartość azotu amonowego. Azot ten w trakcie przerabiania przemyca może być w znaczącej ilości tracony na drodze emisji tlenków i amoniaku.

Tabela 3.2. Zalety i wady kompostowania obornika (źródło: www1.agric.gov.ab.ca)

Zalety i wady kompostowania obornika	
Zalety	Wady
Zmniejszona masa i objętość – redukcja kosztów transportu	Straty amoniaku
Redukcja odorów	Proces czaso- i pracochłonny
Ograniczenie występowania patogenów, nasion chwastów	Wysoki koszt sprzętu
Poprawia jakość składników odżywczych – składniki odżywcze z kompostu są uwalniane powoli i równomiernie	Grunt wymagany do kompostowania
Zmniejsza zanieczyszczenia – stabilizuje lotny azot zmniejszając jego straty	
Produkt możliwy do sprzedaży	
Zwiększa zatrzymywanie wody w glebie	

Suszenie gnojowicy

Głównym elementem procesu osuszania gnojowicy jest suszarka taśmowa ze zintegrowanym separatorem, zachowująca zawartość suchej masy nawet do 85%. Wszystkie składniki odżywcze w nawozie są zachowane.

W pierwszym etapie procesu gnojowica podlega separacji i jest przenoszona do suszarki taśmowej. Pod koniec procedury zawartość suchej masy może osiągnąć maksimum 85%. Składniki odżywcze w zawieszynie są zachowywane, gdy faza ciepla jest ponownie mieszana, a woda jest odparowywana. W konsekwencji otrzymujemy znacznie mniejszą ilość gnojowicy do przechowywania, transportu i użytkowania. Ponadto, wysuszoną fazę można peletować lub granulować w późniejszej procedurze. Oznacza to dla rolnika wartość dodaną. Gnojowica poddana procesowi peletowania wykazuje wysoką zawartość suchej masy, powoli uwalnia składniki odżywcze, przyczyniając się w ten sposób do poprawy struktury gleby i zmniejszając wydatki na nawozy.

Granulacja obornika

Przekształcenie obornika w granulowany produkt nawozowy jest rozwinięciem metod separacji i suszenia w znacznym stopniu ograniczającym odpływ składników odżywczych z nawozów naturalnych, oferując tym samym wiele korzyści dla gleby i przywracając źródło składników odżywczych dla gospodarstwa do ponownego wykorzystania.

Obecnie na rynku istnieje wielu producentów urządzeń oferujących granulację obornika, który można w dużym stopniu dostosować do przetwarzanego źródła obornika i pożądanych cech produktu docelowego. Efektem końcowym jest najnowocześniejszy system do produkcji nawozów, który przekształca obornik w produkt wysokiej jakości, który minimalizuje nieprzyjemny zapach i ma niewielkie ścieranie.

Wśród głównych korzyści, wynikających z granulacji obornika, należy wymienić:

- formę granulatu, która jest łatwiejsza w obsłudze, transporcie i stosowaniu;
- zredukowane koszty gospodarki odpadami – suche granulki mogą być przechowywane w gospodarstwie i są znacznie tańsze w transporcie niż surowy obornik;
- redukcję strat składników odżywczych – suche granulki pomagają w zapobieganiu odpływu, ponieważ są stosowane tylko w razie potrzeby i nie powodują dodatkowego zawilgocenia gleby, co może zwiększyć prawdopodobieństwo wystąpienia strat;
- ulepszone zarządzanie składnikami odżywczymi – ziarnisty nawóz ułatwia efektywne śledzenie i monitorowanie dawki składników odżywczych, jest to również cenne narzędzie w precyzyjnych rolniczych zastosowaniach, w których granulowany produkt zapewnia ulepszone możliwości dozowania.

Rozwój różnorodnych technologii przetwarzania nawozów naturalnych wymaga odpowiednich ram regulacyjnych, aby krajowy oraz międzynarodowy handel końcowymi produktami ubocznymi pochodzącymi z przetwarzania obornika zwierzęcego był regulowany i jak najbardziej przejrzysty. Prawodawstwo powinno stymulować przejście do bio-gospodarki, przy maksymalnym recyklingu i waloryzacji składników odżywczych z obornika i jego energetycznej waloryzacji. Możliwe byłoby udostępnienie mechanizmów wsparcia finansowego w celu rozwoju technologii i mechanizmów rynkowych w zakresie recyklingu składników odżywczych, mimo że zawsze należy uwzględniać zasadę „zanieczyszczający płaci”.

Literatura:

1. Fila J. 2017. Wyznaczenie uzupełniających i nowych obszarów badawczych w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa, monografia, Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy.
2. Fostering renewable energy provision from manure in Germany – Where to implement GHG emission reduction incentives. Katja Oehmichena, Daniela Thränab, Energy Policy Volume 110, November 2017: 471-477.
3. Future trends on manure processing activities in Europe, 2011. Komisja Europejska.
4. Wesnæs, M., Hamelin, L., & Wenzel, H. 2013. Life Cycle Inventory & Assessment Report: Cooling of Manure, Applied to Fattening Pigs Slurry, Denmark. Syddansk Universitet. Institut for kemi-, bio- og miljøteknologi.
5. www.balticdeal.eu/
6. www.bigdutchman.com/en/pig-production/news/detail/optisec-new-slurry-drying-procedure-shows-convincing-results.html
7. www.bioenergyfarm.eu
8. www.feeco.com/manure-nutrient-recovery
9. www.fnea.pl



4.1. Znaczenie oszczędnej gospodarki wodą w ogrodnictwie i zapobieganie skażeniu wód

prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski, prof. dr hab. Waldemar Treder

Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice

Wstęp

Przy prawidłowej agrotechnice i w dobrych warunkach świetlnych, termicznych i glebowych głównym czynnikiem ograniczającym wielkość produkcji jest niedostatek wody. Zwiększenie wydajności oraz poprawę jakości plonowania można uzyskać stosując nawadnianie. Największym ograniczeniem w zwiększaniu powierzchni nawadniania upraw są dostępność i jakość wody. Jest to problem dotyczący nie tylko naszego kraju, ale także wielu rejonów świata. Im lepiej będziemy gospodarować skromnymi zasobami wody, tym większe powierzchnie upraw będzie można nawadniać. Polska ma jeden z najgorszych bilansów wodnych w Europie i dlatego racjonalna gospodarka wodna jest podstawowym czynnikiem wpływającym na przyszłość naszego rozwoju, a w szczególności produkcji ogrodniczej. Ograniczona dostępność wody słodkiej wymusza nie tylko rozwój techniki i technologii samego nawadniania, ale także oszczędne gospodarowanie wodą na etapie jej gromadzenia i przesyłu oraz poszukiwanie metod obniżenia parowania (ewaporacji) m.in. poprzez zastosowanie ściółek.

Optimalizacja wykorzystania wody

Optimalizacja wykorzystania wody to także dobór odpowiednich gatunków i odmian roślin uprawnych. W badaniach nad nawadnianiem coraz większy nacisk kładzie się na poznanie reakcji poszczególnych odmian roślin uprawnych wobec niekorzystnych czynników środowiska. Odmiany o mniejszych wymaganiach wodnych i/lub wyższej tolerancji na suszę mogą być przydatne na obszarach, gdzie istnieje ograniczony dostęp do źródeł wody lub w sytuacjach, gdzie oszczędności wynikłe z ograniczonego nawadniania będą równoważyć straty związane z obniżeniem plonu. Oszczędne gospodarowanie wodą w uprawie roślin ogrodniczych, której deficyt systematycznie pogłębia się w wyniku zmian klimatycznych ma decydujące znaczenie dla uzyskania wysokich i stabilnych plonów oraz zadawalających wyników ekonomicznych. Dotyczy to wszystkich rodzajów upraw, ze szczególnym wyróżnieniem upraw tych, które są prowadzone pod osłonami. W produkcji pod osłonami nawadnianie, a także fertygacja (nawadnianie wraz z nawożeniem), jest jednym z najważniejszych

zabiegów agrotechnicznych. Od prawidłowego nawadniania jest zależny wzrost, rozwój roślin oraz jakość uzyskanego plonu. Dla większości upraw pod osłonami jedynym źródłem wody dla roślin jest tylko ta podawana przez system nawodnieniowy, dlatego stanowi główny czynnik limitujący wielkość produkcji. W przypadku upraw polowych duża zmienność warunków pogodowych stwarza konieczność uzupełniania niedoborów wody poprzez nawadnianie, które umożliwia też dotrzymanie optymalnych terminów wysiewu i sadzenia roślin, a także ich terminowy zbiór. Bardzo często zdarza się bowiem, że z powodu suszy producenci opóźniają wysiew lub sadzenie roślin, jak również opóźniają ich zbiór. Niedobór wody w glebie nie tylko istotnie obniża plonowanie roślin, ale także wpływa niekorzystnie na niektóre cechy jakościowe, które uwarunkowane są właściwym uwilgotnieniem gleby i dobrym zaopatrzeniem roślin w wodę w okresie wegetacji.

Wymagania wodne roślin ogrodniczych są bardzo zróżnicowane w zależności od gatunku, a także, od odmiany. Spośród roślin ogrodniczych najbardziej wrażliwe na niedobory wody w okresie wegetacji są rośliny warzywne, jagodowe uprawy sadownicze drzewa owocowe zaszczerpione na podkładkach karłowych oraz uprawy szkółkarskie. Do warzyw najbardziej wrażliwych na suszę należą: ogórek, cebula, sałata, rzodkiewka, seler, kalafior, brokuł, kapusta pekińska. Nieco mniej wrażliwe na niedobór wody są: kapusta brukselska, pomidor wiotkołodygowy, por, fasola szparagowa. Najmniejszą wrażliwość na suszę wykazują warzywa korzeniowe – marchew, pietruszka, burak ćwikłowy, chrzan a także pomidor wysokorosnący, groch i szparag (Kaniszewski 2005). Z roślin sadowniczych najbardziej wrażliwe na suszę są rośliny jagodowe, a zwłaszcza: truskawka, poziomka, malina, borówka wysoka oraz jabłoni szczepiona na podkładkach karłowych (Kaczmarczyk i Nowak 2006). Jabłoni jest pod względem gospodarczym najważniejszym gatunkiem wśród drzew owocowych uprawianych w Polsce. Dla optymalnego wzrostu i plonowania jabłoni wymagane jest około 650–750 mm opadów rocznie, przy czym nie suma rocznych opadów ma decydujący wpływ, ale ich rozkład w okresie wegetacji. W praktyce sadowniczej sumaryczne dawki nawodniania kropłowego w intensywnych sadach jabłoniowych wahają się od 30–180 mm. Grusza ma nieznacznie mniejsze od jabłoni potrzeby wodne, które szacuje się na 600–750 mm. Wy-

magania wodne śliw są podobne do wymagań jabłoni szczepionych na podkładkach karłowych. Niższe potrzeby wodne mają brzoskwinie i morele, co wynika przede wszystkim z krótszego czasu, który mija od początku wegetacji do zbioru owoców. Wiśnie i czereśnie mają mniejsze potrzeby wodne od innych gatunków drzew owocowych. Udają się w rejonach, gdzie suma roczna waha się od 500-600 mm. Gatunki te są bardzo wrażliwe na nadmiar wody w glebie, a szczególnie na zbyt wysoki poziom wody gruntowej. Nawet po stosunkowo krótkim okresie pełnego nasycenia przestworów glebowych wodą i braku dostępu powietrza, korzenie gniją, a drzewa giną. Duże potrzeby wodne roślin ogrodnich oraz ich wrażliwość na suszę wynikają ze słabo rozwiniętego systemu korzeniowego oraz wytwarzania dużej masy nadziemnej zużywającej w procesie transpiracji znaczne ilości wody.

Nawadnianie

Ilość wody potrzebna do nawadniania warzyw w sezonie wegetacyjnym zależy od gatunku rośliny, rodzaju gleby i warunków pogodowych. W naszych warunkach klimatycznych sezonowe normy nawodnień wahają się od 40 mm (400 m³ na 1 hektar) dla warzyw o mniejszych wymaganiach wodnych i krótkim okresie wegetacji do 150 mm (1 500 m³ na 1 hektar) i więcej dla warzyw o dużych wymaganiach wodnych i długim okresie wegetacji. Potrzeby wodne roślin są zróżnicowane w okresie ich wzrostu i rozwoju. Są okresy, w których rośliny wykazują szczególną wrażliwość na niedobór wody (tzw. okresy krytyczne), podczas których nawadnianie decyduje o wysokości plonu. Warzywa, których plonem są owoce lub nasiona, np.: pomidor, ogórek, warzywa strączkowe oraz warzywa uprawiane na nasiona wykazują największą wrażliwość na niedobór wody w glebie w fazie kwitnienia, tworzenia zawiązków owocowych i zawiązywania nasion. Warzywa, których plonem są: korzenie, liście, róże lub główki, jak to jest np.: u marchwi, sałaty, kalafiora lub kapusty największą wrażliwość na suszę wykazują w czasie przyrostu głównej masy plonu. Odpowiednią wilgotność gleby należy zapewnić także w okresie siewu i sadzenia warzyw. Warzywa uprawiane z siewu w czasie kiełkowania i wschodów wymagają optymalnej wilgotności gleby. Susza w tym okresie może powodować opóźnienie i nierównomierne wschody nasion. Nawadnianie powinno się stosować raczej przed wysiewem nasion (3-4 dni przed). Nawadnianie po siewie, zwłaszcza na glebach cięższych, zlewnych i zaskorupiających się może powodować utrudnianie wschodów, a przy niskiej temperaturze powoduje wymakanie i gnicie nasion. Warzywa uprawiane z rozsady powinno się nawadniać bezpośrednio po posadzeniu w pole, wówczas dobrze się przyjmują i ukorzeniają. Wymaganą dla danego gatunku warzyw ilość wody w sezonie wegetacyjnym dostarcza się w kilku dawkach. Wielkość jednorazowej dawki zależy od pojemności wodnej gleby oraz zamierzonej głębokości zwilżania. Na glebach lekkich, o małej pojemności wodnej, zalecane są mniejsze dawki wody, niż na glebach ciężkich, których pojemność wodna jest znacznie większa. Podana jednorazowo ilość wody powinna zwilżyć warstwę gleby, w której znajduje się główna masa korzeniowa roślin. W zależności od gatunku, główna masa korzeni znajduje się w warstwie od 20 do 50 cm. Zwilżenie takiej warstwy wymaga od 10 do 40 mm opadu, czyli od 100 do 400 m³ wody na hektar. Także rośliny sadownicze charakteryzują się stosunkowo wysokimi wymaganiami wodnymi. Potrzeby wodne roślin zależą od ich cech gatunkowych, fazy rozwojowej, zagęszczenia roślin oraz przebiegu pogody. Natężenie promieniowania słonecznego, temperatura i niedosyt wilgotności

powietrza – to parametry pogodowe wpływające na wielkość parowania z powierzchni roślin i gruntu (ewapotranspiracja). W naszym klimacie maksymalna ewapotranspiracja przypada na lipiec i sierpień, a wtedy zazwyczaj występują okresy bezopadowe. Susza wiosenna i wczesno letnia ogranicza wzrost drzew i ma istotny wpływ na utrzymanie odpowiedniej liczby zawiązków owocowych na drzewie. Brak deszczu w okresie opadu czerwcowego wpływa istotnie na zrzucanie zawiązków, szczególnie u jabłoni szczepionych na podkładkach karłowych. Konsekwencją zbyt wysokiego opadu czerwcowego jest oczywiście niższy plon, nawet gdy w dalszej części sezonu wegetacyjnego występuje dostateczna ilość opadów. Susza w okresie silnego wzrostu pędów ogranicza wielkość roślin, co jest skorelowane z wysokością plonowania w następnym sezonie wegetacji. Natomiast susza w okresie intensywnego wzrostu owoców może znacznie ograniczyć ich wielkość, co wpływa nie tylko na wysokość plonu, ale także na uzyskiwane ceny. Drzewa i krzewy owocowe rozwijają się najlepiej, gdy wilgotność gleby jest bliska połowej pojemności wodnej (PPW). Jest to ilość wody, jaka może być zatrzymana w glebie po około dwu dniach od ustąpienia intensywnych opadów lub nawadniania. Zapewnienie uprawom sadowniczym optymalnej wilgotności gleby ma szczególnie duże znaczenie w okresie intensyfikacji nasadzeń, przy uprawie roślin o płytkim i niezbyt rozległym systemie korzeniowym. Z powodu suszy cierpią wszystkie rodzaje nasadzeń sadowniczych, jednak w przypadku roślin młodych negatywny wpływ braku wody w glebie jest najsilniejszy. Warunki przyjęcia się i wzrostu drzew i krzewów owocowych w pierwszym roku po posadzeniu mają wpływ na ich wzrost i plonowanie w latach następnych. Siła wzrostu i odporność na suszę drzew owocowych jest wypadkową cech podkładki i odmiany szlachetnej. Podstawową przyczyną wrażliwości intensywnych sadów na niedobory opadów jest słabszy system korzeniowy podkładek karłowych oraz konkurencja pomiędzy poszczególnymi drzewami o wodę, wynikająca z dużego ich zagęszczenia. Analiza potrzeb wodnych drzew owocowych wykazała, że wysokość plonu jest ściśle skorelowana z dostępnością wody glebowej. Jednostkowe zużycie wody na wyprodukowanie 1 kg owoców jest bardzo wysokie – w naszych warunkach klimatycznych w przypadku jabłoni wynosi około 250 l/kg. Ze względu na intensywność upraw prowadzonych pod osłonami, stosowanie podłoży bezglebowych oraz często dużą koncentrację obiektów, uprawy tego rodzaju stanowią potencjalne zagrożenie dla jakości wód powierzchniowych i gruntowych. Dlatego podstawowym celem nowych technologii upraw prowadzonych pod osłonami jest częściowe lub całkowite zamknięcie obiegu wody. Wprowadzenie obiegu zamkniętego istotnie wpływa na zwiększenie efektywności wykorzystania wody i znacznie obniża możliwości skażenia środowiska. Niesie jednak za sobą zagrożenia dla prowadzonych upraw. Są to przede wszystkim nadmierny wzrost zasolenia pożywki, niekorzystne zmiany w jej składzie oraz zagrożenie skażenia pożywki różnego rodzaju patogenami. W uprawach tego rodzaju bardzo często wykorzystuje się wodę deszczową, która ma naturalnie bardzo niską zawartość soli i jest wolna od patogenów. Wprowadzenie zamkniętego obiegu pożywki jest kosztowne, ponieważ wymaga zastosowania automatyki oraz nowoczesnych technologii filtracji, uzdatniania i dezynfekcji pożywki. W przypadku polowych upraw ogrodnich istnieje także niebezpieczeństwo skażenia wód stosowanymi w produkcji nawozami mineralnymi. Jest to jednak znacznie mniej prawdopodobne, kiedy stosujemy się do zasad integrowanej produkcji. Samo stosowanie nawadniania kroplowego i prawidłowa fertygacja (nawożenie wraz z nawadnianiem) także ma wpływ na ograniczenie skażenia wód.

4.2. Współczesne trendy w nawadnianiu i nawożeniu w produkcji ogrodniczej

prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski, prof. dr hab. Waldemar Treder

Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice

Wstęp

Podstawowym celem stosowania nawadniania jest utrzymanie optymalnej wilgotności gleby i podłoża ogrodnictwa. Rodzaj zastosowanego systemu nawodnieniowego musi odpowiadać wymaganiom agrotechnicznym roślin przy spełnieniu warunku oszczędnego gospodarowania wodą i energią. Głównym celem stosowanych obecnie rozwiązań technicznych i technologii nawadniania jest ograniczenie zużycia wody, energii i materiałów przy zwiększeniu efektywności nawadniania (Treder 2011). Tak sformułowany cel jest wykładnią dla prowadzonych prac konstrukcyjnych, koncentrujących się na udoskonaleniu już istniejących oraz opracowaniu nowych rozwiązań technicznych.

Metody nawadniania

Podstawowe metody nawadniania, stosowane w polowych uprawach ogrodnictwa, to: zraszanie (deszczowanie), minizraszanie i systemy kropłowe. Pod osłonami, poza minizraszaniem i nawadnianiem kropłowym, są stosowane systemy podsiąkowe i zalewowe. Wybór rodzaju systemu nawodnieniowego zależy od wymagań agrotechnicznych roślin, zastosowanej technologii uprawy oraz dostępności wody i energii. Spośród wielu znanych sposobów nawadniania największe zastosowanie znalazło deszczowanie, a w ostatnich latach, na coraz większą skalę, jest stosowane również nawadnianie kropłowe. Systemy kropłowe używane są powszechnie w uprawach pod osłonami prowadzonych w warstwie mineralnej oraz podłożach inertnych, jak i w uprawach sadowniczych. Zakup i instalacja urządzeń do nawadniania ogrodnictwa upraw polowych jest inwestycją dość kosztowną, ale w razie wystąpienia suszy, koszty tej inwestycji mogą się zwrócić w przeciągu jednego roku. W przypadku upraw prowadzonych pod osłonami w ogóle nie ma możliwości prowadzenia produkcji bez stosowania nawadniania. Wybór odpowiedniego systemu jest z kolei uzależniony od zasobów wodnych gospodarstwa, gatunków uprawianych roślin oraz technologii uprawy.

Systemy deszczownic

W polowej uprawie warzyw najczęściej są stosowane systemy deszczownic, które imitują opad deszczu. Aby uzyskać prawidłową pracę deszczownicy, ciśnienie robocze dla zraszaczy obrotowych wynosi od około 0,25 do 1,0 MPa, w zależności od średnicy dyszy zraszacza. Zapewnienie wysokiego ciśnienia roboczego dla prawidłowej pracy zraszaczy, wiąże się z dużym jednostkowym zapotrzebowaniem na wodę. Dla najczęściej stosowanych w uprawie warzyw zraszaczy, których średnica dysz wynosi od 4 do 12 mm, wydatek wody wynosi od 0,8 do 12,2 m³/h. Przy najczęściej stosowanych rozstawach zraszaczy (od 12 x 12 do 24 x 24 m) intensywność deszczowania wynosi od 6 do 12 mm/h, a więc jednostkowe zapotrzebowanie na wodę wynosi od 60 do 120 m³/ha/h. Duże jednostkowe zużycie wody w czasie deszczowania wymaga zapewnienia odpowiednio wydajnego źródła wody, wydajnych agregatów pompowych oraz rur o odpowiednio dużych przekrojach, a w związku z tym koszt deszczowania jest stosunkowo wysoki. Tego rodzaju systemy są używane także do ochrony roślin sadowniczych przed przymrozkami wiosennymi oraz do nawadniania szkółek kontenerowych. Alternatywą dla wysokociśnieniowych systemów deszczownic są deszczownie niskociśnieniowe, w których stosuje się zraszacze o małej wydajności. Przykładem deszczowni niskociśnieniowej jest deszczownia szpulowa konsolowa lub niskociśnieniowa deszczownia przetaczana. Deszczownie tego rodzaju są wyposażone w zraszacze nasadkowe o średnicy dyszy 3-6 mm, umieszczonych na belce deszczującej w odległości co 0,5-1,0 m, które pracują prawidłowo już przy ciśnieniu roboczym 0,08-0,15 MPa. Bardzo często dla uzyskania lepszej równomierności nawadniania zraszacze są wyposażone dodatkowo w indywidualne regulatory ciśnienia. Obniżenie ciśnienia roboczego pozwala na znaczne oszczędności wody i energii. Zaletą tego typu deszczowni jest również równomierny rozkład wody na powierzchni pola, mała wrażliwość na działanie wiatru, niska intensywność opadu oraz możliwość dokładnego deszczowania pola w kształcie kwadratu lub prostokąta. Innym rozwiązaniem deszczowni niskociśnieniowych są deszczownie przenośne lub półstałe wyposażone w specjalnie skonstruowane zraszacze ob-

rotowe (np. młoteczkowe, „młoteczkowe turbo”, „ball-driven”) o małym wydatku wody (120-300 l/h) i pracujące prawidłowo przy niskim ciśnieniu roboczym 0,15-0,25 MPa. Zraszacze są montowane na metalowych prętach (lub plastikowych wspornikach) wciskanych w glebę i połączone z plastikową rurą zasilającą za pomocą wężyka o średnicy od 5 do 12 mm. Do połączeń wykorzystuje się różnego rodzaju szybkozłączki. Przy uprawie roślin wysokich zraszacze są instalowane na odpowiednio wysokich przedłużkach. Rury zasilające, do których są podłączone zraszacze, wykonane z polietylenu (PE). Mają średnicę 25, 32, 40 lub 50 mm. W zależności od rodzaju zraszacza są montowane w rozstawie od 4 x 4 m do 8 x 8 m. Przy takim rozstawie zraszaczy i podanym wcześniej zakresie ciśnień, intensywność opadu wynosi od 2,5 do 6,0 mm/h. Różnego rodzaju belki i suwnice zraszające, wyposażone w minizraszacze, są stosowane do nawadniania kontenerowych szkółek roślin ozdobnych oraz w produkcji szkółkarskiej pod osłonami. Systemy tego rodzaju mogą służyć jednocześnie do nawadniania, nawożenia (fertygacji), a przy zastosowaniu odpowiednich dysz, umożliwiają prowadzenie chemicznej ochrony roślin. Innowacyjnym rozwiązaniem jest połączenie deszczownicy przetaczanej i systemu kropłowego. Rozwiązanie polega na przetaczaniu, wzdłuż rzędów nawadnianych roślin, kilkumetrowych odcinków specjalnych wysokowydajnych linii kropłujących, których zadaniem jest nawodnienie pasa gleby, bezpośrednio w pobliżu roślin. Taki system można by było nazwać „mobilnym systemem kropłowym”. Stosowane obecnie deszczownie mobilne są sterowane zdalnie, a dla zwiększenia precyzji pozycjonowania wykorzystują system GPS. Pozwala to precyzyjnie zmieniać dawki wody, w zależności od położenia deszczownicy oraz informacji o aktualnej wilgotności gleby. Do nawadniania roślin sadowniczych i tych pod osłonami są stosowane także minizraszacze. W przypadku upraw roślin sadowniczych minizraszanie polega na zraszaniu powierzchni gleby tylko w pobliżu roślin. Woda jest podawana przez małe emiter, wykonane z tworzywa sztucznego, minizraszacze o wydatku od 20 do 200 l/h. Zależnie od rodzaju zastosowanej wkładki uderzeniowej, minizraszacze podają wodę w postaci kropel lub strumieni. Rodzaj zastosowanej wkładki wpływa także na kształt zwilżanej powierzchni. W celu zwiększenia równomierności nawadniania i możliwości instalowania długich ciągów nawodnieniowych, stosuje się coraz częściej minizraszacze wyposażone w regulator przepływu. Zraszacze typu mini mają stały wydatek wody w szerokim zakresie ciśnień. Najnowsze rozwiązania to minizraszacze pulsacyjne o wydatku wody od 2 do 12 l/h. Tak niewielki jednostkowy wydatek umożliwia zastosowanie minizraszania pulsacyjnego, nawet przy bardzo ograniczonych możliwościach źródła wody. Trzeba jednak pamiętać, że konsekwencją niskiej intensywności nawadniania jest wydłużenie czasu jego prowadzenia. Minizraszacze są wykorzystywane także do ochrony roślin przed przymrozkami wiosennymi, a w szklarniach i tunelach foliowych – do zraszania roślin, obniżania temperatury lub podnoszenia wilgotności powietrza. Minizraszacze mogą być wyposażone w dodatkowy element (antykapacz), który przepuszcza wodę tylko powyżej określonego ciśnienia (np. 0,1 MPa.). Rozwiązanie to pozwala na jednoczesny start pracy wszystkich emiterów, jak też zabezpiecza rośliny przed wykapywaniem wody ze zraszaczy po zamknięciu zaworu.

Nawadnianie kropłowe

Systemem wodooszczędnym jest nawadnianie kropłowe, które jest stosowane w uprawie pod osłonami, w uprawach roślin sadowniczych i ozdobnych, a także – coraz powszechniej – w polowej uprawie warzyw. Stanowi system nawadniania o znacznie mniejszym jednostkowym zapotrzebowaniu na wodę, w porównaniu do systemu deszczownianego. Ciśnienie robocze potrzebne do pracy systemu kropłowego jest znacznie niższe niż w systemie deszczownianym i wynosi od około 0,02 do 0,25 MPa – w zależności od rodzaju emiterów. Mniejsze zapotrzebowanie na wodę oraz niższe ciśnienie, potrzebne do pracy systemu, umożliwiają zastosowanie pomp o mniejszej wydajności oraz przewodów rozpraszających i innych akcesoriów o mniejszej średnicy – co obniża koszty całego systemu. Oszczędności wody wynikają również ze zwilżenia stosunkowo niewielkiej powierzchni gleby, co ogranicza straty wody przez parowanie. Natomiast stosowanie małych dawek wody ogranicza straty spowodowane odpływem wody poza zasięg systemu korzeniowego roślin. Dzięki temu oszczędność wody może dochodzić do 40%, w porównaniu do innych systemów nawadniania. Ze względu na swe niewątpliwe zalety systemy nawadniania kropłowego są stosowane już powszechnie we wszystkich działach produkcji ogrodniczej. Najważniejsze zalety systemów kropłowych to: oszczędne gospodarowanie wodą, niskie zapotrzebowanie na energię, całkowite wyeliminowanie zraszania liści podczas nawadniania, możliwość wykonywania prac agrotechnicznych w trakcie nawadniania, a także możliwość nawadniania nawet w trakcie bardzo silnego wiatru. Podstawowym elementem każdej instalacji nawodnieniowej jest emiter (kropłownik). Na rynku mamy bardzo wiele rozwiązań technicznych znacznie różniących się budową i wielkością, jednak podstawowym warunkiem jakościowym oceny emiterów kropłowych jest równomierność wydatku wody. Bardzo praktycznym rozwiązaniem są emiter, z tzw. kompensacją ciśnienia (PC – *pressure compensated*), gdzie uzyskujemy stały wydatek wody w bardzo szerokim zakresie ciśnień (0,05–0,25 MPa). Tutaj także mamy różne rozwiązania techniczne i wielkości kropłowników. Jednak w każdym przypadku stały wydatek wody jest uzyskiwany poprzez odpowiednią pracę membrany umieszczonej wewnątrz kropłownika. Jeszcze nowocześniejszą konstrukcją są emiter kompensujące, które emitują wodę dopiero powyżej określonego minimalnego ciśnienia pracy (CNL – *compensated non-leak*). Kropłowniki tego typu mają podobną budowę do tych z kompensacją ciśnienia. Jednak w ich przypadku zadaniem membrany jest nie tylko regulowanie ilości wypływającej wody z kropłownika, ale także przemykanie otworu wylotowego z emitera, jeśli ciśnienie spadnie poniżej zakładanego poziomu (zazwyczaj 0,02–0,05 MPa). Emiter typu CNL wykorzystuje się przede wszystkim pod osłonami do nawadniania upraw prowadzonych w podłożach inertych. W przypadku upraw polowych są stosowane przede wszystkim do nawadniania winorośli. Emiter kropłowe mogą być ręcznie lub automatycznie montowane na przewodach polietylenowych. W uprawach polowych powszechnie są stosowane linie i taśmy kropłujące, w których emiter, są montowane wewnątrz przewodów już w czasie technologii produkcji. Wprowadzenie linii kropłujących spowodowało prawdziwą rewolucję w rozwoju polowych instalacji kropłowych. Ten rodzaj emiterów pozwala na bardzo łatwe i szybkie rozkładanie nawierzchniowej instalacji nawadniającej. Na świecie, za pomocą linii kropłujących, nawadnia się nie tylko uprawy

warzywnicze, kwaciarskie i sadownicze, ale nawet rolnicze (np. kukurydzę, słonecznik, ziemniaki itd.). Linie kroplujące są wykorzystywane także do nawadniania terenów zieleni. Linie kroplujące umieszczamy na powierzchni gruntu, podwieszamy ponad glebą (drzewa owocowe) lub w miarę potrzeb umieszczamy pod powierzchnią gruntu (warzywa, rośliny jagodowe). W przypadku zastosowania linii kroplujących do nawadniania wglębnego lub do nawadniania upraw rocznych proces rozwijania i związania przewodów jest prowadzony za pomocą specjalistycznych maszyn.



