

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

Stefan Pietrzak

**Priorytetowe środki zaradcze
w zakresie ograniczania strat
azotu i fosforu z rolnictwa
w aspekcie ochrony jakości wody**



Part-financed by the European Union
(European Regional Development Fund
and European Neighbourhood and Partnership Instrument)

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
(Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego
i Europejski Instrument Sąsiedztwa i Partnerstwa)

INSTYTUT TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY

Dyrektor: *prof. dr hab. Edmund Kaca*

Praca wykonana w ramach projektu Baltic Compass

Praca została wykonana z pomocą Barbary Wróbel, Marka Urbaniaka, Łukasza Wojcieszczaka z Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach oraz Evy Salomon i Martina Sundberga ze Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering Upsali/Szwecja.

W opracowaniu wykorzystano raport pt. „Priority measures for reducing nitrogen and phosphorus losses from agriculture and water protection” opracowany przez autora w ramach trzeciego pakietu roboczego projektu Baltic Compass.

Kierownik Działu Wydawnictw:

dr inż. Halina Jankowska-Huflejt

Opracowanie redakcyjne: *Grażyna Pucek*

Skład komputerowy i przygotowanie do druku: *Elżbieta Golubiewska*

© Copyright by Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, 2012

ISBN 978-83-62416-42-4

Adres redakcji: Falenty, al. Hrabka 3, 05-090 Raszyn, e-mail: wydawnictwo@itep.edu.pl
tel. 22 720-05-98, tel./fax: 22 628-37-63

Realizacja wydania: Ośrodek Wydawniczo-Poligraficzny „SIM”

ul. Emilii Plater 9/11, 00-669 Warszawa; tel. 22 629-80-38

Ark. wyd. 3,0. Nakład 300 egz.

Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Uprawa traw na gruntach ornych	4
3. Okrywa roślinna gruntów ornych w okresie jesiennym i zimowym.....	5
4. Uprawa gleby	6
4.1. Ograniczenie uprawy płużnej	6
4.2. Zmiana terminu uprawy płużnej z jesiennego na wiosenny	7
5. Zarządzanie nawożeniem	8
5.1. Dostosowanie nawożenia mineralnego do naturalnego.....	8
5.2. Obliczanie bilansu składników nawozowych w gospodarstwie i/lub na powierzchni pola	9
5.3. Unikanie stosowania nawozów mineralnych i naturalnych w okresach zwiększonego ryzyka	10
5.4. Niestosowanie lub ograniczenie stosowania nawozów fosforowych na gleby o wysokiej zasobności w ten składnik.....	11
6. Ulepszone technologie stosowania nawozów naturalnych i mineralnych	12
6.1. Dawki dostosowane do miejsca (precyzyjne nawożenie z wykorzystaniem systemu GPS.....	12
6.2. Jednoczesny siew i nawożenie tą samą maszyną	13
6.3. Szybkie przykrycie zastosowanych nawozów naturalnych i mineralnych glebą za pomocą kultywatorów i bron talerzowych	14
6.4. Pasmowe i doglebowe wprowadzanie płynnych nawozów naturalnych.....	15
6.5. Roztrzaskacze obornika z systemem rozdrabniania i rozrzucania obornika w kierunku wzdłużnym	16
6.6. Stosowanie nawozów naturalnych i emisja amoniaku – ogólne zalecenia	17
7. Unikanie stosowania nawozów mineralnych i naturalnych na obszarach dużego ryzyka.....	19
8. Środki mające na celu optymalizację pH gleby i poprawę struktury gleby (wapnowanie gleby).....	10
9. Żywnienie dostosowane do zapotrzebowania zwierząt.....	21
9.1. Znaczenie żywienia dostosowanego do zapotrzebowania zwierząt	21
9.2. Żywnienie fazowe.....	21
9.3. Zmniejszenie pobierania azotu i fosforu w paszy	22
9.4. Dodawanie fitazy do paszy	23
9.5. Żywnienie na mokro i kontrolowana fermentacja pasz.....	24
10. Ograniczanie strat amoniaku w budynkach inwentarskich	25
11. Przechowywanie nawozów naturalnych	26
12. Tworzenie sztucznych obszarów wodno-błotnych w celu przechwytywania składników nawozowych ze spływu powierzchniowego.....	27
12.2. Stawy sedymentacyjne	27
12.2. Sztuczne mokradła.....	28
13. Strefy buforowe wzdłuż zbiorników i cieków oraz pól podatnych na erozję	29
14. Bibliografia	30