Fot. 4.1. Kroplowe nawadnianie marchwi. Autor: S. Kaniszewski

Nawożenie

W polowej, integrowanej uprawie roślin ogrodniczych nawożenie ustala się na podstawie: potrzeb pokarmowych roślin, oczekiwanego plonu, rodzaju gleby, jej zasobności w składniki pokarmowe oraz miejsca w płodozmianie. W bilansie składników po stronie przychodów uwzględnia się składniki pochodzące z nawozów (naturalnych, organicznych i mineralnych), z przyorywanych nawozów zielonych i resztek poźniwnych, a w przypadku azotu również azot z mineralizacji próchnicy glebowej. Po stronie rozchodów uwzględnia się składniki zabierane z plonem roślin (zawarte w plonie głównym i ubocznej masie roślinnej wywożonej z pola). Bilans azotu nie może być zrównoważony, gdyż występują nieuniknione straty tego składnika na skutek ulatniania się jego gazowych związków (denitryfikacja) oraz wymywania do głębszych warstw gleby. Jednak powinien

on być zawsze dodatni, gdyż po uprawie musi pozostać w glebie pewna ilość azotu, jako rezerwa dla utrzymania odpowiedniej aktywności biologicznej gleby. Ważnym jest, aby ta rezerwa nie była zbyt duża, gdyż grozi to wypłukiwaniem jego nadmiaru i zanieczyszczeniem wód gruntowych. Bezpieczna rezerwa dla azotu wynosi 30 kg N/ha. W przypadku fosforu i potasu bilans tych składników może być zrównoważony na glebach o średniej zasobności, natomiast na glebach o zbyt niskiej zawartości zaleca się stosowanie dawek wyższych o około 50% w stosunku do ich pobrania przez rośliny, aby nie nastąpiło zbyt szybkie wyczerpanie gleby w te składniki. Natomiast na glebach o bardzo wysokiej zasobności dawki należy zmniejszyć o około 50% w stosunku do pobrania. Należy unikać nadmiernego nawożenia, ze względu na koszty oraz zanieczyszczenie środowiska. Składniki pokarmowe stosowane w ilościach przekraczających możliwości pobrania ich przez rośliny, ulegają wymywaniu i zanieczyszczają wody powierzchniowe oraz gruntowe. Ponadto składniki mineralne mogą być przez rośliny pobierane i gromadzone w nadmiernych ilościach, powodując u wielu gatunków wysoką zawartość azotanów oraz potasu w częściach jadalnych, co obniża jakość plonu i jego wartość odżywczą. Rośliny sadownicze mają stosunkowo małe potrzeby pokarmowe (w odniesieniu do roślin rolniczych i niektórych warzyw). Tak jak w przypadku roślin warzywnych i ozdobnych nawożenie roślin sadowniczych opiera się na zasobności gleby, znajomości potrzeb pokarmowych roślin oraz analizy liści. Podstawową różnicą jest jednak to, że uprawy sadownicze są wieloletnie. Dlatego bardzo ważnym jest doprowadzenie do optymalnej zasobności gleby jeszcze przed sadzeniem drzew. Dotyczy to szczególnie fosforu, który charakteryzuje się bardzo słabą mobilnością w glebie. Poza analizą gleby przeprowadzoną przed rozpoczęciem uprawy regularne analizy gleby powinny być prowadzone co 3-4 lata. Wielkość stosowanych dawek jest uzależniona więc od oceny siły wzrostu drzew i ich plonowania, wartości granicznych zawartości składników mineralnych w glebie (tabela 4.1.) oraz liczb granicznych zawartości składników w liściach roślin.

Tabela 4.1. Wartości graniczne zawartości fosforu (P), potasu (K) i magnezu (Mg) w glebie oraz wysokość dawki do stosowania przed założeniem sadu/plantacji lub w trakcie prowadzenia upraw. Według Sadowskiego i współautorów. Źródło: Wójcik i inni 2014

Wyszczególnienie	Klasa zasobności		
	niska	średnia	wysoka
Dla wszystkich gleb:	Zawartość fosforu (mg P · kg ⁻¹)		
warstwa orna	<20	20–40	>40
warstwa podorna	<15	15–30	>30
Nawożenie:	Dawka fosforu (kg P ₂ O ₅ · ha ⁻¹)		
przed założeniem sadu	300	100–200	-
przed założeniem plantacji	100	100	-

Wyszczególnienie	Klasa zasobności		
	niska	średnia	wysoka
Dla wszystkich gleb:	Zawartość fosforu (mg P · kg ⁻¹)		
Warstwa orna:	Zawartość potasu (mg K kg ⁻¹)		
<20% części spławialnych	<50	50–80	>80
20-35% części spławialnych	<80	80–130	>130
>35% części spławialnych	<130	130–210	>210
Warstwa podorna:	Zawartość potasu (mg K kg ⁻¹)		
<20% części spławialnych	<30	30–50	>50
20-35% części spławialnych	<50	50–80	>80
>35% części spławialnych	<80	80–130	>130
Nawożenie:	Dawka potasu (kg K ₂ O · ha ⁻¹)		
przed założeniem sadu lub plantacji porzeczek i agrestu	150–300	100–200	-
przed założeniem plantacji malin i truskawek	100–180	60–120	-
w owocującym sadzie lub plantacji	80–120	50–80	-
Dla obu warstw gleby:	Zawartość magnezu (mg Mg · kg ⁻¹)		
<20% części spławialnych	<25	25-40	>40
≥20% części spławialnych	<40	40-60	>60
Nawożenie:	Dawka magnezu (g MgO m ⁻²)		
przed założeniem sadu/plantacji	wynika z potrzeb wapnowania		-
w owocującym sadzie/plantacji	12	6	-
Dla wszystkich gleb niezależnie od warstwy gleby	Stosunek K : Mg		
	bardzo wysoki	wysoki	poprawny
	>6,0	3,6-6,0	3,5

Dodatkową trudnością w ustaleniu dawek nawożenia jest to, że w częściach szkieletowych drzew także są zgromadzone składniki pokarmowe, które mogą być zużywane w latach

o ograniczonym dostępie składników mineralnych w glebie. Ze względu na to, że wraz z wodą rośliny pobierają rozpuszczone w niej związki mineralne nawadnianie powinno być ściśle związane z nawożeniem. Wyposażenie uprawy w instalację nawodnieniową daje możliwość stosowania fertygacji – podawania nawozów wraz z wodą. Optymalizacja nawożenia płynną pożywką wraz z nawadnianiem polega na jak najbardziej oszczędnym gospodarowaniu wodą i nawozami. Podstawową zaletą tej techniki nawożenia jest dokładność i równomierność podawania pożywki. Nawozy są dostarczane tylko do zwilżonej bryły gleby lub podłoża – tam, gdzie rozwija się najbardziej aktywna część systemu korzeniowego. Wysoka potencjalna efektywność fertygacji wynika z możliwości stosowania optymalnego stężenia pożywki nawozowej oraz większego zagęszczenia korzeni w strefie zwilżanego podłoża. Stosowanie fertygacji otwiera możliwości tworzenia programów nawożenia, opartych nie o dotychczas stosowane dawki nawozów, lecz o optymalne dla roślin stężenie i proporcje pomiędzy poszczególnymi składnikami znajdującymi się w roztworze glebowym. Fertygacja, tworząc w obrębie strefy korzeniowej roślin optymalną koncentrację dostarczanych jonów, powoduje efektywniejsze ich wykorzystanie, dając jednocześnie potencjalną możliwość zsynchronizowania aplikacji nawozów z potrzebami roślin. Ilość i stężenie podawanych nawozów powinno być uzależnione od wieku i fazy rozwojowej roślin oraz od przebiegu pogody. Te wszystkie założenia teoretyczne mogą być wprowadzone do praktyki tylko po przeprowadzeniu wielu żmudnych badań agrotechnicznych. W chwili obecnej fertygacja jest powszechnie stosowana w uprawie roślin pod osłonami. W przypadku tzw. upraw bezglebowych jest to praktycznie podstawowy sposób nawożenia. Każde nawadnianie jest jednocześnie nawożeniem. Nawożenie z nawadnianiem coraz częściej stosuje się także w uprawach polowych. Jest tu nawet tendencja prowadzenia upraw w tzw. systemie otwartej hydroponiki (*Open Hydroponics*), gdzie dzięki regularnej fertygacji w roztworze glebowym są utrzymywane założone stężenia makro i mikroelementów. Potencjalne zalety stosowania fertygacji będą mogły być jednak osiągnięte tylko poprzez użycie odpowiednich metod diagnostycznych. Niezbędna jest tu diagnostyka „dynamiczna” za pomocą której można podejmować decyzje o zastosowaniu, odpowiedniego programu nawożeniowego. Nawadnianie kropłowe ma istotny wpływ na rozwój systemu korzeniowego roślin i jego rozmieszczenie w profilu glebowym. Najwięcej korzeni gromadzi się w pobliżu źródła wody i nie przerasta do głębszych warstw profilu glebowego. Ten sposób rozmieszczenia korzeni nie jest dostosowany do tradycyjnego nawożenia co może być przyczyną niedostatecznego stanu odżywienia roślin. Nawozy azotowe i potasowe mogą być rozprowadzane w formie płynnej poprzez fertygację kropłową. Zazwyczaj część dawki azotu i potasu (około 1/3) stosuje się przedwegetacyjnie, natomiast pozostałą część – głównie wraz z kropłowym nawadnianiem. Stosowanie nawożenia poprzez system kropłowy obniża koszty pracy, energii i wyposażenia w porównaniu do konwencjonalnych metod oraz zwiększa efektywność wykorzystania nawozów, ponieważ można dostosować ilość składników pokarmowych do fazy rozwojowej roślin. Do nawożenia płynnego nadają się nawozy całkowicie rozpuszczalne w wodzie (płynna saletra amonowa oraz saletry: wapniowa, potasowa i magnezowa). Płynne nawożenie, poprzez lepsze wykorzystanie składników



Autor: W. Szymański

pokarmowych, wpływa na wzrost plonu, zmniejszenie zużycia nawozów oraz zmniejsza zanieczyszczenie wód gruntowych. W obiektach pod osłonami jest prowadzona tradycyjna uprawa w gruncie, a obecnie w większości nowoczesnych obiektów szklarniowych warzywa, kwiaty, a także rośliny jagodowe są uprawiane metodami bezglebowymi. W tradycyjnej uprawie w gruncie nawożenie stosuje się na podstawie analizy gleby, określając pH, zasolenie oraz zawartość podstawowych składników pokarmowych. Część składników pokarmowych jest stosowana przedwegetacyjnie, natomiast pozostała część głównie w formie fertygacji przy każdym nawadnianiu. Przy fertygacji upraw w gruncie pod osłonami należy stosować stężenia hydroponiczne składników pokarmowych – tak, jak w przypadku upraw bezglebowych, w ramach których wyróżnia się uprawy: hydroponiczne bez podłoża (hydroponika stagnująca, cienkowarstwowe kultury przepływowe – NFT, aeroponika) oraz hydroponiki z podłożami (mineralnymi, syntetycznymi i organicznymi). Wszystkie

te metody wymagają systematycznego nawadniania wraz z dozowaniem kompletnych pożywek, w których zawartość składników pokarmowych musi być dostarczona w odpowiednich proporcjach, w zależności od fazy rozwojowej roślin oraz odmiany. W uprawach tych należy precyzyjnie ustalać skład pożywek oraz właściwie je dozować. Rośliny dla prawidłowego wzrostu i rozwoju potrzebują 16 podstawowych składników, które pobierają z powietrza, wody i nawozów. Przy obliczaniu składu pożywek należy uwzględnić wszystkie składniki zawarte w wodzie. Trzeba zwrócić szczególną uwagę na pH oraz zawartość wapnia, magnezu, siarczanów i chlorków. Ogólna ilość soli w wodzie do nawadniania nie powinna przekraczać $160 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ dla roślin bardzo wrażliwych oraz $800 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ dla roślin tolerujących wysokie zasolenie. Koncentrację składników pokarmowych w pożywce mierzy się przewodnictwem właściwym roztworu jako EC i wyraża w mS cm^{-1} . Przeciętne zawartości składników pokarmowych w pożywkach hydroponicznych wynoszą od 0,5 do 4,5 mS

cm⁻¹. Pożywki do upraw hydroponicznych mogą być przygotowywane w stężeniach odpowiadającym potrzebom pokarmowym roślin – są to tzw. roztwory robocze. Nawożenie w podłożowych technologiach bezglebowych odbywa się w systemach otwartych lub zamkniętych. W systemie otwartym nadmiar pożywki, służący do przepłukiwania podłoża, przecieka bezpośrednio w głąb gruntu, a w szklarniach z posadzką betonową odpływa do ścieków (kanalizacji). W układzie zamkniętym nadmiar pożywki jest zbierany i powtórnie wykorzystywany do nawożenia. W Polsce systemy zamknięte z recyrkulacją pożywki są stosowane jedynie w nowoczesnych metodach produkcji rozsad roślin warzywnych na stołach i posadzkach zalewowych, hydroponicznej uprawie sałaty, a także w produkcji niektórych roślin ozdobnych. Podstawową trudnością przy stosowaniu recyrkulacji pożywki jest właściwe zbilansowanie wszystkich składników pokarmowych. Zaletą układu zamkniętego z recyrkulacją pożywki jest oszczędność wody i nawozów oraz ochrona przed zanieczyszczeniem gleby i wód gruntowych. Obecny rozwój elektrotechniki pozwala na tworzenie i rozwijanie skomputeryzowanych systemów sterowania nawadnianiem. Urządzenia te współpracują z szeroką gamą czujników mierzących: wilgotność i zasolenie gleby lub podłoża, parametry klimatu oraz parametry morfologiczne i fizjologiczne roślin. Zwiększenie efektywności wykorzystania wody do nawadniania wymaga wprowadzenia do praktyki precyzyjnych metod sterowania. Termin nawadniania może być wyznaczany na podstawie trzech grup kryteriów:

- kryteria glebowe – termin nawadniania jest ustalany na podstawie pomiaru wilgotności lub potencjału wodnego gleby. Wbrew pozorom, ze względu na niejednorodność materii, określenie prawidłowego pomiaru wilgotności gleby jest zadaniem bardzo trudnym;
- kryteria roślinne – w tym przypadku potrzeby nawadniania ustalamy na podstawie stanu fizjologicznego roślin. Prace naukowe koncentrują się tu na rozwoju urządzeń do pomiaru, stanu uwodnienia roślin, a nawet intensywności przepływu wody przez tkanki przewodzące. Bardzo ważnym elementem tych prac jest kalibracja czujników wraz z opracowaniem zaleceń do stosowania ich w praktyce;
- kryteria klimatyczne – są oparte na założeniach, że zużycie wody jest determinowane przebiegiem pogody i fazą rozwojową roślin. Celem prac badawczych prowadzonych w tej grupie tematycznej jest rozwój modeli matematycznych służących do wyznaczania potrzeb wodnych roślin na podstawie przebiegu pogody. Rozwijane są tu także stacje pomiarowe, które automatycznie wyznaczają wartość ewapotranspiracji na podstawie danych pomiarowych.

Jednym z bardzo nowoczesnych rozwiązań są sterowniki kontrolujące nawadnianie na podstawie szacowanej ewapotranspiracji. Obecnie coraz powszechniej jest stosowane bezprzewodowe przesyłanie danych, wykorzystujące łączność radiową lub *General Packet Radio Service* (GPRS). Możliwe jest zatem zdalne kontrolowanie warunków uprawy. Postęp w technikach pomiarowych, obliczeniowych i informatycznych wpłynął na znaczny wzrost jakości, a przez to przydatności prognoz pogody. Dziedziną gospodarki, szczególnie zależną od przebiegu pogody jest rolnictwo. Dlatego też często prognozy agrometeorologiczne są elementem składowym całego systemu wspomagania decyzji, związanych z agrotechniką roślin. Zawory w instalacji nawodnieniowej mogą być otwierane ręcznie lub automatycznie. Do sterowania automatycznego wykorzystujemy różnego rodzaju sterowniki nawodnieniowe od najprostszych, stosowanych zazwyczaj w ogródkach przydomowych oraz uprawach polowych, po urządzenia bardzo zaawansowane, wykorzystywane głównie pod osłonami. Najprostsze sterowniki stosowane w terenie otwartym pozwalają na ustawienie długości i częstotliwości nawadniania. Najnowsze rozwiązania umożliwiają na prowadzenie nawadniania na podstawie szacowanej ewapotranspiracji. Sterowniki tego typu są wyposażone w stację meteorologiczną oraz moduł obliczeniowo sterujący.

Stacja meteo wraz z modułem obliczeniowo sterującym

Na podstawie pomiaru nasłonecznienia, temperatury, wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru wyznaczana jest aktualna ewapotranspiracja. W oparciu o wysokości ewapotranspiracji, pomiar opadów oraz wprowadzone do modułu sterującego parametry roślinne, glebowe oraz charakterystykę instalacji nawodnieniowej system sam dobiera dawki i częstotliwość nawadniania. Jest to więc rozwiązanie pozwalające na wysoki poziom optymalizacji wykorzystania wody nawodnieniowej. Bardzo nowoczesnym rozwiązaniem są także wirtualne sterowniki nawodnieniowe wykorzystujące GPRS. Kontroler tego typu składa się z jednostki wykonawczej, usytuowanej na obiekcie nawadnianym i wirtualnego oprogramowania umieszczonego na stronie WWW. Jednostki wykonawcze są zasilane z akumulatorów i baterii słonecznych. Pozwala to na sterowanie nawadnianiem w miejscach, gdzie nie ma dostępu do stałego zasilania energią elektryczną. Nawadnianie roślin uprawianych pod osłonami może być także prowadzone za pomocą pomiaru masy wybranej grupy roślin. Sterowniki tego rodzaju monitorują przebieg zmian masy systemu kontrolnego (na którym umieszczone są rośliny uprawne) uruchamiając nawadnianie przy przekroczeniu ustalonego progu. Dodatkowym elementem jest tu pomiar jakości i ilości drenażu.

4.3. Jakość wody do nawadniania i fertygacji, metody uzdatniania

prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski, prof. dr hab. Waldemar Treder

Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice

Wstęp

Jakość wody do nawadniania jest kluczowym elementem mającym wpływ na powodzenie w uprawie roślin ogrodniczych. Dotyczy to szczególnie producentów stosujących podłoża inertne, ale także tych uprawiających w gruncie. Źródła pozyskiwania wody determinują jej skład chemiczny.

Wody powierzchniowe

Woda pochodząca ze zbiorników otwartych (rzeki, jeziora, stawy) może mieć bardzo zmienny skład i odczyn. Podniesiony może być w niej poziom potrzebnych w uprawie roślin makro i mikro elementów, ale także sodu i chloru. W zależności od zlewni może zawierać różne toksyczne, przemysłowe zanieczyszczenia chemiczne. Stosując wodę ze zbiorników otwartych musimy pamiętać, że jej skład potrafi w ciągu roku znacznie się zmieniać. Woda ze zbiorników może zawierać duże ilości martwej i żywej materii organicznej (grzyby, glony, bakterie, gnijące części roślin) oraz zanieczyszczeń mechanicznych (piasek, części ilaste). Szczególnie bujny rozwój glonów obserwujemy w sztucznych zbiornikach, do których spływają wody pochodzące z przelewu. Zmienna w czasie jest także temperatura wód powierzchniowych – waha się ona w granicach 3–4°C zimą i 15–20°C latem. W przypadku cennych upraw jakość tej wody powinna być regularnie monitorowana.

Wody gruntowe

W zależności od poziomu występowania wody podziemne dzielimy na:

- wody gruntowe płytkie: wody, te znajdują się bezpośrednio w gruncie na małych głębokościach (do 8 m). Ilość tej wody jest zależna od ilości opadów atmosferycznych. Wody te mogą mieć zmienną w sezonie ilość rozpuszczonych soli

mineralnych, często też zawierają duże ilości mikroorganizmów, czasami bakterie chorobotwórcze. Wody gruntowe położone bardzo płytko są nazywane wodami zaskórnymi.

- wody gruntowe głębokie: wody takie zazwyczaj nie zawierają bakterii, natomiast są rozpuszczone w niej sole mineralne, znajdujące się w gruncie. Rozpuszczone w wodzie sole wapnia i magnezu powodują twardość wody. Zawarte w wodach gruntowych jony żelaza i manganu po zetknięciu z tlenem z powietrza tworzą osady, które mogą ograniczać przepływ emiterów kroplowych.
- wody gruntowe sztuczne: są to wody pochodzące z dużych zbiorników wodnych rzek, stawów lub jezior. Woda jest pobierana z niewielkiej odległości od tych zbiorników spod powierzchni gleby, gdzie dociera – na zasadzie filtracji – przez grunt. Właściwości takiej wody ściśle zależą od jakości wody zgromadzonej na powierzchni.

Jakość wody do nawadniania jest pojęciem bardzo szerokim, które powinno być rozpatrywane jednocześnie w kilku aspektach:

- bezpieczeństwa konsumenta;
- toksyczności dla roślin;
- wpływu na wygląd i jakość handlową plonu;
- prawidłowego działania instalacji nawodnieniowej;
- przygotowanie pożywki nawozowej;
- przed podjęciem decyzji o zastosowaniu wody do nawadniania określonej uprawy zawsze należy wykonać analizę chemiczną wody.

Woda używana do nawadniania nie powinna zawierać mikroorganizmów ani substancji szkodliwych dla zdrowia konsumentów. W wodzie mogą występować trzy grupy mikroorganizmów: właściwe bakterie wodne, bakterie glebowe – zazwyczaj nieszkodliwe dla człowieka; drobnoustroje ściekowe – chorobotwórcze dla człowieka. Do najważniejszych chorób przewodu pokarmowego, przenoszonych przez bakterie chorobotwórcze

żyjące w środowisku wodnym, należą: tyfus brzuszny, czerwotka oraz dur rzekomy. W wodach powierzchniowych stwierdzono także występowanie wirusów powodujących żółtaczkę zakaźną. Niebezpiecznym dla konsumentów świeżych owoców i warzyw może być deszczowanie plantacji wodą zawierającą bakterie chorobotwórcze. Wskaźnikiem biologicznego skażenia wody jest wykrycie bakterii pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*), która może wywołać biegunki. Obecność tej bakterii w wodzie świadczy o zanieczyszczeniu wody fekaliami i wskazuje na potencjalne niebezpieczeństwo występowania bakterii chorobotwórczych. Wskaźnik *Escherichia coli* to liczba bakterii grupy coli w 100 mililitrach wody. W wodzie pitnej wskaźnik ten nie powinien przekroczyć 0. Wskaźnik coli w wodzie do nawadniania owoców warzyw i owoców jagodowych, spożywanych stanie świeżym, nie powinien przekraczać 10. Zamiast wskaźnika coli podaje się często tzw. miano coli określające najmniejszą ilość wody, w której znajduje się jedna bakteria. Odpowiednie analizy powinny być przeprowadzone w jednostce do tego uprawnionej np. stacji sanitarno-epidemiologicznej.

Ważna jest także zawartość w wodzie pierwiastków i związków chemicznych szkodliwych dla ludzi, a łatwo akumulujących się w roślinach (dotyczy to głównie metali ciężkich, fenoli, detergentów itp. (tab. 4.2.).

Tabela 4.2. Dopuszczalne zawartości niektórych pierwiastków w wodzie do nawadniania wg normy krajowej PN-84(c-04635) - opracowanie własne

Pierwiastek	Dopuszczalna ilość [mg/l]
Arsen (As)	0,2
Bor (B)	0,5
Chlorki (Cl)	400
Cynk (Zn)	2,0
Fluor (F)	1,5
Glin (Al)	5
Kadm (Cd)	0,1
Nikiel (Ni)	1,0
Ołów (Pb)	0,1
Rtęć (Hg)	0,01
Siarczki (S)	0,1
Suma metali ciężkich	1,0

Bardzo ważnym aspektem jest także zawartość pestycydów w wodzie do nawadniania. Niestety, coraz częściej nie tylko wody powierzchniowe, ale także głębinowe, zawierają pestycydy. Nieświadome stosowanie do nawadniania takiej skażonej wody może być przyczyną wykazania przez laboratoria certyfikujące zawartości pestycydów nawet na obiektach, gdzie nie były one nigdy stosowane.

Toksyczność dla roślin

Większość uprawianych roślin jest wrażliwa na wysoką zawartość soli w środowisku korzeniowym. Wysokość zasolenie wody jest bardzo ważnym parametrem oceniającym jej przydatność do nawadniania. Ocenę zasolenia wody przeprowadza się za pomocą konduktometru, który określa przewodność elektryczną wody. Im wyższe jest zasolenie wody, tym wyższa jej przewodność elektryczna, którą określa się za pomocą jednostek wyrażonych w Siemensach na jednostkę odległości (np. mS/cm), (tab. 4.3.).

Tabela 4.3. Klasyfikacja zasolenia wody stosowanej do nawadniania - opracowanie własne

Stopień zasolenia	EC (mS/cm)	Zasolenie g/l NaCl
niski	< 0,25	< 0,16
średni	0,25–0,75	0,16–0,48
wysoki	0,75–2,25	0,48–1,44
Bardzo wysoki	>2,25	>1,44

Orientacyjne dane dotyczące ograniczenia użycia wody do nawadniania o różnych parametrach jakościowych przedstawiono w tabeli 4.4.

Tabela 4.4. Ocena jakości wody do nawadniania roślin - opracowanie własne

Parametr	Jednostki	Ograniczenie użycia*		
		bez ograniczeń	małe i średnie	Duże
pH		< 7,0	7–8	>8
Zasolenie				
EC	mS/cm	<0,5	0,5–1,5	>1,5
Ilość rozpuszczonych soli	mg/l	450	450–2 000	>2 000
N-NO ₃	mg/l	> 5	5–30	> 30
Sód (Na)	mg/l	<50	50–100	>100
Chlor (Cl)	mg/l	<50	50–150	>150
Bor (B)	mg/l	< 0,5	0,5–2,0	>2,0

* dane nie uwzględniają specyficznych wymagań uprawy konkretnego gatunku roślin np. w przypadku truskawki uprawianej pod osłonami stężenie chloru w wodzie nie powinno przekraczać 30 mg/l.

Dane te są tylko orientacyjne – nie uwzględniają warunków uprawy oraz specyficznych wymagań i odporności poszczególnych gatunków roślin. Przykładowo woda o pH zbliżonym do 7



Fot. 4.2. Fertygacja w bezglebowej uprawie pomidora. Autor: S. Kaniszewski

nadaje się bez ograniczeń do nawadniania, pod warunkiem, że mamy możliwość jej zakwaszenia (np. przy uprawie borówki). Wysoka zawartość azotanów w wodzie też nie jest problemem dla upraw, które wymagają wysokich dawek azotu. Poszczególne jony mogą być toksyczne dla korzeni roślin, ale w przypadku stosowania deszczowania mogą także powodować uszkodzenia liści. Np. deszczowanie wodą o stosunkowo niskiej zawartości boru (na poziomie 1,0 mg/l) może już powodować nekrozy na liściach wielu gatunków roślin. Uszkodzenia liści podczas deszczowania mogą być spowodowane także podwyższoną zawartością Na i Cl. Zawartość sodu powyżej 70 mg/l lub chloru powyżej 100 mg/l w wodzie do deszczowania może początkowo nie wpływać toksycznie na systemy korzeniowe roślin, ale powodować nekrozy na młodych liściach. Jest to aspekt bardzo istotny w przypadku owoców i warzyw spożywanych w stanie świeżym. Np. deszczowanie wodą o bardzo wysokiej zawartości żelaza (ponad dziesięć mg/l) może powodować wytrącanie się wodorotlenku żelaza na owocach, warzywach lub roślinach ozdobnych.

Jakość wody jest ważnym elementem mającym wpływ na wybór systemu nawodnieniowego. Systemy kropłowe wymagają bardzo dobrej jakości wody. Przy stosowaniu deszczowni drobne zanieczyszczenia mechaniczne i organiczne nie stanowią problemu, większe agregaty będą „wychwycone” przez zgrubne filtry siatkowe. Nawadnianie kropłowe wymaga dokładnej filtracji elementów stałych zawartych w wodzie, a przypadku wody o wysokim poziomie Fe i Mn – także uzdatniania. Ze względu na swą specyfikę – małą średnicę dysz zraszaczy oraz niewielkie rozmiary kanałów labiryntów, umieszczonych w kroploownikach, systemy mikronawadniania wymagają bardzo dobrej jakości wody. Zawartość żelaza lub manganu w wodzie powyżej 1–1,5 mg/l stanowi już bardzo duże niebezpieczeństwo zapychania się emiterów kropłowych i wymaga odżelazienia. Praktycznie nie ma problemu z zapychaniem się emiterów przy zawartości żelaza poniżej 0,5 mg/l. W instalacjach, w których emiterami są minizraszacze nawet kilkakrotnie większa zawartość Fe lub Mn w wodzie nie stanowi jeszcze problemu (tab. 4.5.).

Tabela 4.5. Ocena jakości wody do nawodnień kropłowych - opracowanie własne

Parametr	Prawdopodobieństwo zapchania emiterów		
	małe	średnie	duże
Zawartość części stałych [mg/l]	<50	50–100	>100
pH	<7	7,0–8,0	>8,0
Zawartość sub. rozpuszczonych [mg/l]	<500	500–2 000	>2 000
Mangan [ppm]	<0,1	0,1–1,5	>1,5
Żelazo [ppm]	<0,1	0,1–1,5	>1,5
Siarkowodor [ppm]	<0,5	0,5–2,0	>2,0
Bakterie [liczba / ml]	10 000	10 000–50 000	50 000

Emiterzy kropłowe mogą być zapychane także przez rozwijające się w instalacji grzyby, bakterie i glony, które w sprzyjających warunkach namnażając się tworzą charakterystyczną śluzowatą masę blokującą kropłowniki.

Aby można było wyznaczyć prawidłowy skład pożywki nawozowej musimy znać optymalny skład pożywki dla danej fazy wzrostu roślin i warunków uprawy oraz parametry jakościowe wody. Niezbędna jest informacja o zasoleniu i odczynie wody oraz stężeniu wodorowęglanów (HCO_3^-) i zawartości makro i mikroelementów. Dane o zawartości wodorowęglanów są potrzebne do określenia ilości kwasu niezbędnego do zakwaszenia pożywki. W praktyce można przyjąć pozostawienie w roztworze 43 mg/l (0,7 mmol/l) wolnych jonów wodorowęglanowych. Pozostałą ich ilość (w zależności od zawartości w wodzie) należy zneutralizować odpowiednim kwasem: azotowym, fosforowym lub siarkowym. Ilość wprowadzanego wraz z kwasem składnika należy uwzględnić w dalszych obliczeniach pożywki. Zawartości wszystkich makro i mikroele-

mentów znajdujących się w wodzie nawodnieniowej powinny być odjęte od wyjściowego składu pożywki. Ogólne kryteria jakościowe wody określa się wzorem:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

Rys. 4.1. Wzór określający ogólne kryteria jakościowe wody

Każdy producent, w zależności od swoich specyficznych warunków uprawy, rodzaju źródła i jakości wody musi podjąć decyzję o możliwości jej wykorzystania, wyboru sposobu nawodniania i doboru filtracji i metody uzdatniania wody (tab. 4.6.).

Tabela 4.6. Dobór filtracji i metody uzdatniania wody w zależności od rodzaju zanieczyszczeń - opracowanie własne

Rodzaj zanieczyszczenia lub przekroczony parametr jakościowy	System filtracji lub uzdatniania
zanieczyszczenia mechaniczne	filtr siatkowy lub dyskowy
zanieczyszczenia mechaniczne, biologiczne (woda pochodząca z otwartych zbiorników)	zestaw filtrów piaskowo dyskowych, hydrocyklon
zbyt wysoki odczyn	zakwaszanie wody kwasem
zbyt wysoki poziom żelaza lub manganu	odżelazianie, odmanganianie
zbyt wysokie E_c (wysoka zawartość makro i/lub mikroelementów)	odwrócona osmoza, wymienniki jonowe
zanieczyszczenia mikrobiologiczne	chlorowanie, ozonowanie, promieniowanie UV

W praktyce, niestety ze względu na stosunkowo wysoki koszt systemów filtracji i uzdatniania wody w odniesieniu do dochodowości niektórych upraw woda nie jest odpowiednio filtrowana i uzdatniana co istotnie wpływa na jakość nawadniania co bezpośrednio przenosi się wielkość i jakość produkcji.

Ze względu na powszechne stosowanie nawadniania kroplowego i wysoką zawartość żelaza w naszych wodach głębinowych, najczęściej stosowanym sposobem uzdatniania wody jest odżelazianie. Proces polega na utlenianiu jonów Fe^{++} do Fe^{+++} za pomocą tlenu zawartego w powietrzu i usuwaniu wytrąconych związków wodorotlenku żelaza z wody na filtrach piaskowych. W praktyce są stosowane różne sposoby napowietrzania: np. rozpylanie lub zraszanie wody nad powierzchnią zbiornika, stały przepływ wody po kaskadzie lub bezpośredni wtrysk powietrza za pomocą iniektora lub sprężarki. W ten sam sposób jest przeprowadzane odmanganianie. W uprawach szklarniowych,

w zamkniętych obiegach pożywki – w zależności od potrzeb – poza tradycyjnymi systemami filtracji są stosowane: odwrócona osmoza, spowolniona filtracja piaskowa, ozonowanie i promieniowanie UV. Odwrócona osmoza polega na wymuszonym (za pomocą ciśnienia) przepływie wody przez błony półprzepuszczalne, które odfiltrują substancje zawarte w wodzie. Jest to bardzo skuteczna metoda odsalania (obniżenia EC) wody. Spowolniona filtracja piaskowa polega na powolnym przepływie wody ($100\text{--}300\text{ l/m}^2/\text{h}$) przez złożę piasku. Jest to stosunkowo najtańsza metoda dezynfekcji, dostatecznie skuteczna dla wielu upraw. Inną stosowaną w praktyce metodą dezynfekcji wody jest ozonowanie, które polega na wstrzykiwaniu w specjalnych komorach ozonu do wody. Najnowocześniejsza dezynfekcja stosowana w produkcji ogrodniczej pod osłonami polega na naświetlaniu pożywki światłem ultrafioletowym, które powoduje destrukcję DNA drobnoustrojów zawartych w wodzie. Jest to metoda fizyczna, nie zmieniająca właściwości chemicznych dezynfekowanej pożywki.

Literatura:

1. Kaczmarczyk S., Nowak L. 2006. Nawadnianie roślin. PWRiL.
2. Kaniszewski S. 2005. Nawadnianie warzyw polowych. Plantpress.
3. Treder W. 2011. Najnowsze badania i rozwiązania techniczne stosowane w nawadnianiu roślin. Agrotechnologia Gospodarcza, Ekspertyza. AgEngPol.
4. Wójcik P., Dyśko J., Kaniszewski S., Kowalczyk W., Nowak J. 2014. Zrównoważone nawożenie roślin ogrodniczych. Instytut Ogrodnictwa. Skierniewice.



5.1. Sposoby żywienia i utrzymywania świń oraz ich wpływ na środowisko

dr hab. Marek Pieszka, prof. nadzw.

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy Zakład Fizjologii Żywienia, Kraków-Balice

Wstęp

Gospodarstwa rolne, w tym fermy trzody chlewnej, w systemie rolnictwa zrównoważonego są traktowane jako przedsiębiorstwa produkcyjne. Stanowią część otaczającego je ekosystemu, z którym są nierozzerwalnie związane. Oprócz założeń produkcyjno-ekonomicznych oraz społecznych, powinny również spełniać cele ekologiczne, polegające na odpowiednim wykorzystaniu zasobów środowiska oraz utrzymaniu jego równowagi. Intensyfikacja produkcji trzody chlewnej z jednej strony zapewnia wyższą opłacalność, a z drugiej wiąże się z większą ilością produktów ubocznych, takich jak: obornik, gnojowica czy emisja gazów do środowiska. Przy złym zabezpieczeniu, niewłaściwym stosowaniu nawozów naturalnych w nawożeniu pól wspomniane produkty mogą prowadzić do zanieczyszczenia wody. Ich ilość, a tym samym uciążliwość dla środowiska naturalnego, zależą przede wszystkim od wielkości fermy oraz przyjętych technologii. Fermy trzody chlewnej, obok ferm drobiu, należą do największych producentów zanieczyszczeń typu chemicznego, biologicznego oraz fizycznego. Pomimo znaczącego postępu, związanego z intensyfikacją produkcji, systematycznym nadzorem weterynaryjnym i udoskonaleniem gatunkowym ras i typów użytkowych świń oraz wdrażaniem nowych technologii, problem wpływu intensywnej produkcji świń na środowisko jest bardzo aktualny.

Intensywna produkcja trzody chlewnej wpływa na zanieczyszczenie środowiska naturalnego poprzez zakwaszenie gleb, eutrofizację wód oraz lokalne uciążliwości (odory, hałas), jak również depozycję metali ciężkich. Hodowcy produkujący na dużą skalę, mają również problemy z zagospodarowaniem znacznych ilości odchodów. Tymczasem intensywna produkcja świń powinna być prowadzona tylko w taki sposób, aby nie zagrażała środowisku.

Główne zasady mające na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu zawarte są w *Programie azotanowym zgodnym z dyrektywą 91/676/EWG*.

Program ten obejmuje m.in.:

- sposoby i warunki rolniczego wykorzystania nawozów azotowych;

- terminy, w których dozwolone jest rolnicze wykorzystanie nawozów;
- warunki przechowywania nawozów naturalnych oraz postępowanie z ociekami, w tym powierzchnie i pojemności urządzeń do ich przechowywania;
- zasady planowania prawidłowego nawożenia azotem (plany nawożenia azotem, maksymalne dawki azotu);

Zgodnie z *Programem* na terenie Polski będzie obowiązywać bezwzględny zakaz stosowania azotu, zarówno z nawozów naturalnych, jak i mineralnych na wiosnę, przed 1 marca. Ostatni dopuszczalny termin stosowania nawozów mineralnych i płynnych naturalnych na gruntach ornych upływa 25 października, a na trwałych użytkach zielonych, plantacjach trwałych i wieloletnich – 31 października. Natomiast obornik na gruntach ornych będzie można stosować do końca października, a na trwałych użytkach zielonych oraz plantacjach trwałych i wieloletnich – do końca listopada. Powierzchnia płyt i pojemność zbiorników będą musiały być na tyle duże, żeby można było przetrzymywać nawozy naturalne płynne (gnojówkę, gnojowicę) przez 6 miesięcy, a nawozy stałe (obornik) przez 5 miesięcy.

Zgodnie z zapisami *Programu* na gospodarstwa rolne został nałożony obowiązek prowadzenia dokumentacji i przechowywania jej przez 3 lata ze wszystkich zabiegów związanych z nawożeniem azotowym. Dokumentacja musi zawierać następujące dane: data zastosowania nawozu, rodzaj uprawy i jej powierzchnia, rodzaj nawozu, zastosowana dawka, termin przyorania nawozu naturalnego w przypadku jego stosowania na terenie o dużym nachyleniu.

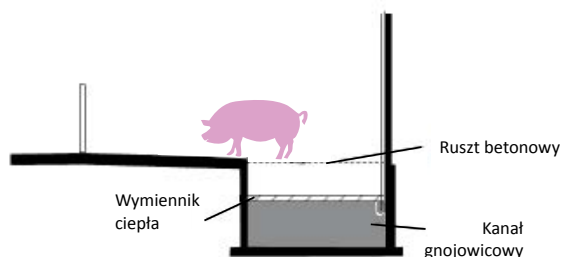
Przepisy dotyczące obowiązku sporządzania planu nawożenia azotem zaczną obowiązywać z dniem 1 stycznia 2019 r. Natomiast, przepisy dotyczące obowiązku dostosowania miejsc do przechowywania nawozów naturalnych do wymogów określonych w przyjętym przez Radę Ministrów dokumencie, zaczną obowiązywać z dniem 31 grudnia 2021 r. dla podmiotów prowadzących chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie większej niż 210 DJP. Podmioty prowadzące chów lub hodowlę zwierząt w liczbie mniejszej lub równiej 210 DJP będą miały czas na dostosowanie się do wymogów *Programu* do końca 2024 r.

Systemy utrzymywania świń

Świnie są utrzymywane w pomieszczeniach zamkniętych w budynkach inwentarskich lub rzadziej – w systemie otwartym. W budynkach inwentarskich trzodę chlewną utrzymuje się w kojcach na ściółce lub bez ściółki, pojedynczo lub grupowo. System utrzymania ma zasadnicze znaczenie w emisji związków azotu do atmosfery z budynków, a więc de facto w ucieczce cennego nawozowo składnika, za który przyjdzie rolnikowi zapłacić przy zakupie azotowych nawozów mineralnych. Emisje gazowe to osobny obszar regulacji planowanych dla chowu zwierząt (amoniak, gazy cieplarniane), lecz bezpośrednio powiązany z żywieniem i pośrednio z utrzymaniem. Za straty gazowe na etapie budynków jest odpowiedzialny enzym ureaza, zawarty w moczu świń. Jeśli kał i mocz zostaną wymieszane, enzym ten kontynuuje swoje działanie poza organizmem zwierzęcia, potęgując starty gazowe związków azotu. Dla redukcji takich efektów w systemach rusztowych, konieczne jest szybkie rozdzielenie kału od moczu lub fizyczna redukcja powierzchni emisji albo unieczynnienie ureazy (schładzanie, zakwaszanie). Dla systemów ściółkowych jedyną efektywną metodą pozostaje zwiększenie ilości ściółkowania i w ten sposób wchłonięcie moczu z ureazą przez ściółkę.

System bezściółkowy

Technologia bezściółkowa utrzymania świń ogranicza kontakt zwierząt z odchodami. Łatwość utrzymania wysokich standardów higienicznych obniża niebezpieczeństwo wystąpienia chorób, dlatego najczęściej są stosowane w pomieszczeniach porodowych oraz odchowalniach warchlaków. Korzyścią bezściółkowego systemu jest możliwość znacznego zredukowania nakładów pracy, poprzez brak konieczności usuwania obornika oraz dościelania słomy. Posadzki stosowane w systemie bezściółkowym możemy podzielić na całe, (są wykonane z betonu, polimerobetonu lub z plastiku) oraz posadzki szczelinowe (wytwarzane z betonu, plastiku lub żeliwa). System posadzek szczelinowych (potocznie zwany rusztowym), opiera się na przydeptywaniu przez zwierzęta odchodów, które przez szczeliny przedostają się do kanału gnojowiczego położonego pod posadzką. Szerokość szczelin jest ściśle określona dla każdej grupy technologicznej. Maksymalna szerokość szczelin posadzki dla prosiąt wynosi 11 mm, dla warchlaków do 14 mm, dla tuczników do 18 mm, a dla loch i loszek po pokryciu do 20 mm.



Kojec częściowo-rusztowy

Rys. 5.1. Kojec częściowo-rusztowy dla świń z wymiennikiem ciepła do schładzania gnojowicy (oprac. Jacek Walczak)

Z punktu widzenia strat azotu do atmosfery należy stosować maksymalnie 50% zarusztowanie posadzek. Największą redukcję emisji amoniaku czy podtlenku azotu, uzyskuje się jednak przy 1/3 zarusztowania (70% redukcji emisji). Gnojowicę składowaną pod rusztami można również zakwaszać stężonym kwasem siarkowym. Wymaga to jednak specjalistycznej instalacji.

System ściółkowy

W technologii ściółkowej wyróżnia się: „ściółkę płytką”, „ściółkę głęboką” oraz posadzki samoczyszczące się. System płytkiej ściółki polega na codziennym usuwaniu świeżego obornika oraz dostarczeniu ściółki, która pokrywa całą powierzchnię kojca. Jest to bardzo pracochłonny proces, który zwiększa nakłady na obsługę. Ze względów ekonomicznych technologia płytkiej ściółki jest mało opłacalna. Zaletą tego systemu jest możliwość wykorzystania go we wszystkich grupach technologicznych. System chowu na płytkej ściółce spotkać można w małych gospodarstwach rodzinnych, w których modernizacja postępuje powoli. W większych fermach bardzo rzadko stosuje się to rozwiązanie.

Technologia chowu na głębokiej ściółce cechuje się grubą, narastającą od ok. 20 do 100 cm warstwą ściółki. Składowanie biomasy zapewnia dużą ciepłochronność. Rozwiązanie to sprawdza się w przypadku grupowego utrzymania zwierząt (najczęściej tuczników oraz warchlaków). System ten jest popularny ze względu na niewielką pracochłonność oraz relatywnie niski koszt potrzebny do rozpoczęcia produkcji. Świnie same wyznaczają stałe, niezmiennie miejsce oddawania kału (strefa brudna) oraz strefę legowiskową (strefa czysta), w której odpoczywają. W części ściółkowej ściółka jest uzupełniana przez długi okres, a obornik usuwany dopiero po zakończeniu cyklu produkcyjnego. Należy zawsze zapewnić wystarczająco suchą powierzchnię legowiskową, pozwalającą zwierzętom na wspólny odpoczynek. Z tego powodu, pod koniec cyklu tuczcu, może wystąpić konieczność częstszego dościelania kojca, szczególnie strefy brudnej. Atrakcyjność głębokiej ściółki tkwi w braku konieczności posiadania płyt obornikowych. Oczywiście jedynie wtedy, gdy obornik po skończonym rzucie można zagospodarować bezpośrednio na polu. Z punktu widzenia profilaktyki zdrowia, nie zaleca się dokonywania kolejnych odchów na tym samym podłożu ze względu na możliwość przenoszenia chorób.

System otwarty

System ekstensywny, ze względu na dobrostan, jest najbardziej polecany, choć rzadko stosowany. Lochy utrzymuje się na pastwisku w większych grupach. Efekt środowiskowy polega tu na szybkim wchłanianiu moczu przez glebę i zaniechaniu w ten sposób emisji. Ponadto system ten nie wymaga płyt obornikowych ani zbiorników gnojowicowych. Jego stosowanie jest ryzykowne w kontekście krajowych problemów z ASF. Niemniej w Hiszpanii, w której zwalczono ASF po 35 latach szeroko zakrojonych działań, był on i nadal jest stosunkowo popularnym rozwiązaniem.



Fot. 5.1. Lochy w systemie otwartym, ZD IZ PIB Chorzełów

Metody ograniczenia wydzielania związków azotowych do środowiska na drodze żywieniowej

Warunkiem prawidłowego chowu świń jest dostarczenie im niezbędnych składników w ilościach i proporcjach odpowiadających ich zapotrzebowaniu pokarmowemu. Niedobór lub nadmiar składników zawartych w paszy pogarsza produktywność zwierząt i może wpływać ujemnie na jakość otrzymywanych tusz. Ogromnym problemem wynikającym z wielkotorowej produkcji świń są duże ilości odchodów, w których zagrożeniem dla naturalnego środowiska są szczególnie duże stężenia azotu i fosforu, pierwiastków zatrzymujących glebę oraz powodujących eutrofizację zbiorników wodnych. Wielkość fermy i rodzaj zastosowanego systemu utrzymania zwierząt decyduje o ilości, rodzaju i w konsekwencji o obciążeniu środowiska odchodami i odorami.

Dostosowanie wartości energetycznej, pokarmowej i mineralnej mieszanek paszowych do wieku, masy ciała oraz poziomu i rodzaju produktywności zwierząt to podstawowy element ograniczania zawartości azotu w odchodach zwierzęcych.

Główne metody żywieniowe mogące ograniczyć emisję azotu i odorów do środowiska polegają na:

- obniżeniu poziomu białka ogólnego w mieszance oraz optymalizacji pod względem zawartości aminokwasów strawnych (uwzględniając profil „białka idealnego”);
- żywieniu wieloetapowym, w którym skład diety jest dostosowany do specyficznych wymogów danego okresu odchowu;
- dodatku aminokwasów limitujących wykorzystanie białka do diety ubogiej w surowe białko, co pozwala na obniżenie poziomu białka w mieszance paszowej i wykorzystanie gorszych jakościowo i tańszych źródeł białka w tuczu świń;
- stosowaniu dopuszczonych dodatków paszowych, które zmniejszają całkowitą ilość wydalanego azotu, działając pośrednio – poprzez poprawę strawności – na wchłanianie składników pokarmowych, w tym związków zawierających azot (enzymów, probiotyków, prebiotyków, wyciągów z roślin, olejków eterycznych);
- zachowaniu właściwego stosunku energetyczno-białkowego w mieszankach paszowych, jako niezbędnego wy-

mogą pozwalającego na właściwe wykorzystanie białka z paszy i prawidłowy wzrost świń.

Najlepszym sposobem chroniącym środowisko naturalne jest stosowanie w żywieniu zwierząt normowanego żywienia, dotyczące szczególnie dawkowania w paszy białka i fosforanów, zgodnie z zapotrzebowaniem zwierząt. Jeżeli żywienie zwierząt jest oparte o pasze roślinne wtedy może nastąpić niedobór niektórych aminokwasów (aminokwasy limitujące), powodujący zatrzymanie syntezy białka zwierzęcego. Dostarczenie porcji białka poprawi ten stan rzeczy, ale niewykorzystane aminokwasy zostaną wydalone z organizmu głównie z moczem oraz częściowo z kałem. W tej sytuacji, niezwykle praktyczne okazują się aminokwasy syntetyczne (krystaliczne), dodawane do diety w celu uzupełnienia i zbilansowania poziomu białka. Aminokwasy takie są w zasadzie w 100% strawne dla świń. Obniżenie poziomu białka nie tylko ogranicza ilość wydalonego azotu, ale obniża pH odchodów oraz redukuje poziom emisji amoniaku nawet do 65%. Ograniczenie poziomu białka w diecie przez żywienie fazowe jest bardzo efektywnym sposobem zmniejszenia ilości wydalonego w odchodach azotu i emisji amoniaku (Heyes i wsp. 2004). W tego typu żywieniu, tucznicy dzieli się na kilka okresów, w których udział białka w mieszance jest ściśle uzależniony od rzeczywistych potrzeb organizmu przy danej masie ciała.

W odniesieniu do prosiąt w nowoczesnym odchowie stosuje się dwa rodzaje mieszanek: superprestarter oraz prestarter, podawane zwierzętom od wczesnych dni po urodzeniu do czasu odsadzenia. Kolejnym ważnym okresem w odchowie prosiąt jest wspomniane odsadzenie, gdzie w celu zapewnienia łagodnego przejścia z żywienia przy matce stosuje się mieszankę paszową dla prosiąt – prestarter odsadzeniowy, podawany systemem dawkowanym, charakteryzujący się wysokiej jakości białkiem i dodatkiem substancji zabezpieczających przed rozwojem patogennej mikroflory jelit m.in. zakwaszacze czy maślan sodu. Następną fazą wzrostu świń to okres warchlak, gdzie w celu redukcji emisji azotu do środowiska zaleca się w żywieniu tej grupy zastosowanie dwóch lub trzech rodzajów pasz o odmiennym poziomie białka i energii. W przypadku tuczników zasada metody jest identyczna, jak w przypadku warchlaków (Pomar i wsp., 2014). W trakcie wzrostu świń zapotrzebowanie na białko, ulega stopniowo obniżeniu, tak jak obniża się tempo ich wzrostu. Zmniejsza się odkładanie białka w tkankach przy wzroście odkładania tłuszczu. Stosowane obecnie w tuczu pasze niezbyt precyzyjnie oddają ten stan, zawierają często zbyt wysoki poziom białka i energii prowadząc do otyśnięcia zwierząt. W tabeli 5.1. przedstawiono dane dotyczące wartości mieszanek paszowych z podziałem na fazy tuczu z uwzględnieniem masy ciała zwierząt.

Dzięki nowoczesnym systemom zadawania paszy możliwe jest obecnie rozdzielanie świń utrzymywanych grupowo, przez odpowiednie stacje ważące do odpowiednich stref odpasu z paszami o różnym składzie. W ten sposób lżejsze tuczniki są kierowane przez stację do strefy z paszą o wyższej koncentracji białka i energii, cięższe zaś do strefy z uboższą mieszanką. Dzięki systemom precyzyjnego zadawania pasz (ESF) jesteśmy w stanie zapewnić dopasowanie składu paszy do aktualnych potrzeb organizmu.

Tabela 5.1. Poziom białka ogólnego oraz energii metabolicznej w zależności od zastosowanego systemu tuczu (IFŻŻ, 2014; NRC, 2012)

System tuczu	Okres tuczu, masa ciała, kg	Poziom białka, %	Zawartość energii metabolicznej, MJ/kg
Jednofazowy	30–120	16,40	13,00
Dwufazowy	30–70	18,00	12,95
	70–120	14,60	12,90
Trójfazowy	30–60	17,00	12,95
	60–90	15,50	12,80
	90–120	13,00	12,60

W krajach Unii Europejskiej (Francja, Niemcy) już od wielu lat działają programy mające na celu ograniczenie podaży białka przy zastosowaniu dodatków aminokwasów krystalicznych oraz uzyskanie niższej produkcji amoniaku. Żywnienie przyjazne środowisku niekoniecznie musi być droższe od tradycyjnego, a zysk związany z 20% obniżeniem emisji amoniaku jest znaczny. Przy żywieniu zwierząt i podczas przygotowywania mieszanek paszowych, warto zatem pamiętać o tym, że ważna jest nie ilość białka, ale jego jakość, a koniecznie – ilość aminokwasów (szczególnie lizyny), dostępnych dla zwierząt do budowy tkanki mięsnej. Od szeregu lat coraz więcej uwagi poświęca się wartości biologicznej białka paszy. Wartość tą determinuje zawartość aminokwasów egzogennych, zwłaszcza lizyny i metioniny oraz tryptofanu i treoniny. W żywieniu świń zaleca się stosować odpowiedni poziom białka i lizyny, a w stosunku do zawartości lizyny dostosowuje się ilości pozostałych aminokwasów według tzw. profilu białka idealnego. 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 20 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 różnią się znacznie, zarówno jeśli chodzi o zawartość białka, jak i składu aminokwasowego. 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 składnikami bogatymi w białko. Obowiązujący zakaz stosowania mączek zwierzęcych 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 szczególności 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 w celu pokrycia potrzeb bytowych (stała odbudowa białek organizmu) lub na odkładanie białka w tkankach organizmu (wzrost zwierząt, rozwój płodu) są wartościami względnie stałymi (IFŻŻ, 2014). Jest to charakteryzowane stałymi proporcjami między poszczególnymi aminokwasami niezbędnymi. Suma potrzeb bytowych oraz tych na określone 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, 2014). W tabeli 5.2. przedstawiono zapotrzebowanie na energię, białko oraz aminokwasy przez różne grupy technologiczne świń.

Tabela 5.2. Koncentracja energii metabolicznej i białka w 1 kg mieszanki pełnodawkowej z uwzględnieniem standaryzowanej strawności aminokwasów (SJS*) dla różnych grup technologicznych świń (IFŻŻ, 2014)

Grupa technologiczna	Składniki		
	Energia metaboliczna (MJ/kg)	Białko ogólne, g/MJ	SJS Lys, g/MJ
Prosięta, do 10 kg	13,0–14,0	14,1	0,80–0,90
Warchlaki, 10–30 kg	13,0–13,5	13,5	0,75–0,80
Tuczniki, 30–70 kg	12,5–13,5	12,8	0,65
Tuczniki, 70–110 kg	12,0–13,0	11,2	0,55
Lochy w ciąży	11,8–12,2	10,8	0,40
Lochy w laktacji	12,5–13,5	12,6	0,55

SJS* - standaryzowana jelitowa strawność aminokwasów w stosunku do zawartości lizyny

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 ograniczającym (tabela 5.3.).

- poprawa mikroklimatu w chlewni;
- zmniejszenie kosztów żywienia.

W produkcji zwierzęcej stosowano szereg substancji i preparatów ograniczających uwalnianie lub wiązanie powstałego amoniaku. Przeważnie były to środki dodawane bezpośrednio do odchodów lub ściółki. Najczęściej używano: superfos-

Tabela 5.3. Zalecane proporcje zawartości aminokwasów w 1 kg mieszanki pełnoporcjowej dla tuczników (wg. różnych źródeł)

Wyszczególnienie	Polska (IFŻŻ, 2014)			Niemcy (Degussa, 1999)			USA (NRC, 1998)		
	30–60	60–90	>90	25–40	40–70	70–105	20–50	50–80	80–120
Masa ciała, kg									
Lizyna	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Met.+Cys.	63	63	63	64	67	67	57	59	58
Treonina	66	66	66	69	72	72	64	68	68
Tryptofan	19	19	19	20	20	20	18	19	18

Właściwe zbilansowanie w dawce pokarmowej aminokwasów z zapotrzebowaniem zwierząt ma bardzo duże znaczenie nie tylko dla tego, że decyduje o wykorzystaniu najdroższego składnika, jakim jest białko 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 powiększa 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 normowanie aminokwasów 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 wykorzystywane 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 świni, 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;



Źródło: Pixabay

fatu, kwasu fosforowego, kwasów organicznych, preparatów fungistatycznych, torfowych, związków miedziowych oraz kompleksów bakteryjnych. Skuteczność tych preparatów jest różna, a konieczność transportu dużej masy obornika wraz ze ściółką istotnie ogranicza zakres ich stosowania. Kluczowy aspekt środowiskowy intensywnej produkcji świń jest związany z naturalnym procesem życiowym, np. z tym, że zwierzęta metabolizują paszę i wydają większość składników nawozowych przez odchody. Jakość i skład odchodów oraz sposób ich przechowywania i użytkowania są głównymi



Źródło: Pixabay

czynnikami determinującymi poziom emisji z intensywnej produkcji zwierzęcej. Z punktu widzenia środowiska nawóz jest najważniejszą pozostałością do zagospodarowania na fermie. Zawartość składników pokarmowych w oborniku jest zróżnicowana i zależy od gatunku, wieku, sposobu żywienia zwierząt, rodzaju i ilości ściółki, a także od sposobu i długości przechowywania tego nawozu. Składniki pokarmowe, znajdujące się w gnojowicy, występują w formach łatwo dostępnych dla roślin – co decyduje o stopniu wykorzystania tego nawozu. Gnojowica zawiera od 40% do nawet 70% azotu amonowego (NH_4) i do 6% azotu azotanowego (NO_3). Właściwości nawozu są w pierwszej kolejności uzależnione od jakości paszy wyrażanej w % suchej masy, a także zawartości składników nieorganicznych (N, P, etc.). Charakteryzuje je też współczynnik konwersji paszy (FCR). Jej właściwości są bardzo zróżnicowane. Stężenie w świeżych odchodach też jest

podobnie zróżnicowane. Zabiegi stosowane do redukcji emisji występujących przy gromadzeniu, składowaniu i obróbce nawozu mają wpływ na jego strukturę i skład, a w końcowej fazie także na emisje związane z aplikacją do gleby. Pomimo wielu dostępnych metod utylizacji obornika i gnojowicy, aplikacja tych nawozów do gleby to wciąż najpopularniejszy sposób ich zagospodarowania. Mogą one być dobrym nawozem, ale gdy są aplikowane ponad pojemność gleby i wymagania roślin, to stają się głównym źródłem emisji z produkcji rolniczej. Roczna ilość świńskich odchodów, moczu i produkowanej gnojowicy zmienia się w zależności od kategorii świń, zawartości składników odżywczych w paszy i stosowanego systemu pojenia, a także różnych etapów produkcji i przemian metabolicznych. Aby ograniczyć ryzyko i emisję związków azotowych ze zbiorników na gnojowicę i magazynów odchodów do gleby lub wód należy zadbać o ich odpowiednie

wyposażenie, częsty monitoring i właściwe środki zaradcze, zapobiegające przedostawaniu się wycieków ze zbiorników do gruntu i wody.