1. Wstęp

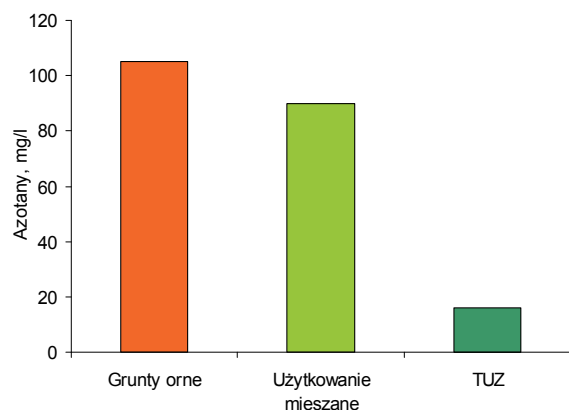
Rolnictwo jest największym antropogenicznym źródłem składników biogennych, wprowadzanych do Morza Bałtyckiego, będących główną przyczyną jego eutrofizacji. Eutrofizacja wywołuje wiele niekorzystnych zmian w morskiej florze i faunie (jest uważana za najważniejszy problem środowiskowy Morza Bałtyckiego) i powoduje duże straty społeczne i ekonomiczne. W celu zapobiegania jej od wielu lat podejmuje się różne działania, zarówno na poziomie regionalnym, jak i poszczególnych państw, w tym w szczególności ukierunkowane na ograniczenie zrzutów związków azotu i fosforu ze źródeł rolniczych do wód Bałtyku.

Między innymi, dla potrzeb wsparcia tych działań, w latach 2009–2012 realizowano międzynarodowy projekt pn.: „Kompleksowe działania strategiczne i inwestycyjne w zrównoważonym rozwoju rolnictwa w regionie Morza Bałtyckiego” („Comprehensive Policy Actions and Investments in Sustainable Solutions in Agriculture in the Baltic Sea Region”), w skrócie zwany Baltic Compass. Realizatorami projektu jest 23 instytucji z 9 państw, takich jak: Szwecja, Białoruś, Dania, Estonia, Finlandia, Niemcy, Łotwa, Litwa, Polska, oraz Komisja Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku – Helcom. Jednym z wykonawców projektu jest Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach.

W efekcie realizacji projektu powstały różne inicjatywy i rozwiązania, służące prowadzeniu bardziej zrównoważonej – przyjaznej dla Bałtyku – działalności rolniczej. Istotny w tym zakresie wkład wniósł zespół, realizujący trzeci pakiet roboczy (WP3) projektu Baltic Compass pod nazwą „Wykorzystanie i transfer najlepszych praktyk”. W ramach prac prowadzonych w tym pakiecie wyselekcjonowano – podzielonych na 12 kategorii – 25 priorytetowych środków zaradczych [Description...], mających na celu ograniczanie strat azotu i fosforu z gospodarstw, z przeznaczeniem do upowszechnienia wśród rolników z regionu Morza Bałtyckiego. Środki te obejmują między innymi zabiegi związane z uprawą gleby, gospodarowanie nawozami oraz ulepszone technologie ich stosowania. Wiele z nich jest dobrze znanych w krajach basenu Morza Bałtyckiego, ale nie są powszechnie stosowane (istnieje również duże zróżnicowanie w ich stosowaniu w poszczególnych krajach i regionach). Wymienione środki zaradcze scharakteryzowano w niniejszym opracowaniu. Opracowano je w formie materiału szkoleniowego dla doradców rolnych, rolników oraz pracowników różnych instytucji, zajmujących się problematyką ochrony jakości wód. Upowszechnianie i praktyczne wdrażanie wiedzy zawartej w tym materiale może przyczynić się do znacznego zmniejszenia strat azotu i fosforu, generowanego przez rolnictwo w regionie Morza Bałtyckiego, i w ten sposób wpłynąć na poprawę jakości wody tego akwenu.