Obecnie do ograniczania emisji azotu z odchodów świńskich są wykorzystywane naturalne preparaty, które dodaje się do paszy, m.in.: enzymy paszowe, probiotyki, prebiotyki, zioła, olejki eteryczne. Istnieje wiele korzyści płynących ze stosowania w żywieniu trzody chlewnej wymienionych powyżej dodatków paszowych. Na szczególną uwagę zasługują enzymy paszowe, mające bezpośredni wpływ na ograniczenie wydzielania azotu do środowiska. Stosowanie enzymów w paszach dla świń jest szczególnie uzasadnione u zwierząt młodych z nie w pełni rozwiniętym aparatem enzymatycznym oraz słabo rozwiniętą mikroflorą przewodu pokarmowego, a także u zwierząt starszych, którym podaje się pasze o gorszej jakości i niższej strawności. W żywieniu świń zastosowanie znalazły głównie hydrolazy, które należą do enzymów trawiennych, naturalnie występujących w organizmach żywych. Dzieli się je na enzymy proteolityczne (rozszczepiające cząsteczki białka do wolnych aminokwasów), amylolityczne (rozszczepiające cząsteczki węglowodanów) oraz lipolityczne (rozszczepiające wiązania estrowe w tłuszczach). Enzymy to dodatki paszowe o szerokim spektrum działania: zwiększają wykorzystanie energii w paszach (enzymy rozkładające składniki włókna), i strawność składników pokarmowych (węglowodanów, białek, tłuszczów i związków mineralnych), przez co przyczyniają się lepszemu wykorzystaniu paszy i poprawy przyrostów masy ciała, wpływają na zmniejszenie wydalania azotu (proteazy) i fosforu (fitaza) do środowiska, eliminują z pasz substancje o charakterze antyżywniowym (fityniany, NSP), przez co ograniczają występowanie biegunek, zwiększają wartość pokarmową pasz gorszej jakości i tańszych. Poprawa strawności dawki pokarmowej przy udziale enzymów, ogranicza straty składników pokarmowych obniżając jednocześnie wydzielanie azotu, fosforu i innych pierwiastków do środowiska. Drugi rodzaj stanowią dodatki pochodzenia chemicznego, które mogą być istotnym składnikiem postępowania żywieniowego przy ograniczaniu nadmiernego wydalania azotu do środowiska z produkcji zwierzęcej. Do najczęściej stosowanych dodatków chemicznych ograniczających wydzielanie azotu do środowiska należą: sole wapnia o charakterze zakwaszającym, takie jak CaSO_4 lub CaCl_2 , albo kwasy organiczne lub ich sole, np. kwas benzoesowy (KB), bądź też benzoesan wapnia. Ich zastosowanie w produkcji zwierzęcej stale zwiększa się, gdyż spełniają wiele ważnych funkcji w regulacji trawienia i metabolizmu składników pokarmowych. Stabilizują funkcje przewodu pokarmowego, stymulują rozwój pożądaną mikroflorę jelitową i zwiększają wykorzystanie składników pokarmowych zmniejszając tym samym wydalanie wielu miogenów do środowiska. Badania niektórych autorów Mróz i wsp. 2000, Eriksen i wsp. 2014 wskazują, że ograniczenie wydalania azotu w postaci mocznika można uzyskać poprzez zakwaszenie treści przewodu pokarmowego

za pomocą kwaśnych soli wapnia lub kwasów organicznych. Dodatek kwasów lub ich soli, przyczyniając się do obniżenia pH moczu, może skutecznie ograniczyć działanie ureazy bakteryjnej, a tym samym zmniejszyć emisję amoniaku. Szacuje się, że zastąpienie węglanu wapnia chlorkiem może przynieść nawet 30% redukcję uwalnianego do środowiska amoniaku (Grela i wsp., 2010), a w przypadku zastosowania kwasu benzoesowego lub jego soli obniżenie emisji amoniaku może wynieść 40% (Mróz i wsp., 2000). Kwas ten w wątrobie jest metabolizowany do kwasu hipurowego i w tej postaci wydalany w ok. 90%z moczem. Obniżenie pH moczu, z którego uwalniają się największe ilości amoniaku, jest najbardziej efektywnym sposobem redukcji emisji azotu do środowiska. Kwas benzoesowy został zaaprobowany przez Komisję Europejską do stosowania w mieszankach paszowych dla świń w ilości 5–10 g/kg paszy (European Commission, 2007). Większość uwagi zwraca się na emisję amoniaku z budynków inwentarskich jako najbardziej powiązanej z zakwaszaniem gleby i wody.

Podsumowanie

Ograniczanie poziomu białka w diecie, uzupełnianie go dodatkami aminokwasów krystalicznych oraz żywienie fazowe są dziś najbardziej efektywnymi sposobami ograniczającymi ilości wydalanego w odchodach azotu i emisji odorów. W tego typu żywieniu, tucz jest podzielony na kilka etapów. Udział białka i aminokwasów limitujących w dawce są ściśle uzależnione od realnych potrzeb organizmu, przy danej masie ciała. W krajach UE od szeregu już lat funkcjonują programy żywieniowe, mające na celu ograniczenie podaży białka przy zastosowaniu dodatków aminokwasów krystalicznych. Dążą do uzyskania niższej emisji amoniaku przy utrzymaniu produktywności świń na dotychczasowym poziomie. Przygotowując dawki pokarmowe dla swoich tuczników warto pamiętać o tym, że ważna jest nie tylko ilość białka w komponentach paszy, ale jego jakość, a koniecznie ilości i proporcje aminokwasów egzogennych, niezbędnych do właściwego odkładania białka w mięsie. Dokładne pokrycie zapotrzebowania na aminokwasy w dawce, nie tylko umożliwia obniżenie poziomu białka ogólnego w mieszance, ale również zmniejsza emisję azotu do środowiska. Takie postępowanie skutkuje nie tylko poprawą mikroklimatu, w budynkach inwentarskich, ale również zmniejszeniem kosztów żywienia. Dodatki mineralne, enzymy paszowe, probiotyki, prebiotyki, zioła, olejki eteryczne mogą w istotny sposób wspomóc wysiłki na rzecz poprawy mikroklimatu pomieszczeń inwentarskich w trosce o dobro zwierząt i lepsze warunki pracy dla człowieka. Ograniczenie emisji azotu do środowiska ma ponadto działanie proekologiczne o znaczeniu globalnym.

Literatura:

1. Eriksen J., Nørgaard, J. V., Poulsen H. D., Poulsen H. V., Jensen B.B., and Petersen S.O. (2014). Effects of Acidifying Pig Diets on Emissions of Ammonia, Methane, and Sulfur from Slurry during Storage. *J. Environmental Quality*, 10: 2086-2095.
2. European Commission. 2007. Commission Regulation (EC) No 1138/2007 of 1 October 2007 concerning the authorisation of a new use of benzoic acid (VevoVital) as a feed additive. European Commission, Brussels, Belgium.
3. Grela E.R., Kowalczyk-Vasiliw E., Semeniuk W. 2010. Wpływ zastąpienia węglanu wapnia chlorkiem i/lub zastosowania kwasu benzoowego w mieszankach dla tuczników na profil metaboliczny krwi oraz ograniczenie wydzielania azotu do środowiska. *Przemysł Chemiczny* 89/4: 366-371.
4. Hayes E.T., Leek A.B.G., Curran T.P., Dodd V.A., Carton O.T., Beattie V.E. Doherty J.V. 2004. The influence of diet crude protein level on odour and ammonia emissions from finishing pig houses. *Bioresource Technology* 91, 309–315.
5. IFŻŻ (2014). Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Normy żywienia świń. Praca zbiorowa E. R. Grela i J. Skomiał, Wyd. IFŻŻ Jabłonna: 1-95.
6. Mróz Z., Jongbloed A.W., Partanen K. H., Vreman K., Kemme P. A., Kogut J. (2000). The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. *Journal of Animal Science*, 78: 2622-2632.
7. Pomar C., Pomar J., Dubeau F., Joannopoulos E., Dussault J.P. (2014). The impact of daily multiphase feeding on animal performance, body composition, nitrogen and phosphorus excretions, and feed costs in growing-finishing pigs. *Animal*, 8: 704-713.
8. Rozporządzenie IPPC 96/61/EC określa jako obiekty do intensywnego chowu drobiu i świń.
9. Smith K.A., Charles D.R., Moorhouse D. (2000). Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters. Part 2: pigs and poultry. *Bioresource Technology* 71: 183-194.
10. NRC (National Research Council) 2012. Nutrient Requirements of Swine. Eleventh Revised Edition. National Academic Press, Washington, D.C. 20418 USA.

5.2. Wykorzystanie nawozów naturalnych dla potrzeb bazy paszowej w gospodarstwach trzodowych

dr Tamara Jadczyzyn, dr Piotr Skowron

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy – Instytut Badawczy, Puławy

Wstęp

Nawozy naturalne są ubocznym produktem chowu i hodowli zwierząt gospodarskich. W zależności od sposobu utrzymania i rodzaju pomieszczeń inwentarskich, z odchodów zwierząt mogą powstawać różnego rodzaju nawozy: obornik, gnojowica lub gnojówka. Obornik jest nawozem stałym powstającym z odchodów zwierzęcych i ściółki. W obrębie tzw. systemu obornikowego wyróżnia się dwa sposoby utrzymania zwierząt: na płytkiej i głębokiej ściółce.

W systemie głębokiej ściółki obornik jest usuwany z pomieszczeń inwentarskich dwukrotnie w ciągu roku, bezpośrednio przed jego wywiezieniem na pola. Z obór płytkich ściółka wraz z odchodami jest codziennie uprzątana na miejsce przechowywania, gdzie zachodzą procesy fermentacji i skąd obornik jest wywożony na pola uprawne. Z powodu różnych warunków, w jakich przebiegają procesy fermentacji (w pomieszczeniu inwentarskim pod zwierzętami lub na zewnątrz w miejscu przechowywania) nawozy powstające w systemach płytkiej i głębokiej ściółki różnią się między sobą, dlatego do określenia wielkości ich produkcji i zawartości azotu stosowane są różne wskaźniki.

W systemie płytkiej ściółki oprócz obornika powstaje płynny nawóz (gnojówka), który składa się głównie z moczu zwierząt, niewielkiej ilości kału i wody, przesiąkających do kanału gnojowego przez ściółkę. Gnojówka jest w zasadzie nawozem azotowo-potasowym. Zawartość fosforu jest w niej znikoma, ponieważ źródłem tego składnika jest kał, zatrzymywany w ściółce i stanowiący składnik obornika.

Gnojowica jest płynnym nawozem powstającym z odchodów zwierząt z domieszką wody, w systemie utrzymania zwierząt bez ściółki. Nawóz ten zawiera wszystkie najważniejsze składniki pokarmowe tj. azot, fosfor i potas.

Obliczanie wielkości produkcji nawozów naturalnych w gospodarstwie trzodowym

Przy obliczaniu wielkości produkcji nawozów naturalnych w gospodarstwie wykorzystuje się standardowe wartości

określające ile nawozu powstaje w ciągu całego roku od jednego zwierzęcia w danej grupie technologicznej. Ponieważ długość okresu „przebywania” zwierzęcia w niektórych grupach technologicznych stanowi tylko ułamek roku (np. dla grupy warchlaków są to 2 miesiące), istnieje konieczność przeliczenia ilości fizycznych sztuk zwierząt na tzw. „sztuki średnioroczne”. W tym celu należy obliczyć tzw. przelotowość stada, która uwzględnia zmiany wieku zwierząt i ich przynależności do poszczególnych grup technologicznych, a także przypadki sprzedaży/zakupu zwierząt, padnięcia lub uboju z konieczności.

Obliczanie przelotowości stada

Sztuki przelotowe (przelotowość) jest to liczba zwierząt gospodarskich, które przebywały w danej grupie technologicznej w ciągu roku.

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej rok lub dłużej:

$$\text{sztuki przelotowe} = \frac{\text{stan początkowy} + \text{stan końcowy}}{2}$$

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej krócej niż rok:

$$\begin{aligned} \text{sztuki przelotowe} &= \text{sztuki sprzedane} + \text{sztuki przeklasyfikowane} \\ &+ \frac{\text{sztuki padłe i ubite z konieczności} \cdot (\text{stan końcowy} - \text{stan początkowy})}{2} \end{aligned}$$

Gdzie:

Stan początkowy – liczba zwierząt gospodarskich w danej grupie na początku roku;

Stan końcowy – liczba zwierząt gospodarskich w danej grupie na koniec roku;

Sztuki sprzedane – liczba zwierząt gospodarskich z danej grupy sprzedanych w ciągu roku (w tym ubój na własne potrzeby);

Sztuki przeklasyfikowane – liczba zwierząt z danej grupy, która z powodu wieku, etapu wzrostu lub stanu fizjologicznego została zaklasyfikowana do innej grupy technologicznej;

Sztuki padłe – liczba zwierząt gospodarskich z danej grupy technologicznej, które na skutek chorób lub innych zdarzeń losowych padły w okresie przebywania w tej grupie i zostały zutylizowane;

Sztuki ubite z konieczności – liczba zwierząt z danej grupy technologicznej, które musiano uśmiercić na skutek zranień i przyczyn losowych, a będących pełnowartościowym surowcem przetwórczym.

Przykład obliczenia przelotowości stada trzody chlewnej:

cu roku – 40 szt. na początku roku) ÷ 2 = **545 szt. przelotowych**;

- Tuczniaki: 230 szt. sprzedanych tuczników + 0 szt. przeklasyfikowanych tuczników + 0 szt. padłych tuczników + (60 szt. tuczników na końcu roku – 60 szt. tuczników na początku roku) ÷ 2 = **230 szt. przelotowych**.

Obliczanie stanu średniorocznego w grupach technologicznych

Stan średnioroczny to średnia liczba zwierząt gospodarskich w poszczególnych grupach technologicznych w 1 roku.

Tabela 5.4. Obliczenia przelotowości stada trzody chlewnej – przykład - opracowanie własne

Ilość	Stan na początku roku:	Ilość	Stan na koniec roku:
1	knur	1	knur
40	loch	40	loch
60	prosiąt do 2 miesięcy	60	prosiąt do 2 miesięcy
		200	prosiąt sprzedanych*
		560	prosiąt przeklasyfikowanych*
40	warchlaków od 2 do 4 miesięcy	60	warchlaków od 2 do 4 miesięcy
		300	warchlaków sprzedanych
		230	warchlaków przeklasyfikowanych
		10	warchlaków padłych
60	tuczników	60	tuczników
		230	tuczników sprzedanych

*średnio 19 prosiąt od lochy w ciągu roku

Sztuki przelotowe:

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej rok lub dłużej:
 - Knur: (1 szt. na początku + 1 szt. na koniec roku) ÷ 2 = **1 szt. przelotowa**;
 - Lochy: (40 szt. na początku + 40 szt. loch na koniec roku) ÷ 2 = **40 szt. przelotowe**;
- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej krócej niż rok:
 - Prosięta: 200 szt. sprzedanych + 560 szt. przeklasyfikowanych + 0 szt. padłych + (60 szt. na końcu roku – 60 szt. na początku roku) ÷ 2 = **760 szt. przelotowych**;
 - Warchlaki: 300 szt. sprzedanych + 230 szt. przeklasyfikowanych + ½ x 10 szt. padłych + (60 szt. na koń-

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej rok lub dłużej:

stan średnioroczny = przelotowość

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej krócej niż rok:

stan średnioroczny =

$$\frac{\text{przelotowość} \times \text{ilość miesięcy przebywania w grupie}}{12}$$

Przykład obliczenia stanu średniorocznego przykładowego stada trzody chlewnej:

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej rok lub dłużej:

Knury: 1 szt. przelotowa = **1 szt. średniorocznych**;

Lochy: 40 szt. przelotowych = **40 szt. średniorocznych**;

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej krócej niż rok:

Prosięta: 760 szt. przelotowych x 2 miesiące/12 = **127 szt. średniorocznych**;

Warchlaki: 545 szt. przelotowych x 2 miesiące/12 = **91 szt. średniorocznych**;

Tuczniki: 230 szt. przelotowych x 2 miesiące/12 = **38 szt. średniorocznych**.

Obliczenie wielkości produkcji nawozów naturalnych w gospodarstwie trzodowym

Wykorzystując wskaźniki produkcji nawozów w różnych systemach utrzymania zwierząt można obliczyć ilość nawozów dostępnych w gospodarstwie przy obsadzie średniorocznej z przykładowego gospodarstwa oraz ilość azotu w tych nawozach.

Na potrzeby obliczeń założmy, że lochy z prosiętami są utrzymywane na płytce ściółki, a warchlaki i tuczniki oraz knur – w systemie bezściółkowym.

- Obliczenie ilości gnojowicy i zawartości azotu w systemie bezściółkowym:

Gnojowica od warchlaków: 91 szt. x 1,4 m³ = 127 m³

Gnojowica od tuczników: 38 szt. x 1,9 m³ = 72 m³

Gnojowica od knura: 1 szt. x 4,6 m³ = 4,6 m³

Razem gnojowica: 204 m³

Ilość azotu w gnojowicy:

od warchlaków: 127 m³ x 3 kg N/m³ = 381 kg N

od tuczników: 72 m³ x 4,6 kg N/m³ = 331 kg N

od knura: 4,6 m³ x 3,6 kg N/m³ = 17 kg N

Razem azot w gnojowicy: 729 kg N

- Obliczenie ilości nawozów i zawartości azotu w systemie płytkeściółki:

Obornik od loch: 40 szt. x 3,7 t/szt. = 148 t

Obornik od prosiąt: 127 szt. x 0,3 t/szt. = 38 t

Razem obornik: 186 t

Gnojówka od loch: 40 szt. x 1,8 m³/szt. = 72 m³

Gnojówka od prosiąt: 127 szt. x 0,2 m³/szt. = 25 m³

Razem gnojówka: 97 m³

- Obliczenie ilości azotu w nawozach z pomieszczeń z płytką ściółką:

Obornik od loch: 148 t x 4,0 kg N/t = 592 kg N

Obornik od prosiąt: 38 t x 0,9 kg N/t = 34 kg N

Razem obornik: 626 kg N

Gnojówka od loch: 72 m³ x 4,2 kg N/m³ = 302 kg N

Gnojówka od prosiąt: 25 m³ x 0,4 kg N/m³ = 10 kg N

Razem gnojówka: 312 kg N

Tabela 5.5. Średnie roczne wielkości produkcji nawozów naturalnych i koncentracja zawartego w nich azotu dla trzody chlewnej w zależności od grupy technologicznej, wieku oraz systemu utrzymania wg „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”, który został ogłoszony w Dzienniku Ustaw z 2018 r. poz. 1339.

Gatunek/grupa technologiczna zwierząt	SYSTEM UTRZYMANIA								Wartość współczynni- ka odliczenia koncen- tracji „w” ²⁾
	Głęboka ściółka		Płytką ściółką				Bezściółkowo		
	Obornik		Obornik		Gnojówka		Gnojowica/ pomiot/ odchody ^{*)}		
	Produkcja (t/rok)	Zawartość (kg N/t)	Produkcja (t/rok)	Zawartość (kg N/t)	Produkcja (m³/rok)	Zawartość (kg N/m³)	Produkcja (m³ lub t/rok)	Zawartość (kg N/t lub m³)	
Trzoda chlewna									
Knury	5,5	3,1	3,2	3,1	1,9	3,3	4,6	3,6	0,85
Lochy	5,0	3,9	3,7	4,0	1,8	4,2	4,6	4,3	0,79
Warchlaki od 2 do 4 miesięcy życia	1,5	2,9	1,0	1,5	0,5	0,8	1,4	3,0	0,79
Prosięta do 2 miesięcy życia	0,5	1,8	0,3	0,9	0,2	0,4	0,7	2,0	-
Tuczniki	2,0	4,2	1,5	4,4	1,0	4,6	1,9	4,6	0,75

¹⁾Podane objętości gnojowicy i gnojówki dotyczą poziomu 3–10% suchej masy w zależności od gatunku oraz 1,5–20,0% suchej masy separatorów, odpowiednio fazy ciekłej i stałej.

²⁾wartość współczynnika odliczenia koncentracji „w” stosuje się do obliczenia rzeczywistej koncentracji azotu w jednostce nawozów naturalnych, wynikającej z udokumentowanych przez hodowcę i powszechnie uznanych praktyk żywieniowych polegających na stosowaniu obniżonej koncentracji białka w dawce pokarmowej, środków zwiększających strawność białka, żywienia wielofazowego itp.

k = zawartość azotu · w

gdzie: k – rzeczywista koncentracja azotu w jednostce nawozu naturalnego zawartość azotu – odpowiednia wartość z tabeli

w – tabelaryczna wartość współczynnika odliczenia



Autor: P. Czaja

- Obliczenie stężenia azotu w nawozach:

Zakłada się, że obornik od różnych grup zwierząt jest przechowywany w tym samym miejscu i ulega wymieszaniu. Zatem **koncentracja azotu w oborniku wynosi:**

Ilość azotu w oborniku (razem) ÷ masa obornika = $626 \text{ kg N} \div 186 \text{ t} = 3,4 \text{ kg N/t}$

Podobnie gnojówka i gnojowica są gromadzone w jednym zbiorniku. **Koncentracja azotu w płynnym nawozie mieszanym wynosi:**

ilość azotu razem w gnojówce i gnojowicy ÷ łączna ilość gnojowicy i gnojówki = $(729 \text{ kg N} + 312 \text{ kg N}) \div (204 \text{ m}^3 + 97 \text{ m}^3) = 3,5 \text{ kg N/m}^3$

Rozdysponowanie nawozów na pola w gospodarstwie

Powierzchnia użytków rolnych w przykładowym gospodarstwie wynosi 20 ha, a struktura zasiewów przedstawia się następująco:

- zboża ozime – 6 ha;
- zboża jare – 7 ha;
- kukurydza – 4 ha;
- rzepak – 3 ha.

Całkowita ilość azotu w nawozach naturalnych wynosi 1667 kg N. Dawka azotu na jednostkę powierzchni nie może przekroczyć 170 kg N. Zatem powierzchnia wymagana do zagospodarowania całej ilości azotu w nawozach naturalnych wynosi: $1667 \text{ kg N} \div 170 \text{ kg N/ha} = 9,8 \text{ ha}$

Przykładowe gospodarstwo posiada dostateczną powierzchnię użytków rolnych, aby rozdysonować całą ilość nawozów zwierzęcych.

Z uwagi na potrzebę opróżnienia zbiorników i powierzchni do przechowywania nawozów, muszą one być wywożone na pola w dwóch terminach: pod zasiewy ozimin i pod uprawy jare. W obu terminach do zagospodarowania jest po ok. 50% rocznej produkcji poszczególnych nawozów, czyli 93 t obornika o zawartości (313 kg N) i 150 m³ nawozu płynnego (520 kg N).

Minimalna powierzchnia do zagospodarowania nawozów:

Obornik: $313 \text{ kg N} \div 170 \text{ kg N/ha} = 1,8 \text{ ha}$;

Gnojowica: $520 \text{ kg N} \div 170 \text{ kg N/ha} = 3,1 \text{ ha}$. Jesienią obornik może być zastosowany pod rzepak ozimy w dawce: $93 \text{ t} \div 3 \text{ ha} = 31 \text{ t/ha}$ ($313 \text{ kg N} \div 3 \text{ ha} = 104 \text{ kg N/ha}$).

Nawóz płynny można zagospodarować na polu zbóż ozimych. Jego dawka wyniesie: $150 \text{ m}^3 \div 6 \text{ ha} = 25 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($520 \text{ kg N} \div 6 \text{ ha} = 87 \text{ kg N/ha}$).

Wiosną obornik można zagospodarować na polu kukurydzy w dawce: $93 \text{ t} \div 4 \text{ ha} = 23 \text{ t/ha}$ ($313 \text{ kg N/ha} \div 4 \text{ ha} = 78 \text{ kg N/ha}$).

Nawóz płynny może być wykorzystany do nawożenia zbóż jarych w dawce: $150 \text{ m}^3 \div 7 \text{ ha} = 21 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($520 \text{ kg N} \div 7 \text{ ha} = 74 \text{ kg N/ha}$).

Uwzględnienie nawozów naturalnych w planie nawożenia roślin

Dla potrzeb planowania nawożenia azot wnoszony w nawozach naturalnych przelicza się na tzw. azot działający. W tym celu należy pomnożyć ilość azotu ogółem w zastosowanych nawozach naturalnych przez wartość równoważnika nawozowego azotu z tabeli 5.6. Równoważnik nawozowy określa jaką ilość azotu mineralnego zastępuje 1 kg N z nawozów naturalnych.

W przykładzie powyżej obornik zaplanowany jesienią pod rzepak w dawce odpowiadającej 104 kg N/ha równoważy działanie $104 \text{ kg N/ha} \times 0,4 = 42 \text{ kg N}$ z nawozów mineralnych.

O taką ilość można zmniejszyć dawkę nawozów azotowych mineralnych pod rzepak. W kolejnym roku na tym polu ilość azotu działającego oblicza się uwzględniając równoważnik nawozowy azotu równy 0,15 ($104 \text{ kg N/ha} \times 0,15 = 16 \text{ kg N/ha}$).

W przypadku nawozu płynnego wartość równoważnika nawozowego można przyjąć jak dla gnojowicy, która dominuje w składzie mieszaniny.

Oprócz azotu, na którym koncentrowały się dotychczasowe rozważania, nawozy naturalne zawierają także znaczne ilości fosforu i potasu, które należy uwzględnić w planie nawożenia.

Tabela 5.6. Równoważniki nawozowe azotu dla nawozów naturalnych od trzody chlewnej wg „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”, który został ogłoszony w Dzienniku Ustaw z 2018 r. poz. 1339.

Rodzaj nawozu	Termin stosowania	
	jesień	wiosna
Obornik	0,4	0,45
Gnojowica	0,6	0,7
Gnojówka	0,65	0,8

Znając już dawki nawozów na poszczególne pola można obliczyć ile wnoszą się w nich fosforu i potasu, wykorzystując orientacyjne zawartości składników podane w tabeli 5.7. W omawianym przykładzie nawóz płynny jest mieszaniną gnojowicy i gnojówki tj. nawozów o bardzo zróżnicowanej zawartości P₂O₅ i K₂O, dlatego najlepszym rozwiązaniem byłoby zbadanie rzeczywistego składu nawozu. Potrzebne analizy wykonują laboratoria okręgowych stacji chemiczno-rolniczych.

Teoretycznie zawartość składników w przykładowym nawozie można obliczyć uwzględniając udział poszczególnych nawo-

Tabela 5.7. Zawartość składników mineralnych w nawozach naturalnych od trzody (kg/t lub m³) – źródło: dane IUNG

Składnik	Obornik	Gnojowica	Gnojówka
Fosfor (P ₂ O ₅)	4,4	3,3	0,4
Potas (K ₂ O)	6,8	2,3	4,1

zów w mieszaninie, w sposób następujący:

- Zawartość K₂O: ($97 \text{ m}^3 \text{ gnojówki} \times 4,1 \text{ kg K}_2\text{O/m}^3 + 204 \text{ m}^3 \text{ gnojowicy} \times 2,3 \text{ kg K}_2\text{O/m}^3$) $\div$ ($97 \text{ m}^3 \text{ gnojówki} + 204 \text{ m}^3 \text{ gnojowicy}$) = 2,9 kg K₂O/m³
- Zawartość P₂O₅: ($97 \text{ m}^3 \text{ gnojówki} \times 0,4 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{m}^3 + 204 \text{ m}^3 \text{ gnojowicy} \times 3,3 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{m}^3$) $\div$ ($97 \text{ m}^3 \text{ gnojówki} + 204 \text{ m}^3 \text{ gnojowicy}$) = 2,4 kg P₂O₅/m³.

Ilości fosforu i potasu pobierane przez rośliny z nawozów naturalnych należy obliczyć mnożąc dawkę nawozu na 1 ha przez zawartość P₂O₅ lub K₂O i przez współczynnik wykorzystania składnika (tab. 5.8.).