2. Uprawa traw na gruntach ornych

Skutecznym sposobem ograniczania strat składników pokarmowych z gruntów ornych w okresie jesienno-zimowym jest utrzymywanie w tym okresie okrywy roślinnej („zielone pola”) na tych gruntach. Szczególnie dotyczy to gleb lekkich na obszarach występowania łagodnych warunków klimatycznych.



Stężenie azotanów w odciekach z gleb do wód powierzchniowych na terenie OSN w Anglii, zima 2005/2006 [ADAS 2007 za: LORD i in. 2006]

Zarówno wieloletnie, jak i krótkotrwałe użytki zielone potencjalnie są skutecznym narzędziem w zmniejszaniu strat składników pokarmowych. Stosowanie w płodozmianie krótkotrwałych użytków zielonych lub mieszanek motylkowato-trawiaстых, w odróżnieniu od upraw jednorocznych, może zmniejszyć wymywanie azotu i fosforu oraz ograniczać straty, wywołane spływami powierzchniowymi, a także erozją gleby. Użytki zielone mogą być użytkowane zarówno ekstensywnie, jak i intensywnie.

Niskonakładowy wypas bydła mięsnego jest często praktykowany na terenach, na których inne wykorzystanie gruntów jest ograniczone, oraz tam gdzie wypas może przyczynić się do utrzymania dużej różnorodności gatunkowej dzikiej fauny i flory.

Ilość wprowadzanych składników pokarmowych z zewnątrz jest zazwyczaj mała, podobnie jak obsada zwierząt i ich produktywność. Z kolei intensywna produkcja mięsa lub mleka na bazie pasz treściwych i wypasu, charakteryzująca się wysoką wydajnością, może powodować wprowadzanie dziesięciokrotnie większej ilości azotu, odpowiadającej dawce 200–400 kg N/ha rocznie.

Korzystny wpływ wieloletnich upraw trawiaстых na środowisko jest możliwy pod warunkiem odpowiedniego gospodarowania. Utrzymywanie wieloletnich upraw (zasiewów) traw jest korzystne ze względu na zachowanie bioróżnorodności i magazynowanie węgla w glebie.

Krótkotrwałe zasiewy traw są korzystne z innych powodów – przede wszystkim ze względu na ochronę gleb i wód. Regularna orka i zamiana użytków zielonych na grunt orny może być jednak kluczowym czynnikiem w generowaniu strat węgla i azotu oraz niekorzystnym oddziaływaniu na kształtowanie bioróżnorodności.



Przemienny użytek zielony (fot. JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering)



Ekstensywny użytek zielony (fot. JTI)

3. Okrywa roślinna gruntów ornych w okresie jesiennym i zimowym

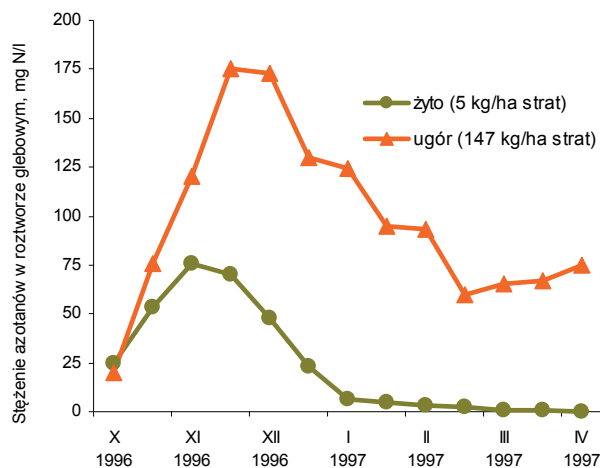
Rośliny ozime, takie jak pszenica ozima czy rzepak ozimy, mogą tworzyć okrywę roślinną, która w okresach intensywnych opadów w chłodnym klimacie aktywnie pobiera z gleby dostępny azot i fosfor bardziej skutecznie niż jednoroczne uprawy jare.