Tabela 5.8. Współczynniki wykorzystania fosforu i potasu z nawozów naturalnych – źródło: dane IUNG

Rodzaj nawozu	Fosfor	Potas
Obornik w pierwszym roku po zastosowaniu	0,4	0,8
Obornik w drugim roku po zastosowaniu	0,3	0,1
Gnojowica w pierwszym roku po zastosowaniu	0,8	0,8
Gnojowica w drugim roku po zastosowaniu	0,1	0,1
Gnojówka w pierwszym roku po zastosowaniu	0,8	–
Gnojówka w drugim roku po zastosowaniu	0,1	–

Uwagi końcowe

Racjonalne gospodarowanie nawozami naturalnymi ma duże znaczenie środowiskowe, ponieważ ogranicza ryzyko rozpraszania składników pokarmowych do środowiska wodnego, ale jest również ważne z punktu widzenia ekonomicznych

efektów produkcji roślinnej. W omawianym przykładzie gospodarstwa z produkcją zwierzęcą nawozy naturalne zawierają ogółem ponad 1 600 kg azotu, ok 2 000 kg P_2O_5 i ok. 1 200 kg K_2O . Dzięki właściwemu zastosowaniu tych nawozów można znacząco zmniejszyć zużycie i zakupy nawozów mineralnych.

5.3. Planowanie produkcji gnojowicy i obornika, jej przechowywanie

dr hab. Renata Gaj

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska

Wstęp

Zmiana podejścia do obowiązującej w Polsce *Dyrektywy azotanowej* polegająca na wdrożeniu *Programu azotanowego* na terenie całego kraju bez konieczności wyznaczania OSN-ów pociąga za sobą dalsze zmiany, które będą musiały być wdrożone w najbliższym czasie w gospodarstwach rolnych. *Program*, który obowiązuje na terenie całego kraju został wprowadzony rozporządzeniem Rady Ministrów. Zgodnie z nim, gospodarstwa rolne są zobligowane w ściśle określonym czasie do posiadania odpowiedniej powierzchni płyt obornikowych i pojemności zbiorników na płynne odchody zwierzęce lub w przypadku zwierząt utrzymywanych na głębokiej ściółce, odpowiedniej kubatury budynków inwentarskich o nieprzepuszczalnym podłożu. Ustawodawca określił również okres przejściowy na dostosowanie do nowych wymogów. Ostateczny termin na posiadanie gospodarstw odpowiedniej powierzchni do przechowywania obornika lub pojemności zbiorników uzależniono od gatunku i grupy zwierząt oraz skali pogłowia. Skala niedoborów w zakresie budowli i urządzeń do przechowywania nawozów jest jednak znacznie zróżnicowana regionalnie.

Według aktualnego rozeznania, nadal zbyt mała liczba gospodarstw posiada odpowiednio pojemne i szczelne zbiorniki do magazynowania gnojówki oraz płyty obornikowe o wymaganej powierzchni. Dostosowanie gospodarstw rolnych do standardów UE zmusza producentów rolnych do wykonania inwestycji (płyty gnojowe, zbiorniki). Wymagania w tym zakresie są regulowane przez odpowiednie ustawy i rozporządzenia. Zgodnie z postanowieniami *Dyrektywy azotanowej* roczna dawka nawozu gospodarskiego nie powinna przekraczać jego ilości zawierającej 170 kg N całkowitego na 1 ha użytków rolnych. Ze względów środowiskowych największe znaczenie ma optymalizacja nawożenia azotem, ale nie można zapominać, że efektywność wykorzystania tego składnika zależy od zaopatrzenia roślin we wszystkie niezbędne pierwiastki. Optymalizacja nawożenia ma również ważne znaczenie ze względów ekonomicznych, bowiem strata każdego kilograma składnika z zastosowanych nawozów ma wymierny skutek finansowy. Głównymi problemami w tworzeniu racjonalnego systemu zarządzania składnikami pokarmowymi w gospodarstwie rolnym są nie tylko kierunek i struktura produkcji za-

równo roślinnej, jak i zwierzęcej, ale także skala ich produkcji.

Ilość produkowanych nawozów naturalnych w Polsce

W Polsce, w ciągu roku, jest wytwarzane około 160 mln ton nawozów naturalnych i odpadów organicznych. Spośród ogólnej ilości, nawozy naturalne stanowią ok. 100-112 mln ton (70% masy) odpady organiczne ok. 21%, odpady bytowe 3,6%, osady ściekowe ok. 2% oraz odpady organiczne z innych źródeł 3,4% (Pikuła 2014). W Polsce ilość azotu dostarczanego w nawozach naturalnych stanowi, po nawozach mineralnych, drugą znaczącą pozycję (ok. 30%) w przychodowej stronie bilansu azotu brutto (Gaj, Bellaloui 2012). Uwzględniając nowe regulacje prawne, należy mieć na uwadze fakt, że zmianie ulegają nie tylko okresy stosowania nawozów zawierających azot, ale także przewiduje się dostosowanie infrastruktury gospodarstw rolnych do nowych wymogów, które polegają na zmianie warunków przechowywania nawozów naturalnych oraz terminach ich stosowania. Jeśli w gospodarstwie powstają nawozy naturalne (obornik, gnojówka lub gnojowica) w ilości przekraczającej możliwości ich zastosowania na użytkach rolnych danego gospodarstwa w dopuszczalnej rocznej dawce 170 kg azotu w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych, rolnik ma obowiązek znaleźć odbiorcę tych nadwyżek. Nadmiar nawozów naturalnych rolnik może zbyć do bezpośredniego rolniczego wykorzystania na podstawie pisemnej umowy zbytu.

Większość nawozów naturalnych jest zużywana w pobliżu miejsca ich wytwarzania. Ilość nawozów naturalnych wytwarzanych w gospodarstwie zależy od obsady i gatunku zwierząt, ich wieku oraz sposobu utrzymania. W oborach tzw. głębokich jest wytwarzany obornik, w oborach „płytkich”, oprócz obornika, powstaje także nawóz płynny – gnojówka, w oborach rusztowych nawóz płynny – gnojowica.

Wielkość produkcji odchodów przez stado zwierząt w gospodarstwie wylicza się na podstawie: wielkości i struktury stada; kierunku użytkowania oraz intensywności żywienia (tuczu). W porównaniu do stanów z 2010r. nastąpiła gwałtowna redukcja liczby gospodarstw rolnych utrzymujących zwierzęta.

Z drugiej strony, zaobserwowano zjawisko koncentracji produkcji w wyniku powiększania pogłowia zwierząt w gospodarstwach utrzymujących duże i bardzo duże stada. W związku z powyższym konieczność zagospodarowania wyprodukowanego nawozu jest ogromnym wyzwaniem dla wielu gospodarstw. Rozwiązaniem może być przetworzenie nadwyżek w sytuacji, gdy nie ma wystarczającego arealu gruntów by móc bezpiecznie wykorzystać wytworzone nawozy we własnym gospodarstwie. W Polsce jest przetwarzanych jedynie 252 tys. ton wytworzonych nawozów naturalnych, co stanowi zaledwie 0,3% całkowitej ilości nawozów wytwarzanych w UE. Ponadto na skutek przestawiania produkcji zwierzęcej na system utrzymania bezściółkowego zmniejsza się masa wytwarzanego obornika, natomiast wzrasta ilość gnojowicy. Ilość nawozów i azotu w tych nawozach oblicza się na podstawie wskaźników produkcji nawozów i zawartości w nich azotu.

Wielkość produkcji odchodów przez inwentarz żywy gospodarstwie jest wynikiem:

- wielkości i struktury stada;
- kierunku użytkowania;
- intensywności żywienia.

Pierwsze dwa czynniki w największym stopniu wyznaczają wielkość produkcji odchodów w gospodarstwie, gdyż decydują o strukturze stada. Przykładowo, struktura stada bywała w gospodarstwie o kierunku mlecznym przedstawia się całkowicie odmiennie od stada bydła mięsnego. W pierwszym dominują krowy mleczne, a w drugim młode, ciągle rosnące zwierzęta. Dopiero w dalszej kolejności pojawia się rola systemu żywienia, który wynika z kierunku użytkowania i intensywności produkcji. Każda poprawa wykorzystania paszy przez zwierzęta poprzez ulepszanie strawności składników pokarmowych paszy, wzrost produktywności zwierząt (mniejsze obciążenie środowiska niestrawionymi składnikami paszy bytowej w przeliczeniu na kg produktu), precyzyjne normowanie pasz oraz dodatków mineralnych dostosowane do dokładnie określonych potrzeb pokarmowych zwierząt przyczynia się do zmniejszenia obciążenia środowiska wydalnymi w odchodach niestrawionymi składnikami azotowymi oraz eutrofizującymi środowisko wodne związkami fosforu. Działania te prowadzą jednocześnie do wzrostu opłacalności produkcji zwierzęcej, poprzez zmniejszenie zużycia pasz. Zarządzanie obornikiem w gospodarstwie rolnym składa się z kilku etapów spośród, których najważniejsze to: produkcja odchodów przez inwentarz żywy; gromadzenie odchodów w oborze, chlewni, kurniku; przechowywanie świeżego obornika oraz aplikacja obornika po fermentacji. Każdy z tych etapów wymaga szczegółowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych, przeprowadzanych w sposób, który pozwala zachować jak największą pierwotną wartość nawozową odchodów pochodzących od inwentarza żywego gospodarstwa oraz minimalizuje straty suchej masy i składników mineralnych do środowiska.

Wartość nawozowa nawozów naturalnych

Ocena wartości nawozowej naturalnych nawozów wymaga uwzględnienia trzech podstawowych cech, takich jak: zawar-

tość suchej masy, zawartość azotu ogólnego i mineralnego oraz obecność innych składników mineralnych. W świetle obowiązujących przepisów, dotyczących wykorzystania nawozów naturalnych w produkcji roślinnej, istotnym problemem jest uwzględnienie następujących kwestii: dostosowania dawek nawozów do rzeczywistych potrzeb rośliny oraz stosowania nawozów we właściwym czasie i w odpowiedni sposób. Istotne jest, aby okres największego uwalniania składników pokarmowych z obornika pokrył się z okresem największego zapotrzebowania roślin na składniki pochodzące z procesów mineralizacji. Zagrożeniem dla środowiska wodnego są bowiem składniki dostarczane w nawozach, które nie są wykorzystane przez rośliny. Działanie czynników ograniczających wzrost roślin sprawia, że duża część zastosowanej dawki nawozów pozostaje w glebie i może stanowić potencjalne źródło zagrożenia dla środowiska wodnego.

Pośród nawozów naturalnych największe znaczenie ma obornik – ze względu na korzystne oddziaływanie na właściwości chemiczne i fizyczne gleby oraz życie biologiczne. Ponadto duża zawartość substancji organicznej zwiększa zapasy próchnicy w glebie oraz stanowi cenne źródło składników pokarmowych. Systematycznie stosowany obornik pozwala utrzymać optymalny poziom próchnicy w warstwie ornej gleby i jest cennym źródłem mikroelementów dla roślin. Zawartość składników nawozowych w oborniku może się zmieniać w zależności od żywienia zwierząt, sposobu ich utrzymania, ilości używanej ściółki, a przede wszystkim od gatunku zwierząt oraz sposobu przechowywania obornika. Pod względem koncentracji składników w świeżej masie obornik przewyższa gnojowicę. Jednak azot, potas i fosfor zawarte w gnojowicy występują w większej ilości w formach łatwo rozpuszczalnych w porównaniu do obornika. W dobrze przefermentowanym oborniku ok. 20% azotu i 15% fosforu z całej puli składnika jest w formie łatwo rozpuszczalnej, a tym samym szybko dostępnej dla roślin. Sposób przechowywania obornika wpływa na jego wartość nawozową. Podczas składowania obornika w przyzmacz na gruncie występują duże straty składników nawozowych, które osiągają nawet 50% substancji organicznej, 35% azotu, 20% fosforu i 50% potasu. Azot z obornika ulatnia się do atmosfery w formie amoniaku (NH_3), tlenku azotu (NO) oraz podtlenku azotu (N_2O). Pierwszy z tych produktów powstaje w dużych ilościach podczas tlenowej fermentacji obornika, natomiast dwa pozostałe są produktami fermentacji beztlenowej.

Tymczasem w gnojowicy bydlęcej jest to ok. 50% zawartości N, a w nawozie pochodzącym z chlewni nawet do 70%. Dostępność azotu z obornika w pierwszym roku stosowania wynosi ok. 40%, a w latach następnych kolejne 30-40%. Dla fosforu wykorzystanie w pierwszym roku kształtuje się średnio na poziomie 20-25%, a w latach następnych osiąga 60-70%. Najszybciej z obornika uwalnia się potas, gdyż jego wykorzystanie jest podobne do nawozów mineralnych i waha się od 60 do 90%. Przyjmuje się, że azot zawarty w gnojowicy może pokryć zapotrzebowanie na ten składnik do 100% przy uprawie kukurydzy, ziemniaków pastewnych, zbóż jarych i traw, do 50-75% dla ziemniaków jadalnych i buraków, w 50% dla zbóż ozimych i 25% dla rzepaku ozimego. Przy ustalaniu dawek gnojowicy bierze się także pod uwagę tzw. równoważniki nawozowe, które mówią w jakim stopniu azot zawarty w gnojowicy działa w taki sam sposób jak z nawozów mineralnych. Równoważnik nawozowy przy wiosennym nawożeniu roślin okopowych i kukurydzy

wynosi 0,7; pozostałe rośliny 0,6; łąki i trawy w uprawie polowej 0,5. Przy jesiennym stosowaniu gnojowicy równoważnik ten wynosi tylko 0,3. Fosfor i potas w gnojowicy są tak samo dostępne dla roślin jak z nawozów mineralnych (równoważnik nawozowy = 1,0).

Zdecydowanie lepszym wskaźnikiem oceny plonotwórczego działania nawozu jest współczynnik wykorzystania składnika z nawozu. Można go zdefiniować jako stosunek ilości pobranego składnika do dawki danego pierwiastka zastosowanego w nawozie. Efekty stosowania nawozów naturalnych, wyrażające się ich wpływem na wielkość i jakość plonów roślin, można w uproszczeniu podzielić na krótkookresowe i długookresowe. Efekty krótkookresowe, ujawniające się w pierwszym, ewentualnie drugim roku po zastosowaniu nawozów polegają na działaniu pokarmowym zawartych w nich składników mineralnych, przede wszystkim azotu. Efekt długookresowy polega na wpływie tych nawozów na obieg glebowej materii organicznej i związane z tym zmiany właściwości biologicznych, fizycznych i chemicznych gleby. Oczywiście podział ten jest umowny i obydwa rodzaje efektów nakładają się na siebie co znacznie utrudnia ich śledzenie i planowanie odpowiednich układów doświadczeń. Jeszcze trudniejsza jest ilościowa wycena tych efektów w postaci pewnych wartości normatywnych, które mogłyby znaleźć zastosowanie w systemach doradztwa specjalistycznego. Nawozy naturalne przechowywane i stosowane z zachowaniem naukowo opracowanych metod nie powodują naruszenia równowagi ekologicznej środowiska. Działają korzystnie na właściwości gleb i przyczyniają się do efektywniejszego wykorzystania składników pokarmowych z nawozów mineralnych. Ich negatywne skutki ujawniają się w wyniku stosowania wysokich dawek i corocznego nawożenia

Wartość nawozowa gnojowicy zależy przede wszystkim od żywienia zwierząt, stopnia rozcieńczenia odchodów wodą, systemu obornika i także od rodzaju i ilości wykorzystanej ściółki oraz wielkości emisji związków azotu do powietrza. Gnojowica jest płynnym nawozem naturalnym o dużym ładunku zapotrzebowania na tlen. W zależności od zawartości suchej masy wyróżniamy gnojowicę gęstą (> 8% s.m.) oraz gnojowicę rzadką (< 8% s.m.). Skład gnojowicy zależy od gatunku, wieku i kondycji zwierząt, wielkości obsady, kierunku użytkowania zwierząt, intensywności produkcji i rodzaju paszy, warunków zoohigienicznych oraz ilości wody. Wykorzystana jako nawóz w dawce 10 m³ · ha⁻¹ wnosi do gleby 64 kg N, 40 kg P₂O₅ i 30 kg K₂O, przy zawartości suchej masy na poziomie 8%. Obliczenie ilości produkowanej gnojowicy w gospodarstwie można dokonać za pomocą współczynników przeliczeniowych na DJP. Uwzględniając wymagania *Dyrektywy azotanowej*, dotyczące ochrony środowiska przyrodniczego, dopuszczalna obsada zwierząt nie powinna przekraczać 2 DJP · ha⁻¹ UR. Produkcja moczu przez zwierzęta wzrasta wraz z intensywnością produkcji, odniesionej bezpośrednio do żywienia azotem. Wzrost intensywności żywienia prowadzi do proporcjonalnego wzrostu udziału azotu w moczu. Azot zawarty w odchodach, głównie w moczu, podlega stratom od kilku do kilkudziesięciu procent, a o wielkości jego strat decyduje sposób zagospodarowania odchodów, polegający na szybkim usuwaniu kału i moczu do zbiorników lub tworzeniu warunków do wchłaniania płynu przez ściółkę.

W przefermentowanej gnojówce około 90% N znajduje się w formie dostępnej dla roślin. Gnojówka może być stosowana przedsięwzięcie lub pogłównie po rozcieńczeniu wodą. Dawkę gnojówki ustala się w oparciu o zawartość potasu, natomiast potrzeby pokarmowe roślin względem N i P uzupełnia się nawozami mineralnymi.

Przechowywanie nawozów naturalnych – regulacje prawne

Regulacja prawna:

- Obliczenie wymaganej wielkości miejsc do przechowywania nawozów naturalnych poprzedza sporządzenie obrotu stada, obliczenie przelotowości zwierząt w grupie technologicznej, a następnie wyliczenie stanów średniorocznych. Wyliczone stany średnioroczne zwierząt przelicza się na DJP. Sposób sporządzenia obrotu stada, obliczenia sztuk przelotowych zwierząt i stanu średniorocznego określa *Załącznik nr 5 do Programu*. Sposób obliczania wymaganej pojemności zbiorników oraz wymaganej powierzchni miejsc przechowywania nawozów naturalnych określono w *Załączniku nr 6 do Programu*. W przypadku, gdy wyprodukowane w gospodarstwie nawozy naturalne podlegają procesom technologicznym przetwarzania lub zbyciu, wymagana wielkość urządzeń do przechowywania nawozów naturalnych może ulec stosownemu pomniejszeniu.
- Możliwe jest czasowe, jednak nie dłużej niż przez 6 miesięcy od dnia utworzenia każdej z przyzm, składowanie obornika bezpośrednio na gruntach rolnych, przy czym:
 - przyzmy lokalizuje się poza zagłębieniami terenu, na możliwie płaskim terenie, o dopuszczalnym spadku do 3%, w miejscu niepiaszczystym i niepodmokłym, w odległości większej niż 25 m od linii brzegu wód powierzchniowych;
 - lokalizację przyzmy oraz datę złożenia obornika w danym roku, na danej działce zaznacza się na mapie lub szkicu działki, które przechowuje się przez 3 lata od dnia zakończenia składowania obornika;
 - nie dopuszcza się ponownego składowania obornika na przyzmy w tym samym miejscu przez 3 lata.

Sposoby przechowywania obornika

Racjonalny produkcyjnie i ekologicznie system gospodarowania i przechowywania nawozów naturalnych, wymaga wdrożenia takiego sposobu produkcji nawozów, aby maksymalizując korzyści ekonomiczne, spełniać jednocześnie wymagania środowiskowe i oczekiwania społeczne. Analiza metod produkcji obornika wskazuje, że najsłabszym punktem całego procesu jest sposób przechowywania odchodów. Odchody, zależnie od systemu gromadzenia, ulegają rozcieńczeniu i transportowi do zbiorników na gnojowicę lub, wzbogacone w ściółkę są, transportowane na płytę obornikową. Bardzo często przyzmy obornika są zlokalizowane na przepuszczalnym podłożu, z którego odcieki dostają się do wód gruntowych lub najbliższego cieku wodnego. Z niezabezpieczonej przyzmy obornika deszcz wymywa duże ilości

rozpuszczalnej substancji. Gleba na podłożu w pobliżu przyzmy obornika zawiera bardzo duże ilości azotanów i amoniaku, często aż do poziomu wody gruntowej. Płyta obornikowa z odpływem lub separacją cieczy (tzw. stos luźny – SL) tworzy warunki tlenowe, prowadząc do znacznych strat C i N, nawet do 50%.

- **Przechowywanie obornika na płycie** – płyta powinna być oddalona od budynku mieszkalnego, studni i dróg publicznych. Dno płyty obornikowej powinno być utwardzone i nieprzepuszczalne dla wody; o lekkim spadku do środka lub na boki, aby woda gnojowa mogła spływać do specjalnie do tego przeznaczonego zbiornika. Zapobiega się w ten sposób przedostawaniu składników pokarmowych do środowiska. Obornik w miejscu składowania powinien być układany warstwowo, a następnie ubijany do 20-40 cm. W ubitym oborniku panują najlepsze warunki dla prawidłowego procesu fermentacji – ograniczony dostęp tlenu, temp. 25-30 °C. W oborniku luźno ułożonym (duży dostęp powietrza) temperatura wzrasta do 75 °C powodując straty węgla (CO_2) i azotu. W celu ograniczenia emisji NH_3 do atmosfery, przyzmę należy także przykryć ziemią torfową, słomą lub folią. Rozwiązaniem alternatywnym jest taka konstrukcja płyty, która gromadząc całość odchodów (100% kału i moczu; stos pełen – SP) pozwoli na znaczne zmniejszenie strat obu składników. Ekologiczna strona zagadnienia dotyczy nie

tylko azotu, lecz także węgla, jako źródła próchnicy glebowej. Oszacowane wielkości strat kształtują się odpowiednio na poziomie 9 kg/ha N i 0,2 t/ha CO_2 . W wyniku procesów fermentacji stosunek C:N w oborniku zawęża się od 30-40:1 do 15-20:1. Przeciętne straty C wynoszą 30%, natomiast azotu około 10%. Azot w oborniku stanowi w zdecydowanej ilości N-białkowy 60-80%, następnie N- NH_4 15-30%, N-amidowy 5-10% i N- NO_3 4%. W trakcie fermentacji beztlenowej obornika powstaje CH_4 , który wywołuje dwukrotnie większy efekt cieplarniany niż N_2O , powstający na skutek procesów denitryfikacji azotanów

- **Przechowywanie obornika w przyzmach na polu** – najlepiej, aby dane pole, na którym jest umieszczona przyzma było przeznaczone do nawożenia naturalnego. Miejsce pod przyzmę powinno być o równej powierzchni, ubitym i wyłożonym dnie materiałem łatwo chłoniącym wodę gnojową np. słomą, trocinami, łętami ziemniaczanymi.

Sposoby przechowywania gnojowicy i gnojówki

Zasady przechowywania i stosowania gnojowicy są zawarte w wielu różnych aktach prawnych. Kraje członkow-



Fot. 5.2. Składowanie obornika na płycie obornikowej (autor: R. Gaj)

skie UE obowiązuje stosowanie prawa unijnego, które jest nadrzędnym nad ustawodawstwem krajowym. *Dyrektywa a`zotanowa* zawiera zapis o zapewnieniu zbiorników o właściwej pojemności i konstrukcji do przechowywania odchodów zwierzęcych, a także wskazuje na podjęcie działań mających na celu zapewnienie ograniczenie zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych cieczami zawierającymi odchody zwierzęce i odcieki z przechowywania materiałów roślinnych, takich jak kiszonka. W przypadku konwencjonalnego wykorzystania gnojowicy konieczne jest zachowanie prawidłowych i racjonalnych zasad jej magazynowania oraz aplikacji dogłębowej. Pozwoli to na wykorzystanie jej pełnego potencjału nawozowego, przy jednoczesnym braku negatywnej ingerencji w środowisko naturalne.

Jednym z podstawowych sposobów jest przechowywanie gnojowicy w zamkniętych zbiornikach podziemnych, w których straty azotu nie przekraczają kilkunastu procent. Takie zbiorniki są nie tylko kosztowne, lecz także wymagają ścisłej kontroli uwalniających się gazów, włącznie z metanem. Magazynowania gnojowicy można dokonywać wyłącznie w szczelnych zbiornikach o pojemności umożliwiających gromadzenie przez okres do 6 miesięcy. W okresie, kiedy jej wywożenie na pole nie jest możliwe ze względów pogodowych (np. zamarznięta gleba) lub agrotechnicznych (rośliny w trakcie wegetacji), konieczne jest ich składowanie w zbiornikach (gnojówka i gnojowica) w sposób bezpieczny dla środowiska. Problem zagospodarowania gnojowicy może pojawić się na terenach o znaczącej koncentracji ferm bezściołowych. W takiej sytuacji rozwiązaniem może być rozdzielanie gnojowicy na frakcję stałą, bogatą w fosfor oraz frakcję płynną, która zawiera przede wszystkim azot i potas. Frakcja stała może być zbywana jako nawóz organiczny w oddalonych regionach lub może być kompostowana.

Odseparowana frakcja może być składowana w sposób uporządkowany na wysokiej przymie (koniecznie pod przykryciem) i może być zastosowana jako nawóz organiczny albo ulepszcacz glebowy w dowolnej chwili. Zaletą takiego rozwiązania jest ograniczona emisja odorów (pod warunkiem przykrycia przymy), redukcja kosztów magazynowania i transportu nawozu, dzięki zmniejszonej jego objętości (Hjorth i in. 2010). Frakcja płynna jest zagospodarowana natomiast lokalnie, jako płynny nawóz aplikowany bezpośrednio do gleby za pomocą węży wleczonych lub iniekcji dogłębowej (Jurga 2016). Podczas magazynowania gnojowicy zachodzą procesy sedymentacji (osadzanie się zawieszin na dnie zbiornika pod wpływem siły ciężkości) i flotacji (proces rozwarstwiania), a powstający na powierzchni kożuch powoduje, że we wnętrzu zachodzą procesy przemian beztlenowych. W konsekwencji dochodzi do strat materii organicznej i azotu (średnio na poziomie 5-15% w okresie od 180 do 250 dni), przy jednocześnie wysokiej koncentracji azotu amonowego.

Na zewnątrz budynków inwentarskich gnojowica może być przechowywana w zbiornikach tzw. lagunach (fot. 5.3.). Zbiorniki te są zabezpieczone podwójną membraną oddzielającą gnojowicę od gruntu. Do tej pory, zbiorniki te miały charakter otwarty, jednak nowe technologie umożliwiają ich przykrycie. Poprzez szczelną membranę opartą na licznych podporach.



Fot. 5.3. Laguny do magazynowania gnojowicy (autor: K. Bąk)

Specjaliści wskazują, iż wadą lagun jest ryzyko uszkodzenia foli, która wyściela nieckę zbiornika. Może do tego dojść w trakcie mieszania gnojowicy, szczególnie osadzonej warstwy dennej i w konsekwencji może wystąpić ryzyko wycieku gnojowicy do gruntu. Zaletą takiego rozwiązania jest relatywnie niski koszt budowy i redukcja emisji amoniaku, której dokonuje się przez stosowanie różnych przykryć. Takie rozwiązanie jest jednak możliwe, tylko wtedy kiedy zawartość suchej masy gnojowicy nie przekracza 7%. Nieprzykryte laguny stanowią groźne źródło emisji amoniaku. Innym rozwiązaniem magazynowania gnojowicy są naziemne, betonowe lub stalowe zbiorniki. W takich przypadkach gnojowica z budynków inwentarskich jest transportowana do zbiornika przez studzienkę odbiorczą (Zbytek, Talarczyk 2008).

Aktualnie duże fermy produkcyjne trzody chlewnej wykorzystują szereg rozwiązań w obszarze przechowywania gnojowicy, do najczęściej stosowanych zalicza się np. *zbiorniki typu CORTEN* – są to okrągłe zbiorniki służące do przechowywania gnojowicy, najczęściej wyposażone w systemem mieszania w celu homogenizacji gnojowicy tuż przed aplikacją. W zależności od pojemności zbiornika gnojowica może być przechowywana przez dłuższy, (fot. 5.4.).

Najbardziej popularnym rozwiązaniem gromadzenia gnojowicy są zbiorniki pod rusztami (fot. 5.5.). Taki sposób przechowywa-



Fot. 5.4. Zbiorniki typu Corten do magazynowania gnojowicy (autor: K. Bąk)

nia gnojowicy może odbywać się przez dłuższy lub krótszy czas w zależności od pojemności zbiornika.

W celu uniknięcia sedymentacji części stałych gnojowicy w dużych zbiornikach, służących do magazynowania gnojowicy przez kilka miesięcy, stosuje się jej hydrauliczne mieszanie lub separację mechaniczną (fot. 5.6.). Separator zmniejsza zawartość suchej masy

w gnojowicy oraz pozwala na uniknięcie osadzania się frakcji stałej w zbiorniku. Powstała w ten sposób masa może być zagospodarowana na gruntach, gdzie nie ma możliwości rozłożenia linii węży transportujących gnojowicę oraz rurociągów podziemnych.

Innym systemem nowej generacji, umożliwiającym przechowywanie gnojowicy, jest jej gromadzenie w szczelnych workach



Fot. 5.5. Zbiornik gnojowicy pod rusztami (autor: K. Bąk)



Fot. 5.6. Separator mechaniczny do gnojowicy (autor: K. Bąk)

z PVC. Płaskie naziemne worki w kształcie foremnych prostopadłościanów mają pojemność od 200 do 5 000 m³ i wymiary do 30 x 61 m. Są wykonane z dwustronnie wzmocnionego plastycznego poliestru, o dużej wytrzymałości i trwałości.

Podsumowanie

Rolę nawozów naturalnych w gospodarstwie należy rozpatrywać w kontekście ich wartości nawozowej oraz pełnionej funkcji ekologicznej. Uwzględniając pierwszy aspekt, należy pamiętać, że nawozy naturalne dostarczają roślinom uprawnym poza: N,

P, K niezbędnych makroskładników i mikroskładników; zwiększają aktywność biologiczną gleby; zmniejszają niekorzystne skutki silnego zakwaszenia gleby; poprawiają strukturę gleby; zwiększają efektywność plonotwórczą nawozów mineralnych. Z punktu widzenia ekologicznego nieoceniony jest wpływ nawozów naturalnych na wzrost zawartości próchnicy, która zmniejsza przemieszczanie się w środowisku toksycznych składników organicznych i nieorganicznych (metale ciężkie) oraz zmniejsza straty składników mineralnych w wyniku wymywania (fosfor). Istotną sprawą jest wprowadzenie nowych technologii umożliwiających właściwe magazynowanie i utylizację nawozu naturalnego zgodnie z obowiązującymi standardami w tym zakresie.