Poplony są to szybko rosnące rośliny, które mogą być wysiewane równocześnie z rośliną główną lub tuż po jej siewie. W momencie zbioru plonu głównego, czyli w okresie późnego lata i jesienią, roślina poplonowa ma już dobrze ukształtowany system korzeniowy, zdolny do pobierania azotu z gleby. Azot, który mógłby ulec wymyciu, jest pobierany przez roślinę poplonową i wykorzystywany do jej wzrostu. Ten unieruchomiony składnik ponownie zostanie wprowadzony do gleby w momencie zakończenia uprawy poplonu, np. w wyniku jej zaorania. Poplon powinien być zaorywany możliwie jak najpóźniej jesienią lub wiosną. Wybór gatunków roślin, stosowanych jako poplony, zależy od warunków klimatycznych i glebowych.

W Polsce, w zależności od wymagań glebowych, zaleca się: a) na gleby słabsze: łubin żółty, seradełę, facelię i żyto; b) na gleby średnie: groch siewny pastewny (peluszkę), słonecznik, łubin wąskolistny, gorczycę białą, rzodkiew oleistą, wykę kosmatą (ozimą); c) na gleby żyzne: bobik, rzepak i rzepik ozimy. W krajach skandynawskich, tj. Szwecji i Danii, często wysiewane są trawy, np. życica trwała, mogące efektywnie ograniczać wymywanie azotu spod upraw zbożowych.

Zaletą uprawy roślin poplonowych jest ochrona powierzchni gleby i pobieranie niewykorzystanych składników pokarmowych. Wymywanie azotanów jest tym mniejsze, im dłużej gleba jest pokryta roślinnością. Oddziaływanie poplonów w zakresie wymywania azotu zależy także od opadów, intensywności odwodnienia, ilości azotu dostępnego w glebie, gatunku rośliny poplonowej oraz plonu tej rośliny. Poplony, oprócz ograniczania wymywania azotanów, mogą również pobierać fosfor dostępny w strefie korzeniowej, zwiększać ilość materii organicznej w glebie oraz poprawiać jej strukturę.

Stosowanie poplonów jest stosunkowo proste do wdrożenia. Wymaga tylko zakupu i wysiewu nasion, a następnie przeorania uzyskanej masy roślinnej.



Przykład stężenia azotanów w roztworze glebowym okresie zimowym na poletkach niepokrytych roślinnością oraz poletkach, na których rosło żyto (doświadczenie zostało założone bezpośrednio po zaoraniu zasiewu mieszanki trawy z koniczyną) [HDRA]

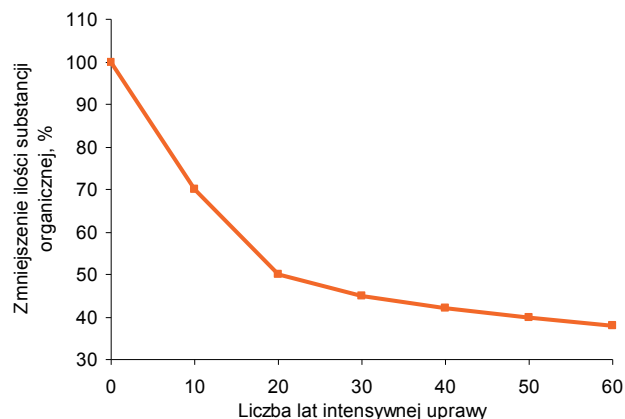


Gorczyca biała jako poplon ścierniskowy (fot. L. Zimny)

4. Uprawa gleby

4.1. Ograniczenie uprawy płużnej

Tradycyjny system uprawy roli, oparty na orce i innych mechanicznych zabiegach uprawowych, niszczy naturalną strukturę gleby, powodując jej przesuszanie i przyspieszając mineralizację materii organicznej. Straty tej materii po dwudziestoletniej intensywnej uprawie płużnej mogą niekiedy sięgać nawet 50%.



Zmiany w zawartości substancji organicznej; źródło: SMAGACZ [2011] za: KINSELLA [1995]

Zredukowanie uprawy płużnej może ograniczać mineralizację substancji organicznej w glebie, co przyczynia się do zmniejszenia wymywania azotu. Istnieją dwa systemy uprawy, z których każdy może stanowić alternatywę uprawy płużnej. Są to: a) system bezorkowy (bezplużny), b) uprawa zerowa (siew bezpośredni).

System bezorkowy polega na powierzchniowej (do głębokości 10–12 cm) uprawie mechanicznej gleby bez użycia pługa lub jej uprawie z głębokim spulchnianiem (do 25 cm). W tym systemie stosowane są: kultywatory o sztywnych łapach (grubery), brony rotacyjne lub talerzowe,

agregaty uprawowe (służące do kompleksowego rozdrabniania i spulchniania gleby). Urządzenia te nie odwracają gleby, lecz silnie ją spulchniają i mieszają; około 30% resztek pożywnych przed siewem pozostaje na powierzchni gleby. Do siewu nasion konieczne jest stosowanie specjalnych siewników, najczęściej z redlicami talerzowymi.

Uprawa zerowa (ang. „no-tillage”) polega na siewie nasion do gleby nieuprawionej po zbiorze rośliny poprzedzającej za pomocą specjalnych siewników do siewu bezpośredniego. Podstawowymi maszynami, stosowanymi w tej uprawie, są siewniki o różnej konstrukcji: redlic, talerzowe, rotacyjne, kultywatorowe, kombinowane.



Agregat uprawowy (fot. H. Zelenko)



Siewnik do siewu bezpośredniego (fot. M. Hagenlocher)

Rezygnacja z uprawy płużnej i stosowanie minimalnych zabiegów uprawowych lub zaniechanie uprawy przyczyniają się również do zmniejszenia strat fosforu. Uprawa roli za pomocą bron talerzowych lub kultywatorów albo agregatów do siewu bezpośredniego (system bezorkowy) chroni materię organiczną w glebie i utrzymuje dobrą jej strukturę. Dzięki poprawie infiltracji i retencji wodnej całkowite stężenie fosforu w spływie powierzchniowym jest mniejsze niż po uprawie płużnej.

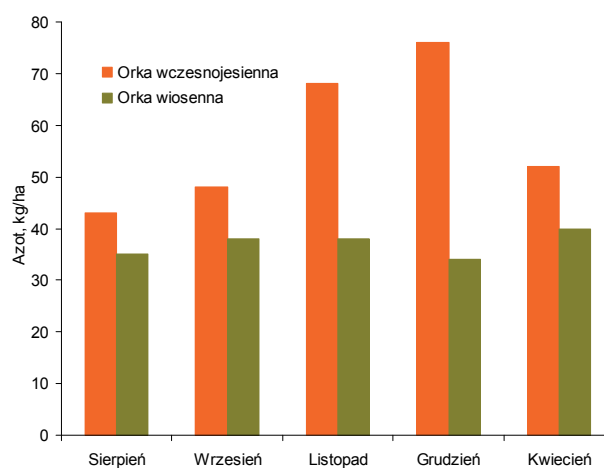
4.2. Zmiana terminu uprawy płuznej z jesiennego na wiosenny

Termin wykonania orki ma istotny wpływ na proces mineralizacji azotu w glebie oraz w pewnym stopniu również na ilość azotu wymytego z gleby.