Literatura:

1. Gaj R., Bellaloui N. 2012. Evaluation of phosphorus and nitrogen balances as an indicator for the impact of agriculture on environment: A comparison of a case study from Poland and Mississippi US. *Agricultural Sciences*, 3: 317-329.
2. Hjorth M., Christensen K., V., Christensen M.L., Sommer S.G. 2010. Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 153-180.
3. Jurga B., Winiarski R. 2016. Innowacje w zagospodarowaniu i stosowaniu nawozów naturalnych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, Z. 48(2): 19-34.
4. Pikula D. 2014. Racjonalne gospodarowanie nawozami naturalnymi i organicznymi. *Studia i Raporty IUNG-PIB*. Z. 37(11): 57-67.
5. Zbytek Z., Talarczyk W. 2008. Gnojowica a ochrona środowiska naturalnego. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna*. 4: 12-14.



6.1. Sposoby żywienia i utrzymywania bydła. Gospodarka pastwiskowa, produkcja kiszonek oraz ich wpływ na środowisko

Pomykała Dariusz

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu

Wstęp

Rozwój intensywnej produkcji zwierzęcej przyczynił się do podwyższenia standardów technologicznych w rolnictwie. Intensywne metody żywienia i utrzymania, mogą stanowić źródło wielorakich szkodliwych oddziaływań na jakość środowiska naturalnego. Zwracając uwagę na żywienie zwierząt należy zaznaczyć bardzo szerokie możliwości oddziaływania poprzez samą technikę żywienia czy wziąć pod uwagę wykorzystanie różnych komponentów paszowych, które powodują produkcję mniejszej ilości azotu przez zwierzęta. Powszechnie są stosowane dodatki paszowe w postaci: probiotyków, enzymów, zakwaszaczy, tanin, olejów, ale również takie elementy, które naturalnie zwiększają strawność paszy. Są nimi zawartość suchej masy (sm) oraz zastosowanie w żywieniu roślin motylkowych (skład i dawki). Poprawa strawności czy skarmianie młodych traw albo dodatków śruty roślin oleistych również skutkuje podobnym efektem redukcji metanu.

Kolejnym istotnym czynnikiem jest system utrzymania zwierząt. Rozpowszechniony w fermach przemysłowych beźciółkowy system utrzymania zwierząt odpowiada za powstawanie odchodów zwierzęcych w postaci gnojowicy. Występujące w dużej ilości odchody zwierzęce wymagają właściwego zagospodarowania. Gnojowica jest bowiem źródłem wielu zagrożeń, wśród których należy wymienić przedostawanie się w nadmiernych ilościach związków biogenych do gleb oraz wód powierzchniowych i gruntowych. Uwzględniając zagrożenia, które niesie za sobą intensywna produkcja zwierzęca w poniższym opracowaniu przedstawiono kilka zagadnień, które mogą znacząco oddziaływać na środowisko.

Żywienie bydła

Bydło na różnych etapach rozwoju i fazach cyklu rozrodczego ma różne optymalne wymagania pokarmowe. Grupowanie zwierząt na podstawie ich wymagań pokarmowych umożliwia bardziej dokładne obliczanie indywidualnych dawek. Zwiększa to efektywność wykorzystania składników żywieniowych przez zwierzęta i powoduje zmniejszenie wydalania azotu w odchodach.

Zwierzętom często podaje się dawki żywieniowe, zawierające ponadnormatywne dla ich potrzeb ilości azotu, zakładając, że takie postępowanie chroni przed obniżeniem produkcji. W rzeczywistości zwierzęta nie wykorzystują nadmiernych ilości azotu. Wydalają je z kałem i moczem, co prowadzi do większej zawartości tych składników w nawozach naturalnych. Nadmiar azotu jest wydalany z moczem w postaci mocznika, co zwiększa ryzyko strat amoniaku. Dlatego też odpowiednie zbilansowanie składników pokarmowych w paszy jest kluczowym czynnikiem, zapewniającym zdrowie zwierząt i wymagania produkcyjne, a jednocześnie minimalizującym negatywny wpływ na środowisko. W celu poprawy efektywności wykorzystania składników pokarmowych wszystkie komponenty paszowe, pochodzące z zakupu i z własnej produkcji, wymagają starannego zarządzania i analizy zawartości składników pokarmowych i wartości odżywczej. Bilansowanie dawek pokarmowych stwarza szansę na zapewnienie zdrowia zwierząt i wymagań produkcyjnych, a jednocześnie minimalizację negatywnego wpływu na środowisko.

Jedną z istotnych metod ograniczających wydalanie azotu jest prawidłowe zbilansowanie białka ogólnego w paszach, którego zalecany poziom przedstawiono w tabeli poniżej:

Tabela 6.1. Orientacyjny poziom białka dla przeżuwaczy o standardowej zawartości 88% sm. Źródło: Walczak J. 2017. Wyznaczenie uzupełniających i nowych obszarów badawczych w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa. Opracowanie monograficzne. IZ- PIB Kraków

Grupa technologiczna	Faza produkcji	Poziom BO (%)
Krowy mleczne	Początek laktacji	15–16
	Koniec laktacji	12–14
Jałówki	–	12–13
Opasy	Cielęta	17–19
	Do 3 msc.	15–16
	3-6 msc.	13–14
	Powyżej 6 msc.	12

W żywieniu bydła są wykorzystywane głównie pasze gospodarskie, których jakość nie zawsze jest zadowalająca. W dawkach pokarmowych występują niedobory energii, jak również białka. Bardzo często jest to spowodowane złym doбором ilościowym i jakościowym poszczególnych pasz, który nie pokrywa potrzeb pokarmowych zwierząt.

Podstawą opłacalnej produkcji są doskonałe pod względem jakości i wartości pokarmowej pasze objętościowe. Dla zachowania prawidłowej fermentacji w żwacu oraz uniknięcia zagrożenia wystąpienia kwasicy, udział suchej masy, pochodzącej z pasz objętościowych w dawce pokarmowej dla krów w laktacji powinien wynosić ok. 60%. Przy bilansowaniu dawki dla krów o bardzo wysokiej wydajności mlecznej – 40 kg/dzień, aby pokryć zapotrzebowanie na białko i energię, jesteśmy zmuszeni niebezpiecznie obniżyć udział pasz objętościowych w dawce na rzecz pasz treściwych. Mimo wszystko, nie należy również zanadto obniżać tej granicy dla uniknięcia zaburzeń metabolicznych. Jako bezpieczne minimum należy przyjąć, że 50% suchej masy dawki pokarmowej powinny dostarczać pasze objętościowe. Oznacza to, że koncentracja składników energetycznych i białka w 1 kg suchej masy paszy objętościowej powinna być jak najwyższa, zbliżona (bądź nawet taka sama, jak w paszach treściwych). Najbardziej popularną paszą objętościową jest obecnie kiszonka z kukurydzy. Jest to bardzo dobre źródło energii pochodzącej ze skrobi oraz włókna. Jest ona jedną z najtańszych i najlepszych pasz objętościowych dla krów mlecznych. O jakości kiszonki z kukurydzy decyduje przede wszystkim termin jej zbioru na kiszonkę. Najlepiej, gdy w momencie zbioru roślina jest w dojrzałości woskowo-szklistej ziarna, ma 28–34% suchej masy, a udział kolb w suchej masie wynosi ponad 40%. Przy zawartości suchej masy na poziomie 28–34% pasza kisi się najlepiej, koncentracja energii jest na odpowiednim poziomie, a straty spowodowane wyciekami soków kiszonkarskich są najmniejsze.

Prawidłowo zbilansowana, pod względem zawartości białka i energii, dawka pokarmowa dla krów mlecznych to podstawowy warunek optymalnego przebiegu laktacji i właściwego składu mleka. Szczególnie wrażliwą grupę żywieniową stanowią krowy o wysokiej wydajności, u których należy zwrócić uwagę na udział w dawce pokarmowej pasz dostarczających dwóch podstawowych składników, tj. białka i energii oraz ich wzajemnych relacji. Z niedoborami tych składników spotykamy się zwłaszcza w szczytowym okresie laktacji, kiedy potrzeby pokarmowe krowy przekraczają możliwości pobrania odpowiednich składników z paszy, a powstały deficyt musi być pokryty z rezerw organizmu. Szczególnie szkodliwy jest nadmiar białka w paszy oraz nadmierny deficyt energii, powodujący wzmożone uruchamianie rezerw energetycznych. Są to podstawowe przyczyny pogorszenia wskaźników rozrodu, zwiększenia kosztów inseminacji i opieki weterynaryjnej. Najtańszym sposobem zwiększenia koncentracji energii w dawkach pokarmowych krów w laktacji jest przygotowanie pasz objętościowych o dużej koncentracji energii, czyli umiarkowanej, dostosowanej do precyzyjnie określonych potrzeb pokarmowych, zawartości węglowodanów strukturalnych: włókna surowego, kwasnego włókna detergentowego (*acid detergent fiber* – ADF) i neutralnego włókna detergentowego (*neutral detergent fiber* – NDF). Niezależnie od wartości pokarmowej pasz objętościowych prawidłowe żywienie krowy o dużej wydajności

wymaga wprowadzenia do dawki pokarmowej dużych ilości mieszanek treściwych, opartych w znacznym stopniu na ziarnach zbóż. Nawet doskonałe pasze objętościowe uzupełnione w pierwszych tygodniach laktacji umiarkowaną dawką paszy treściwej (6–7 kg), nie pokryją potrzeb pokarmowych krowy o dużej dziennej wydajności (ponad 30 kg mleka). Problem ten pogłębia się szczególnie w przypadku krów pierwiastek, u których bardzo duży spadek masy ciała w pierwszym okresie laktacji często kończy się wybrakowaniem ze stada ze względu na jałowosć. O utrzymaniu prawidłowej zdrowotności krów przy skarmianiu dużych dawek paszy treściwej decyduje wiele czynników, ale do najważniejszych należy zaliczyć technikę żywienia i dobór jakościowy komponentów pasz treściwych.

Kolejną metodą skutkującą zmniejszeniem wydalania azotu jest żywienie wielofazowe bydła. Metoda ta polega na precyzyjnym pokryciu zapotrzebowania pokarmowego bydła, uwzględniając ich aktualny cykl produkcyjny. Przykładowo, stado krów mlecznych może zostać podzielone na grupy o różnej wydajności mlecznej o zróżnicowanym żywieniu w stosunku do potrzeb produkcyjnych. Żywienie typu TMR (*total mixed ration*) przy użyciu wozów paszowych będzie realizowane zatem dla każdej grupy osobno.

Okazuje się, że nawet przy doskonale zbilansowanej pod każdym względem dawce pokarmowej, nieprecyzyjna technika żywienia i nieprawidłowa struktura dawki są przyczyną dużych kłopotów. Kluczowe jest, między innymi, precyzyjne odmierzenie poszczególnych składników przy przygotowywaniu paszy. Brak wozów paszowych, czyli urządzeń wyposażonych w wagę, nie pozwala na żywienie dawkami, które pokrywają zapotrzebowanie krów. Zadawanie pasz objętościowych „z przyczep”, bez ich ważenia, wprowadza dodatkowo element zmienności pomiędzy kolejnymi dniami, co negatywnie wpływa na środowisko żwacza. W wozie paszowym są mieszane pasze objętościowe z paszami treściwymi, co zmniejsza ryzyko wystąpienia subklinicznej kwasicy żwacza. Bezpieczne skarmianie dużych dawek pasz treściwych (mieszanek treściwych) umożliwia dwie technologie żywienia, które sprzyjają stabilizacji przemiany żwaczowej. Należą do nich: stacje żywienia dawkujące małe, jednorazowe dawki paszy treściwej oraz TMR – dawka kompletna. System TMR polega na bardzo precyzyjnym odważeniu poszczególnych komponentów dawki pokarmowej oraz ich dokładnym wymieszaniu. Można zdefiniować go jako system, w którym wszystkie pasze objętościowe, treściwe, mineralne i inne dodatki podawane są razem po wymieszaniu ze sobą jako „pasza pełnoporcjowa”. Główną zaletą tego systemu jest całkowicie wymieszana pasza, która stanowi kompletną dawkę pokarmową dla krów. Pobieranie paszy w postaci mieszanki uniemożliwia krowom wybiórcze wyjadanie poszczególnych, bardziej smakowitych komponentów. Taki system sprzyja równocześnie większemu pobieraniu suchej masy.

Inną z metod żywieniowych ograniczających wydalanie azotu jest zwiększenie okresu pastwiskowania bydła. Sposób ten polega na większym dziennym udziale pastwiskowania krów oraz wydłużeniu okresu pastwiskowego. Przyjmuje się, że moczu ulega szybkiemu wchłonięciu do gleby, przez co jest redukowany czas emisji, a brak mieszania się kału i moczu zapobiega emisyjnemu oddziaływaniu ureazy moczu. Dodatkowo, utrzy-

mywane pastwiskowo bydło, nie defekuje w pomieszczeniach, co obniża wolumen emisji z samego budynku, jak i płyt obor-nikowych czy zbiorników gnojowicowych. Szacuje się, że me-toda ogranicza emisję amoniaku o ok. 20 %.



Fot. 6.1. Żywienie bydła przy wykorzystaniu wozu paszowe-go (źródło: CDR o/Radom)

Systemy utrzymania bydła

Redukcja rozproszenia azotu oraz jego depozycja w dużej mierze zależą od systemu chowu i gatunku zwierząt. Poziom i zmienność emisji tego składnika z budynków inwentarskich kształtuje wiele czynników, które również wzajemnie na siebie oddziałują. Straty azotu z obiektów, w których przebywają zwierzęta, można ograniczyć wieloma sposobami. Jednym z nich jest zmniejszenie odsłoniętej powierzchni nawozów naturalnych i skrócenie czasu pozostawiania tych nawozów na powietrzu. W oborach ściółko-wych zaleca się stosowanie większej ilości słomy do ściółkowania i zapewnienie szybkiego odpływu moczu do zbiornika, jak również utrzymanie poidel i przewodów doprowadzających wodę w dobrym stanie, aby uniknąć jej wycieku. W oborach bezściółkowych konstrukcja rusztów powinna umożliwiać swobodne przemieszczanie się odchodów do kanałów gnojowych, a te z kolei powinny być wykonane w taki sposób, aby minimalizować odsłoniętą powierzchnię znajdującą się w nich gnojowicy. Zalecane jest częste usuwanie odchodów krów z korytarza gnojowego – nawet 3-4 razy dziennie. Poprzez takie działania szacuje się redukcję strat azotu nawet do 20%.

Istotne jest unikanie wysokiej temperatury – im wyższa w bu-dynkach inwentarskich, tym większe rozproszenie azotu. Dla-tego nie powinna przekraczać optymalnego poziomu. Izolacja termiczna wpływa na redukcję temperatury w oborze i zmniej-szenie tempa biochemicznych reakcji uwalniania amoniaku. Ko-lejną kwestią jest dostosowanie przepływu powietrza – zastoso-wanie technik wentylacyjnych, które wytwarzają małą prędkość powietrza wokół miejsc składowania nawozów organicznych. Szybkość przepływu powietrza w miejscach składowania obor-



Fot. 6.2. Pastwiskowanie bydła (źródło: CDR o/Radom)

nika należy zminimalizować, ponieważ ilość amoniaku wydzielanego przez nawóz zwiększa się wraz ze wzrostem cyrkulacji powietrza.

Kolejna z metod to dodawanie do ściółki preparatów chemicznych, mineralnych lub mikrobiologicznych. Działanie tych preparatów polega na wiązaniu amoniaku w trwałe związki chemiczne oraz wpływa na rozwój mikroflory i właściwości fizykochemiczne (suszenie i obniżenie pH ściółki), co z kolei prowadzi do zmniejszenia wydzielania amoniaku. Nie bez znaczenia jest stosowanie biofiltrów, które zmniejszają emisję amoniaku w wyniku adsorpcji gazu przez organiczne adsorbenty, takie jak: słoma, plewy, siano, kora z drzew iglastych i liściastych.

W chowie bydła mlecznego najbardziej rozpowszechnione są dwa systemy utrzymania: system uwięziowy i system wolnostanowiskowy. W każdym z tych systemów można stosować ścielenie stanowisk słomą lub innymi materiałami izolacyjnymi, albo chów bezściółkowy. W pierwszym wypadku, jako produkt odpadowy uzyskuje się obornik, stanowiący cenny nawóz organiczny, w drugim odchody są gromadzone w postaci gnojowicy, której działanie na środowisko jest bardziej agresywne, a jej rolnicze wykorzystanie obwarowane dodatkowymi warunkami. Gnojowica jest wartościowym źródłem nawozu. Jednak jej stosowanie w nadmiarze lub w niewłaściwych okresach agrotechnicznych, może spowodować poważne zanieczyszczenie środowiska. Przede wszystkim chodzi o przenikanie azotu do gleb, który w dużych ilościach znajduje się w gnojowicy. Nadmiar azotu w glebie przedostaje się, w postaci azotanów, również do wód gruntowych, skażając je.

Bydło mięsne i jałówki, a w krajach o łagodniejszym klimacie również krowy mleczne, bywają utrzymywane systemem wolnowybiegowym, czyli w pomieszczeniach dających osłonę przed wiatrem i opadami, a jakie zwierzęta mogą w każdej chwili opuścić. W takim systemie zadawanie paszy i pojenie odbywa się na okólniku, poza budynkiem.

System uwięziowy

W systemie uwięziowym krowy są utrzymywane w oborach uwięziowych i przebywają na indywidualnych stanowiskach. Istnieje wiele typów stanowisk i stosowanych w nich uwięzi. Wszystkie powinny jednak zapewniać wygodny dostęp do paszy i wody, umożliwiać swobodne kładzenie się i wstawanie oraz utrzymanie stanowiska w czystości.

Krowy na swoich stanowiskach są karmione, pojone, dojone, a często również rodzą. Zdarza się, że nie opuszczają swych stanowisk przez cały okres ich użytkowania. Dla zapewnienia dobrego zdrowia jest wskazane codzienne wypuszczanie zwierząt na okólnik oraz stosowanie wypasu. W oborach uwięziowych stosowane są różne sposoby usuwania odchodów. Najprostsze i najbardziej niezawodne jest wykorzystanie w dużych oborach ciągnika z czołowym zgarniaczem do wygarniania obornika na zewnątrz budynku. Dość rozpowszechnione jest stosowanie zgarniaczy łańcuchowych przesuwających się w odkrytym kanale gnojowym. W mniejszych oborach usuwanie odchodów odbywa się ręcznie.

Uwięziowy system utrzymania jest wciąż najbardziej rozpowszechniony w Polsce – zwłaszcza w mniejszych oborach. Wraz z wzrastającą skalą produkcji coraz bardziej popularny staje się jednak system wolnostanowiskowy pozwalający na lepszą organizację pracy i zapewniający zwierzętom lepsze warunki.

System wolnostanowiskowy

Obory wolnostanowiskowe są wyposażone w stanowiska przylegające (kombiboksy) lub odsunięte od korytarzy paszowych (boksy).

Kombiboksy pełnią podwójną rolę. Są miejscem wypoczynku i jednocześnie zapewniają krowom dostęp do paszy. Boksy pełnią wyłącznie funkcje wypoczynkowe. Krowy mogą swobodnie przemieszczać się korytarzami gnojowo-spacerowymi i wybierać dowolne stanowisko do odpoczynku. W takich warunkach nie jest możliwe przeprowadzanie doju czy zabiegów pielęgnacyjnych, wymagających unieruchomienia krowy. Utrudnione może być również indywidualne żywienie krow, w pełni dostosowane do ich aktualnych potrzeb. Rozwiązaniem jest podział stada na tzw. grupy technologiczne, czyli stawki krow o podobnym zapotrzebowaniu na paszę. W dużych stadach wydziela się zazwyczaj od 3 do 6 grup technologicznych, w zależności od wydajności i stanu fizjologicznego zwierząt. Skład grupy technologicznej nie powinien być zmieniany zbyt często, gdyż każda zmiana powoduje konieczność ponownego ustalenia hierarchii, co może wywoływać walki i niepokoić zwierzęta. Indywidualne żywienie paszami treściwymi jest możliwe dzięki zastosowaniu stacji paszowych, czyli wydzielonych, zautomatyzowanych stanowisk do zadawania paszy treściwej.

Chów bezściółkowy

Dość częstym rozwiązaniem w oborach wolnostanowiskowych jest chów bezściółkowy. Przy takim systemie korytarze spacerowe często są wyposażone w betonowe podłogi szczelinowe. Odpowiednio dobrana szerokość szczelin umożliwia przedepntywanie przez krowy odchodów do zbiornika na gnojowicę, znajdującego się pod oborą. Koszt wybudowania szczelnych, podziemnych zbiorników, o pojemności pozwalającej przechowywać odchody do momentu, w którym będzie możliwe ich wykorzystanie do nawożenia upraw, jest jednak bardzo wysoki. Bezściółkowe utrzymanie krow jest możliwe bez stosowania podłóg szczelinowych. Odchody są wówczas usuwane z powierzchni litej podłogi przez zgarniaki. Zastosowanie tego systemu może być uzasadnione w rejonach o szczególnie dużych obszarach trwałych użytków zielonych i trudności w uzyskaniu słomy na ściółkę.

Utrzymanie na głębokiej ściółce

W oborach, gdzie jest stosowany system utrzymania na głębokiej ściółce, nie ma wydzielonych indywidualnych stanowisk wypoczynkowych. Grubą warstwą słomy zaścielana

jest cała powierzchnia obory lub tylko część wypoczynkowa. Część paszowa jest w tym drugim wypadku dostępna dla zwierząt po pokonaniu przez nie kilku szerokich schodów. Część paszowa, przylegająca do stołu paszowego lub żłobu, jest najczęściej wyposażona w podłogę szczelinową. Znaczna początkowo różnica w poziomie części legowiskowej i paszowej zmniejsza się po dokładaniu kolejnych warstw ściółki. Jej wymiana odbywa się zazwyczaj raz na kilka miesięcy. Utrzymywanie bydła na głębokiej ściółce zapewnia mu największy komfort, ogranicza częstość urazów nóg, ale utrudnia utrzymanie zwierząt w czystości i wymaga częstszej korekcji racic.

W porównaniu z systemem uwięziowym utrzymanie krów w oborach wolnostanowiskowych lub na głębokiej ściółce zapewnia:

- większą swobodę ruchów bez ograniczania naturalnych zachowań;
- możliwość manifestacji najważniejszych objawów rui, tj. obskakiwania innych krów i odruchu tolerancji, co ułatwia jej wykrywanie i przyczynia się do lepszej płodności stada;
- lepsze warunki doju, które często przekładają się na lepszą jakość higieniczną pozyskiwanego mleka i lepszą wydajność pracy obsługi;
- zazwyczaj lepszy stan zdrowia krów, co ma związek z możliwością swobodnego ruchu.

Wadą tych systemów jest konieczność wybudowania dodatkowych pomieszczeń na porodówkę i halę udojową, co znacznie podnosi koszt inwestycji.

Gospodarka pastwiskowa

Organizacja gospodarki pastwiskowej opiera się na dwóch systemach – rotacyjnym i ciągłym. W systemie rotacyjnym najczęściej prowadzi się wypas sposobem kwaterowym, z dawkowaniem paszy na uwięzi (palikowanie zwierząt), natomiast w systemie ciągłym – sposobem wolnym (zwanym też bezplannym).

Rotacyjny system wypasu polega na kilkukrotnym (4–6 razy) spasanii runi w ciągu sezonu pastwiskowego. Należy tak zorganizować wypas, aby czas jego trwania w jednej rotacji był możliwie jak najkrótszy, natomiast czas odrastania runi możliwie długi, jednak – niezależnie od jej wysokości – nie dłuższy niż ok. 5 tygodni. W sezonie pastwiskowym spasanie runi powinno trwać 20% czasu, a jej odrastanie – 80%. W sezonie trwającym około 160 dni ogólny czas spasania runi we wszystkich rotacjach nie powinien przekraczać 30 dni, a okres odrastania – pozostałą część sezonu, czyli około 130 dni.

Sposób kwaterowy polega na wydzieleniu na pastwisku równych powierzchniowo kwater. Dla bydła powinno ich być 10–12. Czas spasania runi na kwaterze nie powinien przekraczać 5 dni w przypadku bydła. Sposób kwaterowy jest polecany dla gospodarstw prowadzących intensywny chów zwierząt,

zwłaszcza krów mlecznych, potrzebujących paszy o najwyższych walorach pokarmowych. Duża liczba kwater wiąże się z dużymi kosztami urządzenia pastwiska. Wzrastają też koszty eksploatacyjne związane z wypasem zwierząt, tj.: częstym ich przepędzaniem na inną kwaterę oraz wykonywaniem, po skończeniu wypasu w danej kwaterze, różnych zabiegów, zwłaszcza nawożenia, wykaszania niedojadów czy przeciągania koryt ruchomych wodopojów.

Wypas wolny polega na ciągłym spasanii runi, od wiosny do jesieni, na całej powierzchni pastwiska. Charakterystyczną jego cechą jest brak nawożenia w sezonie pastwiskowym za wyjątkiem tylko wczesnowiosennego (przed wypasem). Pielęgnowanie pastwiska ogranicza się wyłącznie do wiosennego rozrucenia kretowisk. Nie reguluje się też liczebności stada. W tym sposobie użytkowania pełne zaspokojenie potrzeb pokarmowych zwierząt jest możliwe tylko w maju i czerwcu. W następnych miesiącach zapotrzebowanie na paszę znacznie przekracza jej podaż. Dorosła krowa o masie ciała 500 kg (DJP) może zjeść dziennie 50–70 kg zielonki (12 – 15 kg sm). Dla zaspokojenia tych potrzeb pokarmowych na 1 ha powinno dziennie przyrastać tyle samo zielonej masy. Ciągłe spasanie runi prowadzi do selekcji negatywnej. Zwierzęta pewne gatunki roślin zjadają chętniej, inne mniej, a jeszcze inne omijają, z kolei intensywność przyrostu plonu zielonki stanowi zaledwie 20–30% ilości możliwej do uzyskania po zastosowaniu systemu rotacyjnego. Tempo przyrastania plonu suchej masy w ciągu sezonu pastwiskowego jest nierównomierne, najintensywniejszy przyrost plonu stwierdza się w II odroście runi, a najmniejszy w odroście V. Tempo przyrastania runi w sezonie pastwiskowym zależy także od poziomu nawożenia, zaopatrzenia roślin w wodę oraz od składu botanicznego runi.

Nawożenie pastwisk

Poziom nawożenia pastwisk zależy od wielkości plonów i ich jakości oraz od zasobności gleby w składniki pokarmowe i składu botanicznego runi. W celu określenia precyzyjnej dawki nawożenia zalecane jest wykonanie analiz zasobności gleby w składniki nawozowe oraz weryfikacji zawartości składników pokarmowych w paszy. Pastwisko jest nawożone przez cały okres wypasu zwierząt ich odchodami. Obliczając wielkości dawek nawozów należy uwzględnić te ich ilości, które dostają się do gleby wraz z odchodami zwierząt. Jedna duża jednostka przeliczeniowa (DJP) przez sezon pastwiskowy (trwający 160–170 dni) pozostawia odchody, w których znajduje się ok. 30–35 kg N, 6 kg P i 15 kg K. Średnie wykorzystanie azotu wynosi 50% (wykorzystanie maleje wraz z upływem sezonu pastwiskowego), wykorzystanie fosforu – 100% i potasu – ok. 80%. Ponadto poziom nawożenia pastwiska determinują: zasobność gleby, wielkość spodziewanego plonu, zawartość w nim określonych pierwiastków, składników oraz obsada zwierząt.

Orientacyjne potrzeby pokarmowe runi pastwiskowej – w przeliczeniu na 1 t suchej masy plonu (ok. 5 t z.m.) – są następujące: ok. 35 kg azotu (N), 4,3 kg fosforu (P), 20 kg potasu (K), 9 kg wapnia (Ca), 3 kg magnezu (Mg) i 2,5 kg sodu (Na). Po przeliczeniu powyższych składników na plon cało-

roczny, np. 6 t s.m. (ok. 30 t z.m.) ich zawartość wyniesie: 210 kg N, 25,8 kg P, 120 kg K, 54 kg Ca, 18 kg Mg i 15 kg. Mimo, że w gospodarce pastwiskowej pierwszoplanowe znaczenie mają azot, fosfor i potas, to nie należy zapominać o innych składnikach, takich jak: wapń, magnez, sód, miedź i inne mikroelementy.

Nawożenie azotem

Na pastwiskach najbardziej plonotwórczym składnikiem jest azot. Jego wykorzystanie z nawozów jest zróżnicowane i waha się od ok. 30 do 70%. Nawożenie nim określa poziom intensywności gospodarowania. Celem maksymalnego wykorzystania azotu w procesie tworzenia się plonu i jednocześnie ograniczenia rozpraszania go do środowiska zaleca się stosowanie dawek i porcji adekwatnych do żyzności gleby, wielkości spodziewanego plonu oraz jego jakości. W naszych warunkach klimatyczno-glebowych, na glebach mineralnych, roczne dawki azotu zawierają się między 60 a 170 kg N/ha, a na glebach organicznych między 30 a 120 kg N/ha. Niskie dawki azotu zalecane są na gleby lekkie w stanowiskach suchych, na których dostatek wody występuje tylko w okresie wiosennym oraz na glebach organicznych, podsychających, podatnych na murszenie i intensywną mineralizację substancji organicznej, w których uwalniają się duże ilości tego składnika. Natomiast większe dawki azotu stosuje się na pastwiskach położonych na glebach dobrze uwilgotnionych, w runi, w których dominują: życica trwała, wiechlina łąkowa, kostrzewa łąkowa, kupkówka pospolita czy tymotka łąkowa. Zalecane jest stosowanie azotu w 4–5 porcjach. Wielkość pojedynczych porcji powinna się zawierać między 20 a 60 kg N/ha. W warunkach dość krótkiego czasu odrastania runi większe porcje azotu mogą pogarszać jego wykorzystanie, jakość paszy i zagrażać środowisku. Łatwa dostępność azotu dla roślin może powodować szybkie jego pobieranie przez rośliny i kumulowanie mineralnych jego form (azotany), co pogarsza jakość paszy, zwłaszcza w pierwszych 1–2 tygodniach po wysiewie nawozów. Dlatego jest zalecane rozpoczęcie wypasu nie wcześniej niż po ok. 3 tygodniach od ich wysiewu. Optymalnym terminem stosowania nawozów azotowych jest okres od ruszenia wegetacji do pierwszych dni września.