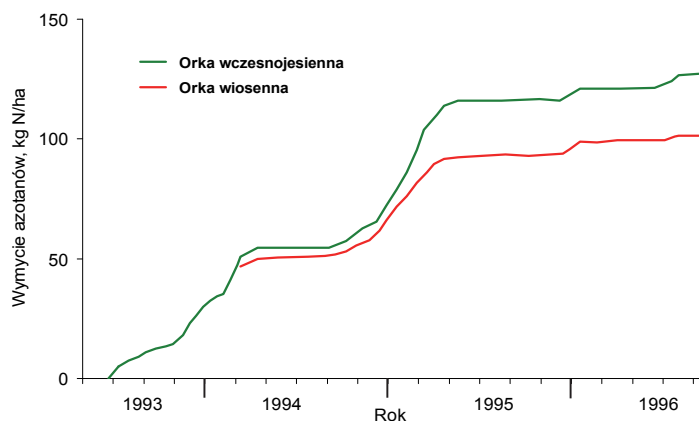
Proces mineralizacji azotu jest silnie uzależniony od temperatury gleby, jej wilgotności i bilansu azotu dla poprzedniej uprawy. Na krótkotrwałych użytkach zielonych proces mineralizacji jest intensywniejszy w przypadku użytkowania pastwiskowego niż kośnego. Proces ten nasila się również w przypadku intensywniejszego nawożenia roślin mineralnymi nawozami azotowymi lub nawozami naturalnymi. Jesienna uprawa, ze względu na panujące wówczas ciepłe i wilgotne warunki oraz brak roślin w stanie wegetacji, aktywnie wzmacnia proces mineralizacji w glebie oraz zwiększa ryzyko strat azotu. Później, w okresie zimowym, zgromadzony azot jest przemieszczany z profilu gleby wraz z wodą przez system drenarski. Jesienna uprawa gleby wzmacnia mineralizację azotu z zasobów materii organicznej, a rośliny pobierają w tym czasie małe ilości tego składnika, w związku z czym zwiększa się potencjalne poziome wymywanie azotanów.

Gleba na polach pod uprawy jare, zao-rana późną jesienią, na ogół podlega cyklicznemu zamarzaniu i rozmarzaniu oraz zwiększaniu się uwilgotnienia i wysychaniu, w wyniku czego ulega rozkruszeniu. Uprawa wiosenna jest korzystniejsza w porównaniu z jesienną, bowiem stwarza mniejsze możliwości wymywania zmineralizowanego azotu. Gleba uprawiana wiosną nie jest narażana na działanie czynników atmosferycznych, panujących w okresie zimowym. Uprawy jare wkrótce po ich wysiewie wiosną są w stanie pobierać azot i zapewniać glebie ochronę. Dlatego też pola pod uprawy jare i krótkotrwałe użytki zielone powinny być uprawiane wiosną, a nie jesienią.

Późniejsze wykonywanie podstawowych zabiegów uprawowych zmniejsza jednak plony ziarna i powoduje problemy z wieloletnimi chwastami. Stosowanie poplonu, np. życicy, może ograniczyć nadmierne zachwaszczenie czy gorsze plonowanie. Jesienna orka również umożliwia wcześniejszy wysiew roślin jarych w przypadku, gdy przed siewem jest wymagane zastosowanie dodatkowych zabiegów uprawowych. Opóźnienie zabiegów uprawowych na



Średnia zawartość azotu mineralnego w glebie z doświadczenia w zależności od okresu uprawy płuznej (modyfikacja na podstawie: STENBERG i in. [1999])



Skumulowane wymywanie azotanów (kg/ha) w zależności od okresu uprawy płuznej (modyfikacja na podstawie: STENBERG i in. [1999])

glebach średnich i ciężkich może powodować zasychanie młodych siewek. To może mieć wpływ na powodzenie uprawy i jej plonowanie.

Odłożenie uprawy aż do wiosny może również mieć wpływ na pojawianie się niektórych chwastów. Uprawa wiosenna, wykonana w warunkach dużego uwilgotnienia gleby, wywiera również wpływ na strukturę gleby. Ponowne zasiewy na łąkach z reguły są mniej udane niż wykonane jesienią.