Nawożenie pastwisk nawozami naturalnymi

Nawozy naturalne na pastwiskach, ze względu na ich specyfikę, można stosować w bardzo ograniczonym zakresie i w zasadzie tylko poza sezonem pastwiskowym, w tym zwłaszcza jesienią (nawozy stałe) oraz bardzo wczesną wiosną (nawozy przede wszystkim płynne, ale także stałe). Pastwiska codziennie są nawożone odchodami pasących się zwierząt i dlatego stosowanie dodatkowego nawożenia wymaga dużej rozwagi i ostrożności. Z nawozów naturalnych zaleca się przede wszystkim **kompost obornikowy** (obornik po co najmniej rocznym kompostowaniu) w ilości ok. 20 t/ha raz na dwa – trzy lata, najlepiej w danym roku na te kwatery, czy części pastwiska, które wiosną będą koszone.

Stosowanie gnojowicy i gnojówki na pastwiskach jest bardzo ograniczone. Rozlewanie tych nawozów jest możliwe tylko bardzo wczesną wiosną (po rozmrożnięciu gleby) na kwatery lub części pastwiska, które wiosną będą koszone w dawce 10–20 m³/ha. Gnojowicę i gnojówkę można stosować corocznie. Używając gnojowicy trzeba pamiętać o uzupełniającym nawożeniu mineralnym, zwłaszcza fosforem i azotem, a w przypadku gnojówki – fosforem. Aby ograniczyć straty amoniaku i emisję odorów oraz zapobiec ewentualnym uszkodzeniom roślin zaleca się rozlewanie tych nawozów w dni pochmurne, a nawet deszczowe. Najlepiej rozlewać je z beczkowozów, za pomocą specjalnych adapterów do aplikowania powierzchniowego bezpośrednio na darń.

Produkcja kiszonek

Kiszonki stanowią podstawowe źródło składników pokarmowych w okresie żywienia zimowego, a także są coraz częściej podstawą całorocznych dawek pokarmowych dla zwierząt przeżuujących. Jakość kiszonek zależy od wielu czynników, m.in. od rodzaju zakiszanego surowca, podsuszenia i właściwego zagęszczenia masy (ubicia), a także odpowiedniego uszczelnienia silosu lub przyzmy i przechowywania. Proces konserwacji jest związany ze stratami składników pokarmowych, zwłaszcza wskutek oddychania więdnących roślin, uszkodzeń mechanicznych, wymywania składników pokarmowych podczas podsuszenia oraz fermentacji zachodzącej w czasie zakiszania. Istnieje zależność pomiędzy ilością suchej masy a przebiegiem fermentacji. Zakiszanie zbyt wilgotnej roślinności prowadzi do wycieku soku kiszonkowego i straty składników pokarmowych. Zakiszanie odpowiednio podsuszanej runi łąkowej, o zwiększonej zawartości suchej masy, powoduje wzrost pH kiszonki, dodatkowo wpływa na stosunek ilości kwasu mlekowego do pozostałych kwasów oraz zmniejsza straty fermentacyjne. Przy sporządzaniu kiszonek powinno się dążyć do uzyskania paszy o jak najwyższej jakości, gdyż decyduje ona o wydajności i zdrowotności krów. W Polsce pasze objętościowe są na ogół gorszej jakości. W przypadku siana i kiszonek z traw może to być związane ze zbyt późnym terminem ich koszenia i zbioru. Zakiszanie zbyt przesuszanej runi może utrudnić odpowiednie jej zagęszczenie i uzyskanie dobrej jakości kiszonki. Jakość pasz jest jednym z czynników decydujących o rentowności gospodarstw produkujących mleko, dlatego też monitorowanie jakości i wartości pokarmowej pasz objętościowych, a zwłaszcza kiszonek, jest ważną częścią programów żywieniowych.

Do kisenia można przeznaczyć zielonki:

- z użytków zielonych: porost pastwiskowy, porost łąkowy;
- z upraw polowych w plonie głównym: motylkowate, trawy, mieszanki traw z motylkowatymi, kukurydzę, ziarna zbóż, GPS (całe rośliny zbożowe);
- z upraw polowych w plonie dodatkowym: przykładowo wyka, groch, rzepak, zielonka z żyta;
- produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego np. wyśładki buraczane czy liście buraczane.

Im więcej wody zawiera zakiszana masa, tym więcej powstaje wycieków – najczęściej z liści buraków i świeżych zielonek. Kiszonki podsuszone i sianokiszonki powstają z traw i roślin motylkowatych (lucerna, koniczyna, ich mieszanki z trawami). Sianokiszonki i kiszonki z powiędnionych zielonek mają więcej suchej masy i znacząco mniej wycieków. Rośliny bobowate (koniczyny, lucerny) zakiszają się słabo jako zielonka i powinny być podsuszone do co najmniej 28% sm.

Ubytek wody z roślin jest minimalny w nocy, natomiast w ciągu dnia najintensywniej przebiega w godzinach 9-17. W lecie przy bardzo dobrej pogodzie zielonka może stracić do 12% wody w ciągu dnia, w jesieni ubytek jest znacznie mniejszy (we wrześniu do 7%, w październiku jeszcze mniej). Lucerna i koniczyna schną dłużej niż trawy. Proces ten można wspomóc poprzez zastosowanie zielonki, zgniatacza pokosu podczas koszenia czy poprzez przetrząsanie. Zabezpieczanie przed skażeniem gruntu jest jednocześnie działaniem na rzecz dobrej jakości kiszonki. W przypadku kiszonki z kukurydzy najczęściej spotkanym i zarazem najtańszym sposobem jej przechowywania jest przyzma. Trzeba wybrać kawałek niepodmokłego terenu i wyłożyć go szczelną folią. Wadą tej metody przechowywania może być trudność w odpowiednim ubiciu zakisanego materiału, szczególnie na bokach. Płyta na kiszonkę powinna być wykonana z betonu zapewniającego wodoszczelność. Zaleca się pozostawienie z trzech stron wolnej strefy brzegowej i podjazdu o długości obwodu największego koła ciągnika, co

zapobiega zanieczyszczeniu materiału ziemią, a także umożliwia zbieranie wycieków z roślin. Płyta powinna mieć spadek w kierunku zbiornika na wycieki.

Zakiszanie w belach i rękawach foliowych

Zakiszanie w ofoliowanych belach ma wiele zalet:

- można je przemieszczać przy pomocy typowych ładowarek, formować porcje paszy do skarmiania w ciągu dnia, bez strat;
- występuje znaczne ograniczenie ryzyka wycieku soków kiszonkowych;
- możliwość składowania i przechowywania w różnych miejscach.

Należy zwrócić jednak szczególną uwagę na możliwość uszkodzenia folii oraz odpowiednio zagospodarować zużytą folię (jest już sporo firm odbierających bezpłatnie folię jako surowiec wtórny). Problemem jest też koszt folii i mechanizacji zabiegu zakiszania. Biorąc pod uwagę minimalizację strat kiszonki przy zadawaniu i ograniczone nakłady pracy na zadawanie pasz foliowanie kiszzonek wydaje się być dobrą alternatywą na przyszłość.



Fot. 6.3. Wykorzystanie technologii kiszenia w rękawie (źródło: CDR o/Radom)

Literatura:

1. Barszczewski J., Wasilewski Z., Mendra M. 2015. Racjonalne użytkowanie pastwisk niżowych. ITP Falenty.
2. Grela E.R., Klebaniuk R., Samolińska W. 2017. Krajowe wyniki prac badawczych oraz działań szacowania oddziaływań w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa. Opracowanie monograficzne. IZ- PIB Kraków.
3. Pietrzak S. 2012. Priorytetowe środki zaradcze w zakresie ograniczania strat azotu i fosforu z rolnictwa w aspekcie ochrony jakości wody. ITP Falenty
4. Walczak J. 2017. Wyznaczenie uzupełniających i nowych obszarów badawczych w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa. Opracowanie monograficzne. IZ- PIB Kraków.
5. Radkowski A., Radkowska I. 2014. Ocena jakości i wartości pokarmowej kiszzonek z runi łąkowej wybranych gospodarstw Polski południowo-wschodniej. Wiadomości Zootechniczne.

6.2. Nawozowe wykorzystanie gnojowicy na potrzeby bazy paszowej w chowie bydła

dr Tamara Jadczyzyn, dr Piotr Skowron

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy – Instytut Badawczy, Puławy

Wstęp

W gospodarstwach rolnych prowadzących chów lub hodowlę zwierząt ważnym źródłem składników pokarmowych roślin oraz materii organicznej są nawozy naturalne. Zalicza się do nich: obornik, gnojowicę, pomiot ptasi oraz gnojówkę. Obornik jest mieszaniną odchodów zwierzęcych ze ściółką (najczęściej słomą). Gnojowica powstaje w bezściółkowym (rusztowym) systemie chowu zwierząt i jest mieszaniną kału z moczem z domieszką wody technologicznej. Pomiotem ptasim nazywa się odchody drobiu w systemie chowu klatkowego bez ściółki. Gnojówka jest to płynny nawóz, składający się głównie z moczu z domieszką kału i wody, przenikających do kanałów w systemie utrzymania zwierząt na tzw. płytce ściółce (mała ilość słomy nie może zaabsorbować całej ilości odchodów).

Składniki pokarmowe występują w nawozach naturalnych w postaci bezpośrednio dostępnych dla roślin związków mineralnych oraz związków organicznych, które stopniowo, w procesie mineralizacji, przekształcają się w formy przyswajalne. Oprócz znaczenia żywieniowego materia organiczna jest najważniejszym czynnikiem kształtującym żyzność gleby tj. jej właściwości fizyko-chemiczne, strukturę, retencyjność, aktywność biologiczną i itd. Racjonalne wykorzystanie nawozów naturalnych stanowi istotny element zarządzania składnikami pokarmowymi i materią organiczną w gospodarstwie. Ma ono istotny wpływ na wyniki ekonomiczne gospodarstwa, a jednocześnie jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o oddziaływaniu produkcji rolniczej na środowisko, w szczególności na środowisko wodne.

Podstawą racjonalnego zarządzania nawozami naturalnymi są: prawidłowe oszacowanie ich ilości, ocena zawartości składników pokarmowych, właściwe rozdysponowanie nawozów na poszczególne pola uprawne i bezpieczne zagospodarowanie ewentualnej nadwyżki.

Obliczanie wielkości produkcji nawozów naturalnych

Ilość nawozów naturalnych wytwarzanych w gospodarstwie zależy od obsady, gatunku oraz wieku, czy tzw. grupy techno-

logicznej zwierząt, sposobu żywienia, systemu utrzymania, ilości i rodzaju stosowanej ściółki oraz ilości wody technologicznej (pochodzącej z pojenia i mycia zwierząt).

Obliczanie ilości nawozów naturalnych wytworzonych w gospodarstwie bazuje na standardowych wartościach określających ile nawozów wytwarza rocznie jedno zwierzę z określonej grupy użytkowej danego gatunku, czyli tzw. 1 sztuka średnioroczna. Aby określić średnioroczną obsadę zwierząt w gospodarstwie konieczne jest obliczenie tzw. przelotowości stada, uwzględniającej zmiany wieku zwierząt i ich przynależności do poszczególnych grup technologicznych, a także przypadki sprzedaży zwierząt poza gospodarstwo, padnięcia lub uboju z konieczności. Sposób postępowania podano poniżej:

Obliczanie przelotowości stada

Sztuki przelotowe (przelotowość) jest to liczba zwierząt gospodarskich, które przebywały w danej grupie technologicznej w ciągu roku.

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej rok lub dłużej:

$$\text{sztuki przelotowe} = \frac{\text{stan początkowy} + \text{stan końcowy}}{2}$$

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej krócej niż rok:

$$\begin{aligned} \text{sztuki przelotowe} &= \text{sztuki sprzedane} + \text{sztuki przeklasyfikowane} \\ &+ \frac{\text{sztuki padłe i ubite z konieczności} + (\text{stan końcowy} - \text{stan początkowy})}{2} \end{aligned}$$

Gdzie:

Stan początkowy – liczba zwierząt gospodarskich w danej grupie na początku roku;

Stan końcowy – liczba zwierząt gospodarskich w danej grupie na koniec roku;

Sztuki sprzedane – liczba zwierząt gospodarskich z danej grupy sprzedanych w ciągu roku (w tym ubój na własne potrzeby);

Sztuki przeklasyfikowane – liczba zwierząt z danej grupy, która z powodu wieku, etapu wzrostu lub stanu fizjologicznego została zaklasyfikowana do innej grupy technologicznej;

Sztuki padłe – liczba zwierząt gospodarskich z danej grupy technologicznej, które na skutek chorób lub innych zdarzeń losowych padły w okresie przebywania w tej grupie i zostały zutylizowane;

Sztuki ubite z konieczności – liczba zwierząt z danej grupy technologicznej, które musiano uśmiercić na skutek zranień i przyczyn losowych, a będących pełnowartościowym surowcem przetwórczym.

Przykład obliczenia przelotowości stada krów mlecznych:

Bydło opasowe: 1 szt. sprzedana + 0 szt. przeklasyfikowanych + 0 szt. padłe + (1 szt. na końcu roku – 2 szt. na początku roku)/2 = **0,5 sztuki przelotowej**

Obliczanie stanu średniorocznego stada

Stan średnioroczny jest to średnia liczba zwierząt gospodarskich w poszczególnych grupach technologicznych w okresie 1 roku.

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej rok lub dłużej:

stan średnioroczny = przelotowość

Tabela 6.2. Obliczenia przelotowości stada krów mlecznych – przykład - opracowanie własne

Ilość	Stan na początku roku:	Ilość	Stan na koniec roku:
27	krów mleczne (wydajność 6 tys. l)	27	krów mleczne (6 tys. l)
0	jałówki cielne	8	jałówki cielne
10	jałówki powyżej 1 roku	2	jałówki powyżej 1 roku
8	jałówki do 1 roku	0	jałówki do 1 roku (8 sprzedanych)
0	cielęta do ½ roku	2	cielęta do ½ roku
		1	cielęta padłe
2	bydło opasowe pow. 1 roku	1	bydło opasowe powyżej 1 roku
		1	bydło opasowe pow.1 roku (sprzedaż)

Sztuki przelotowe:

- Zwierzęta przebywające w grupie technologicznej rok lub dłużej (krów mleczne):

$(27 \text{ szt. krów na początku} + 27 \text{ szt. na końcu})/2 = \mathbf{27 \text{ sztuk przelotowych}}$

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej krócej niż rok:

Jałówki cielne: 0 szt. sprzedanych + 0 szt. przeklasyfikowanych + 0 szt. padłych + (8 szt. na końcu roku - 0 szt. na początku roku)/2 = **4 sztuki przelotowe**

Jałówki powyżej 1 roku: 0 szt. sprzedanych + 8 szt. przeklasyfikowanych + 0 szt. padłych i ubitych + (2 szt. na końcu roku - 10 szt. na początku roku)/2 = **4 sztuki przelotowe**

Jałówki ½ do 1 roku: 8 szt. sprzedanych + 0 szt. przeklasyfikowanych + 0 szt. padłych + (0 szt. na koniec roku - 8 szt. na początku roku)/2 = **4 sztuki przelotowe**

Cielęta: 0 szt. sprzedanych + 0 szt. przeklasyfikowanych + ½ x 1 szt. padłe + (2 szt. na końcu roku – 0 szt. cieląt na początku roku)/2 = **1,5 sztuki przelotowej**

- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej krócej niż rok:

stan średnioroczny =
 $\frac{\text{przelotowość} \times \text{ilość miesięcy przebywania w grupie}}{12}$

Przykład obliczenia stanu średniorocznego wg:

- Zwierzęta przebywające w grupie technologicznej rok lub dłużej (krów mleczne): 27 sztuk przelotowych = 27 średniorocznie
- Zwierzęta gospodarskie przebywające w danej grupie technologicznej krócej niż rok:

Tabela 6.3. - opracowanie własne

Jałówki cielne:	$4 \times 9 \text{ miesięcy}/12 = 3 \text{ sztuki średniorocznie}$
Jałówki pow. 1 roku:	$4 \times 8 \text{ miesięcy}/12 = 2,66$
Jałówki ½ do 1 roku:	$4 \times 6 \text{ miesięcy}/12 = 2$
Cielęta do ½ roku:	$1,5 \times 6 \text{ miesięcy}/12 = 0,75$
Bydło opasowe pow. 1 roku:	$0,5 \times 12 \text{ miesięcy}/12 = 0,5 \text{ sztuk}$

Obliczenie ilości nawozu i zawartości azotu

Dysponując danymi stanu średniorocznego zwierząt można obliczyć ilość nawozów naturalnych i zawartość w nich azotu wykorzystując wskaźniki produkcji dla poszczególnych grup technologicznych oraz ilości azotu w tych nawozach z tabeli 6.5.:

ilość nawozu = liczba sztuk w grupie technologicznej średniorocznie x wskaźnik produkcji z tab.6.5.

ilość azotu = ilość nawozu w grupie technologicznej średniorocznie x zawartość N

Przy obliczaniu ilości azotu w nawozach w uzasadnionych przypadkach stosuje się współczynniki odliczenia zgodnie z opisem pod tabelą 1.

Przykład:

- Obliczenie ilości gnojowicy wytwarzanej w gospodarstwie w okresie roku:

Tabela 6.4. - opracowanie własne

Krowy mleczne (6 tys. l):	$27 \times 17,6 \text{ m}^3 = 475,2 \text{ m}^3$
Jałówki cielne:	$3 \times 16,4 \text{ m}^3 = 49,2 \text{ m}^3$
Jałówki pow. 1 roku:	$2,66 \times 11,6 \text{ m}^3 = 30,9 \text{ m}^3$
Jałówki ½ do 1 roku:	$2 \times 6,8 \text{ m}^3 = 13,6 \text{ m}^3$
Cielęta do ½ roku:	$0,75 \times 2,6 \text{ m}^3 = 1,95 \text{ m}^3$
Bydło opasowe pow. 1 roku:	$0,5 \times 14,2 \text{ m}^3 = 7,1 \text{ m}^3$
razem:	578 m³ gnojowicy

W gospodarstwie w okresie jednego roku powstaje 583 m³ gnojowicy.

- Obliczenie ilości azotu w nawozie wytwarzanym w okresie roku:

Tabela 6.5. - opracowanie własne

Krowy mleczne (6 tys. l):	$475,2 \text{ m}^3 \times 3,4 \text{ kg N/ m}^3 = 1616 \text{ kg N}$
Jałówki cielne:	$49,2 \text{ m}^3 \times 3,4 \text{ kg N/ m}^3 = 167 \text{ kg N}$
Jałówki pow. 1 roku:	$30,9 \text{ m}^3 \times 2,9 \text{ kg N/ m}^3 = 90 \text{ kg N}$
Jałówki ½ do 1 roku:	$13,6 \text{ m}^3 \times 4,7 \text{ kg N/ m}^3 = 64 \text{ kg N}$
Cielęta do ½ roku:	$1,95 \text{ m}^3 \times 3,2 \text{ kg N/ m}^3 = 6 \text{ kg N}$
Bydło opasowe pow. 1 roku:	$7,1 \text{ m}^3 \times 3,2 \text{ kg N/ m}^3 = 23 \text{ kg N}$
razem:	2005 kg N

Ilość azotu w gnojowicy wytwarzanej w gospodarstwie w okresie jednego roku wynosi 2005 kg N

Gnojowica jest przechowywana w jednym zbiorniku, w którym następuje wymieszanie nawozu pochodzącego od poszczególnych grup technologicznych. Dla celów dalszego planowania nawożenia określamy zawartość azotu w gnojowicy wytwarzanej w gospodarstwie:

$\text{zawartość N w gnojowicy} = \text{całkowita ilość azotu} \div \text{objętość gnojowicy}$

$2005 \text{ kg N} / 578 \text{ m}^3 \text{ gnojowicy} = 3,4 \text{ kg N/ m}^3 \text{ gnojowicy}$

Zawartość azotu w gnojowicy z tego gospodarstwa wynosi 3,4 kg N/ m³.

Rozdysponowanie nawozu na użytki rolne w gospodarstwie

Przy planowaniu podziału nawozów naturalnych na powierzchnię użytków rolnych w gospodarstwie podstawowym kryterium jest azot. Dawka azotu w nawozach naturalnych nie może być większa niż 170 kg N/1 ha UR w ciągu roku (Ustawa prawo wodne z 20 lipca 2017 r (Dz.U. 2017 poz. 1566).

Znając wielkość rocznej produkcji azotu w nawozach naturalnych można obliczyć, jaka jest wymagana powierzchnia użytków rolnych dla ich bezpiecznego zagospodarowania:

wymagana powierzchnia użytków rolnych = ilość azotu w nawozach naturalnych ÷ 170 kg N/ha

Przy poziomie produkcji zwierzęcej z przykładowego gospodarstwa wymagana powierzchnia użytków rolnych potrzebnych dla ich zagospodarowania wynosi:

$2005 \text{ kg N} \div 170 \text{ kg N / ha} = 11,7 \text{ ha}$

Jeśli powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwie byłaby mniejsza od wyliczonej w powyższy sposób, właściciel gospodarstwa byłby zmuszony do zbytu nadwyżki nawozów, w sposób zgodny z obowiązującymi przepisami.

Przykład rozdysponowania nawozu naturalnego (gnojowicy) w gospodarstwie:

Powierzchnia użytków rolnych w omawianym powyżej gospodarstwie wynosi 32,7 ha, a struktura użytkowania jest następująca:

jęczmień jary	1,5 ha
pszenica jara	2,0 ha
pszenica ozima	3,8 ha
pszenżyto ozime	4,0 ha
ziemniaki pastewne	6,8 ha
kukurydza na kiszonkę	8,0 ha
użytki zielone	6,6 ha
razem:	32,7 ha

Tabela 6.6. Średnie roczne wielkości produkcji nawozów naturalnych i koncentracja zawartego w nich azotu dla bydła w zależności od grupy technologicznej, wieku oraz systemu utrzymania wg „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”, który został ogłoszony w Dzienniku Ustaw z 2018 r. poz. 1339.

Gatunek/grupa technologiczna zwierząt	SYSTEM UTRZYMANIA								współczynnika odliczenia koncentracji
	Głęboka ściółka		Płytka ściółka				Bezściółkowo		
	Obornik		Obornik		Gnojówka		Gnojowica/pomiot/ odchody ^{*)}		
	Produkcja (t/rok)	Zawartość (kg N/t)	Produkcja (t/rok)	Zawartość (kg N/t)	Produkcja (m³/rok)	Zawartość (kg N/m³)	Produkcja (m³ lub t/rok)	Zawartość (kg N/t lub m³)	
Bydło									
Buhaje	19,0	3,1	10,5	3,3	5,8	3,4	22,0	3,5	-
Krowy mleczne 1 ^{a)}	18,8	2,6	10,0	2,8	6,2	2,7	17,6	3,4	0,7
Krowy mleczne 2 ^{b)}	23,8	3,1	14,8	3,3	7,6	3,2	23,0	4,0	0,7
Krowy mleczne 3 ^{c)}	26,0	3,7	16,2	4,0	8,4	3,8	25,4	4,5	0,7
Jałówki cielne	18,4	3,0	8,5	3,2	5,4	3,1	16,4	3,4	0,7
Jałówki powyżej 1 roku życia	12,4	2,8	6,0	2,8	5,8	2,7	11,6	2,9	0,7
Jałówki od ½ do 1 roku życia	7,8	3,4	3,6	3,5	2,4	3,7	6,8	4,7	0,7
Cielęta do ½ roku życia	2,4	3,8	1,6	2,8	1,4	3,2	2,6	3,2	0,7
Bydło opasowe od ½ do 1 roku	12,0	2,6	5,0	3,1	3,8	3,4	10,0	4,5	0,7
Bydło opasowe powyżej 1 roku	15,0	3,0	7,0	2,7	6,9	2,9	14,2	3,2	0,7

¹⁾Podane objętości gnojowicy i gnojówki dotyczą poziomu 3-10% suchej masy, w zależności od gatunku oraz 1,5–20,0 % suchej masy separatorów, odpowiednio fazy ciekłej i stałej;

^{a)} krowy mleczne o wydajności mlecznej 6 tys. l;

^{b)} krowy mleczne o wydajności mlecznej 6-8 tys. l;

^{c)} krowy mleczne o wydajności mlecznej powyżej 8 tys. l;

²⁾ wartość współczynnika odliczenia koncentracji „w” stosuje się do obliczenia rzeczywistej koncentracji azotu w jednostce nawozów naturalnych, wynikającej z udokumentowanych przez hodowcę i powszechnie uznanych praktyk żywieniowych, polegających na stosowaniu obniżonej koncentracji białka w dawce pokarmowej, środków zwiększających strawność białka, żywienia wielofazowego itp.

k = zawartość azotu, gdzie: k – rzeczywista koncentracja azotu w jednostce nawozu naturalnego zawartość azotu – odpowiednia wartość z tabeli
 w – tabelaryczna wartość współczynnik odliczenia

Areał użytków rolnych w gospodarstwie jest większy od minimalnej powierzchni wymaganej, z uwagi na dopuszczalną dawkę azotu, zatem cała ilość wytwarzanej gnojowicy może być zagospodarowana na polach własnych gospodarstwa.

Nawozy naturalne stosuje się w dwóch okresach w ciągu roku późnym latem – jesienią i wiosną, co jest związane z koniecznością opróżnienia zbiorników. Można założyć, że połowa gnojowicy wytwarzanej w gospodarstwie (ok. 289 m³) jest do dyspozycji jesienią, a druga część – wiosną. Jesienią najlepiej zastosować gnojowicę pod zasiewy ozimin. Łączna powierzchnia zasiewów ozimin wynosi 7,8 ha. Aby zagospodarować całą ilość dostępnego nawozu należy zastosować:

$$289 \text{ m}^3 \div 7,8 \text{ ha} = 37 \text{ m}^3 \text{ gnojowicy na } 1 \text{ ha}$$

Dawka azotu wynosić będzie:

$$37 \text{ m}^3/\text{ha} \times 3,4 \text{ kg N/m}^3 = 126 \text{ kg N/ha}$$

Należy rozważyć czy ilość azotu pod oziminy nie jest zbyt wysoka (po przeliczeniu na azot działający, o czym w dalszej części rozdziału).

Jesienią gnojowica może być także zastosowana na trwałych użytkach zielonych. W takim przypadku łączna powierzchnia gruntów do zagospodarowania nawozu wyniosłaby 14,4 ha. Dawka gnojowicy byłaby równa 20 m³/ha, a dawka azotu - 60 kg N/ha.

Gnojowicę zgromadzoną w okresie zimowym trzeba rozdysponować wiosną pod uprawy jare.

Nawozy naturalne w pierwszej kolejności powinny być stosowane pod rośliny uprawne o długim okresie wegetacji.

Są one zdolne do pobierania azotu uwalnianego stopniowo ze związków organicznych w dłuższym czasie, zatem

efektywność wykorzystania składnika przez te rośliny jest większa.

W przykładowym gospodarstwie roślinami o najdłuższym okresie wegetacji są: kukurydza i ziemniaki. Sumaryczna powierzchnia obu upraw jest równa 14,8 ha.

Jeśli założyć, że nawóz będzie stosowany równomiernie (w takiej samej dawce pod oba gatunki) to jego dawka wynosić będzie:

$$\text{dawka gnojowicy} = 289 \text{ m}^3 \div 14,8 \text{ ha} = 19,5 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

$$\text{dawka azotu} = 19,5 \text{ m}^3/\text{ha} \times 3,4 \text{ kg N/m}^3 = 66 \text{ kg N/ha}$$

Jeśli chcielibyśmy zastosować pod którąkolwiek z upraw dawkę maksymalną to jej wielkość należy określić uwzględniając: zawartość azotu w nawozie i wielkość dopuszczalnej dawki N, w sposób następujący:

$$\text{dopuszczalna dawka nawozu} = 170 \text{ kg N/ha} \div \text{zawartość azotu w nawozie}$$

$$\text{dopuszczalna dawka nawozu} = 170 \text{ kg N/ha} \div 3,4 \text{ kg N/m}^3 = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Maksymalna dawka gnojowicy o takim składzie, jaki występuje w przykładowym gospodarstwie, wynosi 56 m³/ha.

Uwzględnienie składników pokarmowych z nawozów naturalnych w planie nawożenia

We współczesnym rolnictwie nawozy naturalne najczęściej nie pokrywają w całości potrzeb pokarmowych roślin i muszą być uzupełniane nawozami mineralnymi. Suma składników w nawozach naturalnych i mineralnych powinna pokrywać potrzeby nawożenia. Przyswajalność azotu z nawozów naturalnych jest mniejsza niż z nawozów mineralnych, dlatego, aby można było bilansować te dwa źródła składnika, całkowitą zawartość azotu w nawozach naturalnych przelicza się na tzw. „azot działający” (równoważny działaniu azotu z nawozów mineralnych). W tabeli 6.7. podano wartości równoważników nawozowych dla nawozów:

Aby określić ilość azotu działającego z nawozów naturalnych należy całkowitą ilość azotu pomnożyć przez równoważnik

Tabela 6.7. Równoważniki nawozowe azotu z różnych źródeł w zależności od terminu stosowania. Źródło: Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu wg „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”, który został ogłoszony w Dzienniku Ustaw z 2018 r. poz. 1339.

Termin stosowania	Obornik	Gnojowica	Gnojówka
Jesień	0,35	0,5	0,55
Wiosna	0,4	0,6	0,75

z tabeli 6.7. Wskazuje on jaką ilość azotu z nawozów mineralnych może zastąpić jednostka składnika z nawozów naturalnych. Na przykład 1 kg azotu z gnojowicy zastoso- wanej wiosną równoważy działanie 0,6 kg N z nawozów mineralnych.