5. Zarządzanie nawożeniem

5.1. Dostosowanie nawożenia mineralnego do naturalnego

Obsada zwierząt jest miarą liczby i gatunku zwierząt utrzymywanych w gospodarstwie w odniesieniu do powierzchni dostępnych użytków rolnych, na których można zastosować nawozy naturalne. Obsadę zwierząt wykorzystuje się jako element prowadzenia zrównoważonej gospodarki azotem i fosforem. Aby uniknąć nadmiernego nawożenia, niezbędne jest stosowanie planu nawożenia, w którym bierze się pod uwagę wymagania roślin uprawnych w stosunku do azotu i fosforu. W planie nawożenia powinna być uwzględniana zawartość azotu i fosforu w nawozach naturalnych w celu określenia faktycznego zapotrzebowania na nawozy mineralne i uniknięcia stosowania nadmiernej ich ilości.

Skład nawozów naturalnych może być bardzo zróżnicowany. Analizy chemiczne pobieranych prób obornika dostarczają informacji na temat zawartości azotu i fosforu oraz ilości azotu dostępnego dla roślin w formie mineralnej ($\text{N-NH}_4 + \text{N-NH}_3$) i organicznej.

Gnojowica to nawóz pozyskiwany od zwierząt gospodarskich, który płynie pod wpływem siły ciężkości i może być pompowany. Gnojowica może mieć duży udział azotu dostępnego dla roślin w azocie całkowitym.

Obornik to nawóz od zwierząt gospodarskich z dużą ilością ściółki, który nie spływa grawitacyjnie, nie może być pompowany, ale może być układany w pryzmy. Obornik może mieć duży udział azotu organicznego w azocie całkowitym.

Analizy zawartości azotu i fosforu w glebie pól uprawnych dostarczają informacji o wartości tych składników, co powinno być uwzględnione w planie nawożenia w celu uniknięcia stosowania nadmiernych dawek nawozu lub zapobieżenia zmniejszeniu żyzności gleby.

Plan nawozowy określa zalecenia nawozowe na podstawie analizy gleby i wymagań roślin. Zawiera on również wskazówki w zakresie zrównoważonego gospodarowania oraz porady dotyczące bezpiecznego stosowania nawozów pod różne uprawy. Plan nawozowy powinien

być sporządzony dla uprawy na każdym polu, zanim jakkolwiek nawóz azotowy lub fosforowy zostanie zastosowany.

Plan powinien obejmować:

- analizę zawartości dostępnego azotu i fosforu glebowego dla roślin w okresie wegetacji;
- oszacowaną optymalną ilość azotu i fosforu, która powinna być zastosowana, z uwzględnieniem pobrania tych składników z gleby;
- obliczoną ilość azotu i fosforu ze wszystkich przewidywanych do zastosowania w okresie wegetacji roślin nawozów naturalnych i organicznych;
- obliczoną ilość nawozów mineralnych, które należy zastosować, aby pokryć potrzeby nawozowe roślin.

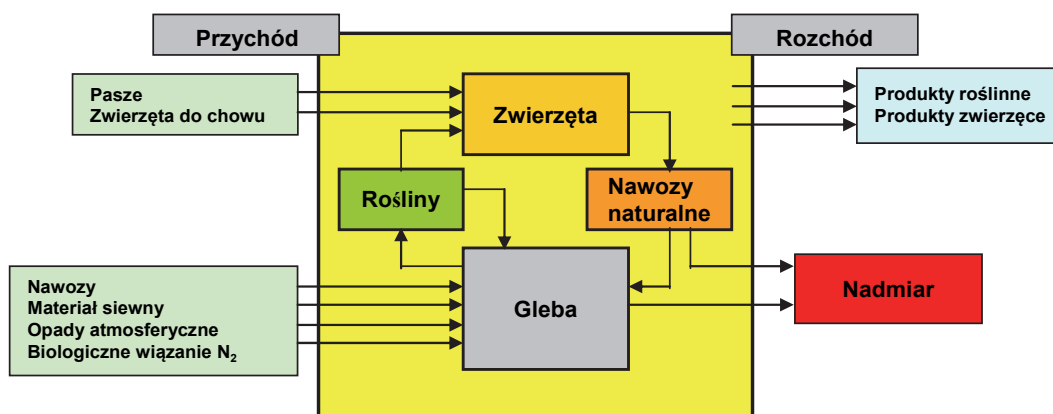


W gospodarstwach rolnych do przygotowywania planów nawożenia służą specjalne programy komputerowe; źródło: IUNG-PIB