Można zatem obliczyć, że zastosowanie wiosną maksymalnej dawki gnojowicy zawierającej 170 kg azotu, równoważy działanie 102 kg N z mocznika lub saletry azotowej.

W naszym przykładzie dawka gnojowicy w przypadku stosowania jesienią, tylko pod zboża ozime, wynosi 37 m³/ha, co odpowiada 126 kg N ogółem na 1 ha. Po przeliczeniu na azot działający jest to 63 kg N/ha. Jeśli gnojowicą nawożone byłyby również użytki zielone, wówczas w 20 m³/ha wnoszono by 68 kg N ogółem, tj. 34 kg azotu działającego na 1 ha.

W gnojowicy stosowanej wiosną (pod kukurydzę i ziemniaki) w dawce 19,7 m³/ha wnosić się będzie 67 kg N ogółem, tj. 40 kg azotu działającego na 1 ha.

Pozostałą ilość azotu, wynikającą z potrzeb pokarmowych roślin, należy zastosować w nawozach mineralnych.

Azot jest najważniejszym składnikiem nawozów naturalnych, ale nawozy te są również źródłem szerokiego spektrum makro- i mikroelementów. Spośród nich największe znaczenie dla żywienia roślin mają fosfor i potas. Ze względu na oddziaływanie nawozów naturalnych na środowisko naturalne, równorzędną z azotem rolę odgrywa fosfor. Dla optymalizacji gospodarki składnikami pokarmowymi i zamykania obiegu składników w gospodarstwie rolnym, konieczne jest określenie ilości fosforu i potasu wnoszonych w nawozach naturalnych.

Tabela 6.8. Zawartość składników mineralnych w nawozach naturalnych od bydła (kg/t lub m³) – źródło: dane IUNG

Składnik	Obornik	Gnojowica	Gnojówka
Fosfor (P ₂ O ₅)	2,8	2,0	0,3
Potas (K ₂ O)	6,5	3,7	8,0

Aby obliczyć ilość wnoszonych w gnojowicy składników należy planowaną dawkę nawozu pomnożyć przez zawartość fosforu i potasu w 1 m³. Przeciętne zawartości P i K w nawozach zamieszczono w tabeli 6.8. Można je zastąpić wynikami własnych analiz nawozu.

W omawianym przykładzie, pod ziemniaki i kukurydzę, w dawce gnojowicy 19,5 m³/ha wnosić się będzie 39 kg P₂O₅ i 72 kg K₂O. Zakłada się, że wykorzystanie fosforu i potasu z gnojowicy w pierwszym roku po zastosowaniu wynosi ok. 80%. To oznacza, że ziemniaki i kukurydza mogą pobrać 31 kg P₂O₅ i 58 kg K₂O. Jeśli potrzeby nawożenia tymi składnikami są większe,



Autor: M. Dobrzyńska

wówczas nawożenie organiczne należy uzupełnić nawozami mineralnymi.

Uwagi końcowe

Jeśli powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwie jest zbyt mała, aby zastosować na nich całą ilość wyprodukowanych nawozów naturalnych, ich nadwyżkę należy zagospodarować w inny, lecz bezpieczny dla środowiska sposób. Nadwyżki nawozów rolnik może zbyć innym podmiotom do bezpośrednie-

go rolniczego wykorzystania na podstawie pisemnej umowy zbytu. Musi być ona przechowywana przez strony przez 4 lata. Gnojowica może także być wykorzystywana przez biogazownie rolnicze, jako surowiec do produkcji biogazu. Inną możliwością jest separacja gnojowicy, tj. oddzielenie frakcji płynnej i stałej. Frakcja stała może być wykorzystana w gospodarstwie jako ściółka dla zwierząt albo wprowadzona do obrotu jako nawóz organiczny. Frakcja płynna może być wykorzystana jako nawóz o właściwościach zbliżonych do gnojówki zawierający azot i potas.

6.3. Gospodarowanie obornikiem gnojówką i gnojowicą, jej przechowywanie i stosowanie, BAT

dr hab. Renata Gaj

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska

Wstęp

Program działania, mający na celu osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony środowiska, pojmowanego jako całość, uwzględnia szereg nowych regulacji prawnych, dotyczących problematyki gospodarowania nawozami naturalnymi w gospodarstwach rolnych. Szczególnej uwagi wymagają wszelkie działania, podejmujące niezbędne kroki, przyczyniające się do ograniczenia emisji substancji zanieczyszczających glebę i wody gruntowe. Kluczową z tego punktu widzenia regulacją prawną jest zestaw dokumentów zawartych w *Dyrektywie IED (The Industrial Emissions Directive)*. *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE* w sprawie emisji przemysłowych przekształca w jeden akt prawny 7 wcześniej obowiązujących dyrektyw, wprowadzając przy tym wiele nowych regulacji. W skład *Dyrektyw IED* wchodzi m.in.: *Dyrektywa 2001/80/WE Parlamentu Europejskiego i Rady dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom*, zwana *Dyrektywą IPPC*. Intensywny chów świń prowadzony na skalę przemysłową zrodził konieczność dostosowania i modernizacji technik produkcji w celu zrównoważenia, ograniczenia lub wyeliminowania wpływu zanieczyszczeń na środowisko, z uwzględnieniem wzrostu potrzeb związanych z dobrostanem zwierząt, przy jednoczesnym zachowaniu rentownego i opłacalnego ekonomicznie biznesu (Bielka, Pietruszka 2017). Zgodnie z postanowieniami zawartymi w *Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE*, Komisja Wykonawcza UE ustanowiła konkluzje, dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT), w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń. Konkluzje BAT są efektem wymiany informacji pomiędzy państwami członkowskimi i mają zastosowanie wyłącznie do instalacji wymagającej pozwolenia zintegrowanego (IPPC). Stosownie do postanowień *Dyrektywy IED* omawiane konkluzje zawierają obowiązujące i zalecane wymagania, dotyczące przede wszystkim emisji i monitoringu, wskazują rozwiązania techniczne, ograniczające oddziaływanie na środowisko w zależności od rodzaju techniki chowu dla wszystkich hodowców drobiu lub świń, których instalacje produkcyjne zlokalizowane są w krajach Unii Europejskiej. Konkluzje dotyczące BAT zdefiniowane w art. 3 pkt. 12 *Dyrektywy IED* i stanowią kluczowy element dokumentów referencyjnych BAT, w których sformułowano wnioski dotyczące najlepszych dostępnych technik i ich opis.

Najlepsze Dostępne Techniki (BAT)

21 lutego 2017 r. w Dzienniku Urzędowym UE L 43 została opublikowana *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, zwane dalej *Konkluzjami BAT dla IRPP zgodnie z Dyrektywą IED*. Przez najlepsze dostępne techniki rozumie się najbardziej efektywny oraz zaawansowany poziom rozwoju technologii i metod prowadzenia danej działalności, który wskazuje możliwe wykorzystanie poszczególnych technik, jako podstawy, przy ustalaniu dopuszczalnych wielkości emisyjnych i innych warunków pozwolenia, mających na celu zapobieganie powstawaniu, a jeżeli nie jest to możliwe, ograniczenie emisji i oddziaływania na środowisko jako całość.

Zasadniczym celem konkluzji, dotyczących najlepszych dostępnych technik (BAT) jest regulacja procesu intensywnego chowu drobiu i świń w UE w kierunku możliwej do uzyskania efektywności środowiskowej. Zawiera 34 najlepsze dostępne techniki, oznaczone symbolami BAT 1 do BAT 34. W świetle obowiązujących przepisów BAT odnosi się do następujących rodzajów działalności określonych w pkt 6.6 „*Intensywny chów drobiu i świń*” Załącznika nr 1 do *Dyrektywy 2010/75/UE*:

- z ponad 40 000 stanowiskami dla drobiu;
- z ponad 2 000 stanowiskami dla tuczników (powyżej 30 kg); lub
- z ponad 750 stanowiskami dla loch.

Konkluzje dotyczące BAT, w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń, obejmują w szczególności następujące procesy i rodzaje działalności mające miejsce w gospodarstwie:

- system żywienia drobiu i świń;
- przygotowanie paszy (mielenie, mieszanie i przechowywanie);
- chów (utrzymanie) drobiu i świń;
- gromadzenie, usuwanie, przechowywanie obornika;

- przetwarzanie obornika;
- aplikacja obornika;
- przechowywanie martwych zwierząt.

Konkluzje dotyczące BAT odnoszące się do przechowywania obornika i jego aplikacji, obowiązują bez uszczerbku przepisy *Dyrektywy Rady 91/676/EWG (Dyrektywa Rady 91/676/EWG dotyczącej ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego, Dz.U. L 375 z 31.12.1991)*. Termin przewidziany na dostosowanie instalacji do nowych wymogów wynosi 4 lata od dnia publikacji decyzji w Dzienniku Urzędowym KE i upływa on w połowie 2021 r. Nowe instalacje, dla których pozwolenie zintegrowane zostało wydane po dniu opublikowania konkluzji BAT nie mają okresu przejściowego i już w dniu rozpoczęcia eksploatacji instalacji, wymagania BAT powinny spełniać.

Gospodarstwa, które są zobowiązane do wprowadzenia najlepszych dostępnych technik muszą posiadać plan nawożenia opracowany zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej, na podstawie składu chemicznego nawozów oraz potrzeb pokarmowych roślin i zasobności gleb, z uwzględnieniem stosowanych odpadów i środków wspomagające uprawę roślin. Ponadto wymieniona grupa producentów ma obowiązek zagospodarowania co najmniej 70% gnojówki lub gnojowicy na użytkach rolnych, których jest posiadaczem i na których prowadzi uprawę roślin, a pozostałe 30% mogą zbyć na podstawie umowy. Powyższy wymóg nie obowiązuje podmiotów, które zbywają w całości nawozy naturalne, natomiast w pełni obowiązuje nabywcę nawozu od podmiotu zbywającego. Rolnik może zawrzeć z innym rolnikiem pisemną umowę zbycia nawozów naturalnych i w ten sposób pozbyć się nadwyżki nawozowej. Produkcja obornika następuje w ciągu roku, natomiast jego stosowanie najczęściej przypada na wiosnę i jesień. Zachodzi więc konieczność przechowywania nawozu, który ulega procesom fermentacji, w wyniku czego powstają mineralne formy azotu. Krytycznym punktem dla nowego planowanego systemu jest metoda przechowywania świeżych stałych odchodów przez 5 miesięcy, tj. płyty obornikowej, która powinna być tak skonstruowana, aby utrzymywać w całym okresie przechowywania nawozu wilgotność na poziomie ograniczającym warunki tlenowe, a tym samym minimalizować straty węgla i azotu do środowiska oraz posiadanie odpowiednich zbiorników do przechowywania nawozów płynnych. Program ustanawia również zasadę, iż pojemność zbiorników na płynne nawozy naturalne powinna umożliwić ich przechowywanie przez 6 miesięcy.

Uwzględniając powyższe problemy i wymagania należy wziąć pod uwagę także aspekt ekonomiczny gospodarstwa, sprawdzający się do pokrycia kosztów inwestycji, które mają na względzie wprowadzenie nowych rozwiązań technicznych zgodnych z zasadami BAT.

Przeciwdziałanie zanieczyszczeniom w świetle stawianych wymogów nie powinno: powodować przekroczenia standardów emisyjnych, pogorszenia stanu środowiska w znacznych rozmiarach lub zagrożenia życia lub zdrowia ludzi, a także powodować przekroczenia standardów jakości środowiska.

Straty składników z nawozów naturalnych a techniki BAT

Szacuje się, że udział rolnictwa w całkowitej emisji amoniaku do atmosfery w Europie wynosi 80–90%, w pozostałej części emisja ta pochodzi z przemysłu, gospodarstw domowych i naturalnych ekosystemów. Niewłaściwe przechowywanie nawozów naturalnych (składowanie obornika na gruncie oraz brak odpowiednich, szczelnych zbiorników do zbierania i przechowywania gnojówki i gnojowicy) powoduje nie tylko straty składników nawozowych w nich zawartych, ale jest również jednym z głównych źródeł zanieczyszczania środowiska naturalnego powodowanym przez rolnictwo, a przede wszystkim zanieczyszczania wód gruntowych i powierzchniowych.

Aby ograniczyć emisję amoniaku do powietrza z przechowywania obornika stałego, w ramach BAT, należy stosować jedną z następujących technik lub ich kombinację:

- zmniejszenie stosunku powierzchni obszaru uwalniającego emisję do objętości przyzmy obornika stałego;
- przykrywanie przyzmy obornika stałego;
- przechowywanie wysuszonego obornika stałego w pomieszczeniu gospodarczym.

W celu zapobiegania emisjom składników do gleby i wody z przechowywania obornika stałego lub jeżeli jest to niemożliwe, ich ograniczenia w ramach BAT należy stosować kombinację następujących technik zachowując następującą hierarchię:

- przechowywanie wysuszonego obornika stałego w pomieszczeniu gospodarczym;
- wykorzystywanie betonowego silosu do przechowywania obornika stałego;
- przechowywanie obornika stałego na nieprzepuszczalnym podłożu wyposażonym w system odwadniania i ze zbiornikiem na spływającą wodę;
- wybranie zbiornika o pojemności wystarczającej do przechowywania obornika stałego w okresach, w których nie jest możliwa jego aplikacja;
- przechowywanie obornika w przyzmach umieszczonych z dala od cieków powierzchniowych i podziemnych, które mogłyby zostać zanieczyszczone przez spływającą wodę.

Czynnikami decydującymi o wielkości emisji amoniaku z miejsc przechowywania obornika są: powierzchnia oraz temperatura. Podczas składowania w masie obornikowej za sprawą zachodzących w niej procesów fermentacji wzrasta temperatura, która wzmacnia efekt parowania i emisji gazów. Dlatego też ograniczenie powierzchni składowania będzie skutkowało jednocześnie ograniczeniem powierzchni parowania i emisji.

Ryzyko zanieczyszczenia środowiska w przypadku azotu dotyczy nie tylko jego oddziaływania na gleby i wody, ale również powietrza, wskutek parowania w formie amoniaku. Kolejny etap strat azotu zachodzi na polu, stąd tak ważny jest czas przyorania obornika tuż po jego zastosowaniu (fot.6.4.). *Ustawa z dnia 20 lipca 2017r. Prawo wodne (Dz.U.2017.1566)*

w rozdziale 4 – Ochrona wód przed zanieczyszczeniem azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych wprowadza w art.107 konieczność stosowania przez eksploatującego instalację programu działań określonego w art.104 ust. 2 w/w ustawy.

Nawozy należy stosować w okresach i warunkach, gdy nie ma zagrożenia, iż zawarte w nich składniki mineralne, szczególnie związki azotu będą wymywane do wód gruntowych lub zmywane do wód. Im nawóz szybciej zostanie wymieszany z glebą, tym mniejsze straty azotu. Ponadto, aby zminimalizować straty N należy stosować obornik:

- przy korzystnej pogodzie, najlepiej w dni pochmurne i możliwie bezwietrzne (wysoka temperatura i wiatr przyspieszają parowanie), wykluczony jest zabieg w czasie upału przy wysokiej temperaturze powietrza i niskiej jego wilgotności;
- wskazane jest możliwie równomierne rozrzućenie i jak najszybsze wymieszanie obornika z glebą, tym płytsze im gleba jest cięższa.

Aby zredukować emisję amoniaku do powietrza w trakcie zagospodarowania nawozów, techniką BAT 22 jest wprowadzenie nawozu do gleby tak szybko, jak to możliwe i jego przyoranie. Termin stosowania, a zwłaszcza okres od zastosowania obornika do wymieszania z glebą i równomierność rozmieszczenia nawozu na polu, decydują o wielkości strat azotu amonowego, a tym samym o ilości składnika, który roślina może natychmiast wykorzystać. W oborniku świeżym azot amonowy stanowi 25%, a w przefermentowanym 10%. Poprzez właściwe składowanie i magazynowanie odchodów zwierzęcych, a następnie racjonalne ich rolnicze wykorzystanie można przeciwdziałać stratom składników nawozowych, a równocześnie chronić środowisko przed zanieczyszczeniem.

Ocena gruntów, które mają być nawożone obornikiem, umożliwiającą określenie ryzyka spływów, powinna uwzględniać następujące elementy:

- rodzaj gleby, warunki w terenie i nachylenie terenu;
- warunki klimatyczne;
- system drenowania i nawadniania pól;

- rotację upraw;
- zasoby wody i strefy chronione wody.

Niezależnie od systemu organizacji produkcji świń, produkcja może być realizowana w systemie utrzymania na ściółce lub bezściółkowo. Utrzymanie na ściółce wiąże się z wytwarzaniem nawozu naturalnego w formie obornika. Wówczas najczęściej zwierzęta przybývają w kojcach grupowych na litych posadzkach wyścielonych materiałem ściółkowym (np. słoma pocięta na sieczkę, trociny). W systemie bezściółkowym poszczególne grupy produkcyjne świń na fermie przybývają w chlewniach, w których podłogi mają konstrukcję całkowicie lub częściowo rusztową. W tym systemie utrzymania odchody zwierząt gromadzone są pod powierzchnią podłóg rusztowych, w kanałach gnojowych, z których docelowo trafiają do zbiorników na gnojowicę. Straty gazowe azotu na poziomie obory lub chlewni można ograniczyć stosując w pierwszym przypadku większą ilość ściółki na stanowiskach dla zwierząt (fot. 6.5.) lub w drugim przypadku wprowadzenie na części stanowisk chlewni rusztów (fot. 6.6.). Podstawowym celem stosowania w oborze ściółki, najczęściej słomy, jest wchłanianie moczu, bogatego w azot (dominuje mocznik). Należy zwrócić uwagę na fakt, że rolnik używając słomy jako ściółki tworzy warunki do jej rozkładu, gdyż jest ona bogatym źródłem węgla, energii dla bakterii rozwijających się w przyłmie obornikowej. Ponadto, słoma stanowi cenne źródło innych składników mineralnych, głównie potasu. Ściółka charakteryzuje się bardzo dużą pojemnością względem cieczy – chłonie mocz wydalany przez zwierzęta. Dzienna dawka ściółki powinna zabezpieczyć wchłonięcie 2/3–3/4 ilości produkowanego przez zwierzęta moczu. W przyłmie obornikowej, praktyczne sposoby zmniejszenia strat węgla i azotu sprowadzają się generalnie do tworzenia warunków beztlenowych. W chlewniach ze stanowiskami bezściółkowymi występują możliwości obniżenia emisji amoniaku poprzez zmniejszenie powierzchni stanowisk zanieczyszczanych odchodami, przez wprowadzanie na ich części rusztów, przy czym kształt rusztów powinien umożliwiać swobodne przemieszczanie się odchodów do kanałów, a powierzchnia zanieczyszczana odchodami powinna mieć niewielki spadek w celu szybszego spływu moczu do kanału. Odchody powinny być usuwane z kanałów i gromadzone w zbiornikach na zewnątrz oraz przez zmniejszenie odsłoniętej powierzchni gnojowicy pod rusztami, np. przez konstrukcję kanałów w taki sposób,



Fot. 6.4. Aplikacja obornika połączona z natychmiastową orką (autor: R. Gaj)

żeby wewnętrzne ściany kanału były węższe na górze niż na dole.

Kontrola produktywności azotu w gospodarstwie rolnym rozpoczyna się już na etapie żywienia zwierząt. Sprowadza się do ilości i strawności białka zawartego w paszy, gdyż w konsekwencji dotyczy zawartości azotu w odchodach. Ograniczenie emisji amoniaku z nawozów naturalnych można osiągnąć przede wszystkim poprzez działania, polegające na zmniejszeniu ilości azotu wydalanego z odchodami w przeliczeniu sztukę inwentarza i na jednostkę produkcji. Ponadto, również przez poprawę praktyk postępowania z nawozami naturalnymi w budynkach inwentarskich oraz udoskonalenie metod ich przechowywania i stosowania (Pietrzak 2006). Badania Warremko (2006) pokazują, że w przypadku standardowej świni całkowite wydalenie N i P w stosunku do ich pobrania jest podobne i wynosi odpowiednio 69 i 67%. Azot wydany jest w większości w moczu, podczas gdy fosfor głównie w kale. Stąd w przypadku N, mając na uwadze ograniczenie jego wydalenia, ważniejsze jest zwiększenie jego wykorzystania poprzez odpowiednie do zapotrzebowania zbilansowanie energetyczno-białkowe żywienia świń, jak również dostosowanie do niego ilości i jakości białka. Najbardziej istotne dla środowiska i znaczące ekonomicznie ograniczenie wydalenia N można uzyskać poprzez żywienie trzody dawkami zawierającymi białko zbilansowane pod względem zapotrzebowania na aminokwasy egzogenne, przez odpowiedni dodatek aminokwasów syntetycznych. Technologia BAT jest taki sposób układania dawek pokarmowych i strategii żywieniowej (celem ograniczenia całkowitej ilości wydalanego azotu i w efekcie ograniczenia emisji amoniaku, przy jednoczesnym pokryciu potrzeb żywieniowych zwierząt), obejmujący jedną technikę lub kombinację technik:

- zmniejszenie zawartości białka surowego poprzez zastosowanie zrównoważonej, pod względem zawartości azotu, dawki pokarmowej uwzględniającej zapotrzebowanie na energię i strawne aminokwasy;
- żywienie wieloetapowe dawkami pokarmowymi, których skład dostosowany jest do specyficznych wymagań zwierząt w danym okresie produkcyjnym;
- dodawanie kontrolowanych ilości niezbędnych aminokwasów do dawek pokarmowych z niską zawartością białka ogólnego;
- stosowanie dopuszczonych dodatków paszowych, które zmniejszają całkowitą ilość wydalanego azotu.

Zgodnie z zapisami konkluzji BAT 3, za wymagania spełnione uznaje się spełnienie jednej techniki lub kombinacji technik, zatem wyłączenie zastosowania jednej techniki a, b, c lub d jest również spełnieniem wymagań konkluzji BAT 3.

Straty gazowe azotu z płynnych nawozów naturalnych (gnojówka i gnojowica) są relatywnie o wiele większe, niż z obornika. Aby ograniczyć emisję amoniaku do powietrza z przechowywania gnojowicy, techniką BAT jest wykorzystanie następujących sposobów:

- zmniejszenie stosunku między powierzchnią emitującą amoniak a objętością zbiornika z gnojownicą;



Fot. 6.5. Utrzymanie zwierząt w technologii ściółkowej (autor: R. Gaj)



Fot. 6.6. Utrzymanie zwierząt w technologii bezściółkowej na rusztach (autor: K. Bąk)

- ograniczenie prędkości wiatru i wymiany powietrza na powierzchni gnojowicy;
- ograniczenie mieszania gnojowicy;
- przykrywanie zbiornika z gnojownicą.

Biorąc pod uwagę możliwości techniczne (zwłaszcza znaczną niekiedy ich powierzchnię) wybór sposobu przykrycia zbiorników z gnojownicą pozostaje w gestii producenta rolnego.

W przypadku przechowywania gnojowicy w lagunach, umieszczonych w wykopach ziemnych, stosując technikę BAT można

ograniczyć emisję amoniaku do powietrza, poprzez: ograniczenie mieszania gnojowicy oraz przykrycie umiejscowionego w wykopie ziemnym zbiornika na gnojowice (laguny) elastyczną lub pływającą pokrywą, taką jak: elastyczne płytki plastikowe; lekkie materiały sypanie; powłokę naturalną – słomę. Proces mieszania gnojowicy powinno ograniczyć się do czasu przed planowanym jej wypompowaniem i zagospodarowaniem na użytkach rolnych.

Poza emisją gazów do powietrza z miejsc przechowywania gnojowicy, mogą mieć miejsce również emisje związane z uwalnianiem związków do gleby i wody. Producenci mogą zminimalizować potencjalne zagrożenia z tym związane stosując następujące rozwiązania, wymienione jako techniki BAT:

- wykorzystanie zbiorników, które są w stanie wytrzymać oddziaływania mechaniczne, chemiczne i termiczne;
- wybór zbiornika o pojemności wystarczającej do przechowywania gnojowicy w okresach, w których zagospodarowanie gnojowicy na użytkach rolnych nie jest możliwe;
- budowa szczelnych urządzeń i sprzętu do gromadzenia (zbiorniki, laguny) i przepompowywania gnojowicy (np. kanałów gnojowych, kanałów, drenów, przepompowni);
- przechowywanie gnojowicy w zbiornikach umiejscowionych w wykopie (lagunie) o nieprzepuszczalnym podłożu i ścianach, np. z gliny lub okładzin z tworzywa sztucznego (lub dwuwarstwowych);
- zainstalowanie systemu do wykrywania wycieków np. składającego się z geomembrany, z warstwy z drenażem i systemem pomp połączonych z drenażem;
- sprawdzanie stanu konstrukcji zbiorników co najmniej raz w roku.

Techniki aplikacji gnojówki i gnojowicy

Najskuteczniejszym sposobem ograniczenia strat z gnojowicy i gnojówki na etapie stosowania na polu, jest wykorzystanie najnowocześniejszych rozwiązań, polegających na korzystaniu z wozów asenizacyjnych, wyposażonych w przystawki do dogłębowej aplikacji gnojowicy i gnojówki. Iniekcja dogłębowa gnojowicy jesienią wspomaga wymieszanie resztek poźniwnych, zastępując jeden z zabiegów uprawowych. Ona sprzyja mineralizacji resztek poźniwnych, dostarcza składników pokarmowych poplonom oraz sianych po nich roślinom ozimym. Badania wskazują, że straty amoniaku podczas aplikacji gnojowicy za pomocą aplikatorów dogłębowych do głębokiego wtryskiwania są przeciętnie o 90% mniejsze w porównaniu ze stratami amoniaku powstającymi podczas wykonywania tego zabiegu tradycyjnymi rozlewaczami z płytkami rozbryzgowymi.

Innym rozwiązaniem technicznym wykorzystywanym w stosowaniu gnojówki i gnojowicy jest iniekcja dogłębowa (fot. 6.7. i 6.8.). Taki sposób aplikacji zmniejsza znacznie ulatnianie się amoniaku z gleby oraz zmniejsza uciążliwość zapachowe związane z gospodarką nawozami organicznymi.

Kolejnym rozwiązaniem jest aplikacja pogłówna gnojowicy za pomocą wleczonych węży rozlewowych – stosowana najczęściej wczesną wiosną (po 1. marca) w nawożeniu ozimin w celu dostarczenia składników szybko działających, przyspieszających regenerację uszkodzeń pozimowych. Pogłówna nawożenie w trakcie wegetacji roślin wiąże się z ograniczeniami wynikającymi z: fazy rozwojowej roślin w czasie wegetacji oraz warunków pogodowych. Zbyt wysoka temperatura powoduje znaczne straty, związane z ulatnianiem się składników, zbyt niska wpływa na ryzyko uszkodzenia roślin i niewykorzystanie składników w oczekiwanej ilości.

Wdrożenie najlepszych dostępnych technologii w zakresie zagospodarowywania nawozów naturalnych sprowadza się do minimalizowania uciążliwości, związanych z ruchem pojazdów, służących do zagospodarowania gnojowicy oraz minimalizowania rozprzestrzeniania się naturalnego zapachu gnojowicy. Rozwiązanie problemu polegające na maksymalnym skróceniu czasu aplikacji oraz iniekcji dogłębowej osiągnięto poprzez wykorzystanie pompy spalinowej o wysokiej wydajności do dystrybucji gnojowicy (fot. 6.10.) oraz systemu podziemnych rurociągów i węży giętkich. Za pomocą podziemnych rurociągów oraz systemu węży giętkich gnojowica może być transportowana na nieograniczone odległości, a zastosowane pompy usprawniają ten proces (fot. 6.11.).



Fot. 6.7. Iniekcja dogłębowa aplikatorem dłutowym (autor: K. Bąk)



Fot. 6.8. Iniekcja dogłębowa aplikatorem talerzowym (autor: K. Bąk)



Fot. 6.9. Aplikacja gnojowicy z wykorzystaniem węży wleczonych (autor: K. Bqk)



Fot. 6.10. Pompa spalinowa do dystrybucji, pracująca na gnojowicy (autor: K. Bqk)



Fot. 6.11. Pompa wraz z węży giętkim na lagunie (autor: K. Bqk)

Literatura:

1. Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej - Departament Ochrony Powietrza i Klimatu Ministerstwa Środowiska – 2016 r.
2. Best Available Techniques (BAT). Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs – document BREF 2017.
3. Bielka I., Pietruszka A. 2017. Wytyczne dotyczące praktycznego zastosowania Konkluzji BAT w zakresie intensywnego chowu drobiu i świń: Cz. 2. Instalacje do chowu świń. Ministerstwo Środowiska, Departament Zarządzania środowiskiem.
4. Departament Ochrony Powietrza i Klimatu Ministerstwa ŚrodowiskaKodeks dobrej praktyki rolniczej – Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz Ministerstwo Środowiska – 2004 r. 2016. Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej. MŚ. Warszawa.
5. Jadczyszyn T., Winiarski R. 2017. Wykorzystanie pofermentu z biogazowni rolniczych do nawożenia. Studia i Raporty IUNG-PIB, 53(7): 105-118.
6. MRiRW i MŚ. 2004. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. Wydanie III. MRiRW. MŚ. Warszawa.
7. Pikuła D. 2014. Racjonalne gospodarowanie nawozami naturalnymi i organicznymi. Studia i Raporty IUNG-PIB, 37(11): 57-67.

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, lokalne inicjatywy środowiskowe oraz działania informacyjne i edukacyjne. Jesteśmy wydawcą uznanych opracowań i specjalistycznych raportów, jak np. wydawanego co dwa lata „Raportu o stanie wsi. Polska wieś”, licznych publikacji promujących zrównoważony rozwój obszarów wiejskich, w tym poruszających 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 na tematy związane 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.

Niniejsze opracowanie jest uzupełnieniem projektu „Ograniczenie zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego metodą poprawy jakości wód” dofinansowanego ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Publikacja została przygotowana w ramach operacji pn. „Ograniczenie zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego metodą poprawy jakości wód” w ramach Planu Działania Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 Plan operacyjny na lata 2018-2019.



Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

www.fdpa.org.pl

<http://fdpa-funduszpożyczkowy.org.pl>

www.facebook.com/Fundacja.FDPA