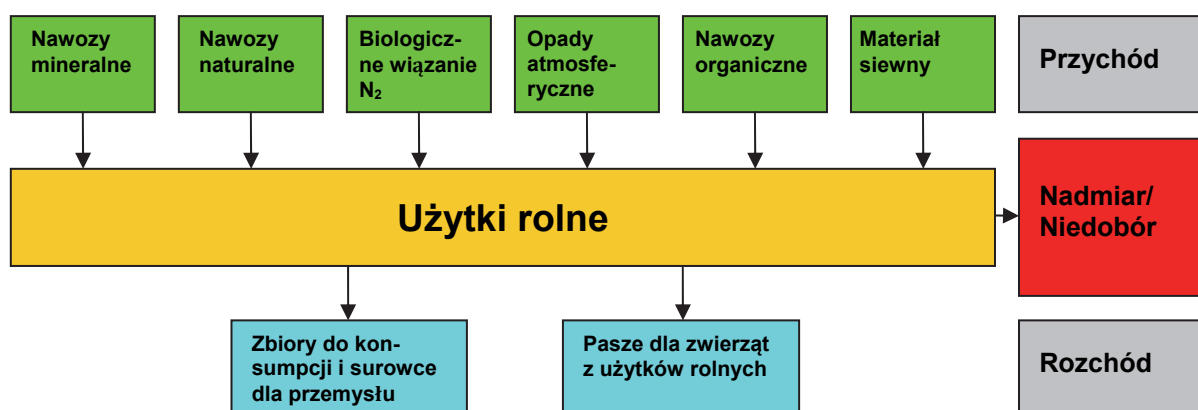
5.2. Obliczanie bilansu składników nawozowych w gospodarstwie i/lub na powierzchni pola

Bilans azotu i fosforu w gospodarstwie i/lub na powierzchni pola jest narzędziem do oceny efektywności produkcji rolnej oraz jej oddziaływania na środowisko. Narzędzie to może być również stosowane do monitorowania i oceny wpływu alternatywnych praktyk zarządzania i technologii stosowania nawozów naturalnych i mineralnych w zakresie wykorzystania azotu i fosforu w gospodarstwie. Gdy salda bilansu azotu i fosforu w gospodarstwie zostaną powiązane ze źródłami i przepływami tych składników w ramach gospodarstwa, istnieje duża możliwość identyfikacji najsłabszego ogniwa i ewentualnego ulepszenia metod gospodarowania. Bilans azotu może być wykorzystany do oceny ryzyka strat amoniaku z nawozów naturalnych i ryzyka strat wymywania azotu do wód.

Bilans azotu i fosforu tworzy się poprzez określenie ilości tych składników wnoszonych do gospodarstwa (przychód) i z niego wynoszonych (rozchód) (tzw. bilans „u wrót gospodarstwa”) lub wnoszonych na użytki rolne i z nich wynoszonych (tzw. bilans „na powierzchni pola”). Na podstawie różnicy między przychodem i rozchodem azotu oraz fosforu określa się ich saldo (nadmiar lub niedobór).



Schemat bilansu składników nawozowych „u wrót gospodarstwa” z zaznaczeniem obiegu składników nawozowych w gospodarstwie (modyfikacja na podstawie: OENEMA [1999])



Bilans „na powierzchni pola”; źródło: OECD [2001]

Na podstawie wyników bilansu azotu i fosforu można wyciągnąć wiele praktycznych wniosków w celu zmniejszenia negatywnego oddziaływania produkcji rolnej na środowisko i poprawy opłacalności produkcji rolnej dzięki bardziej efektywnemu wykorzystaniu składników pokarmowych, przyczyniającemu się do zmniejszenia wydatków na nawozy sztuczne i pasze.

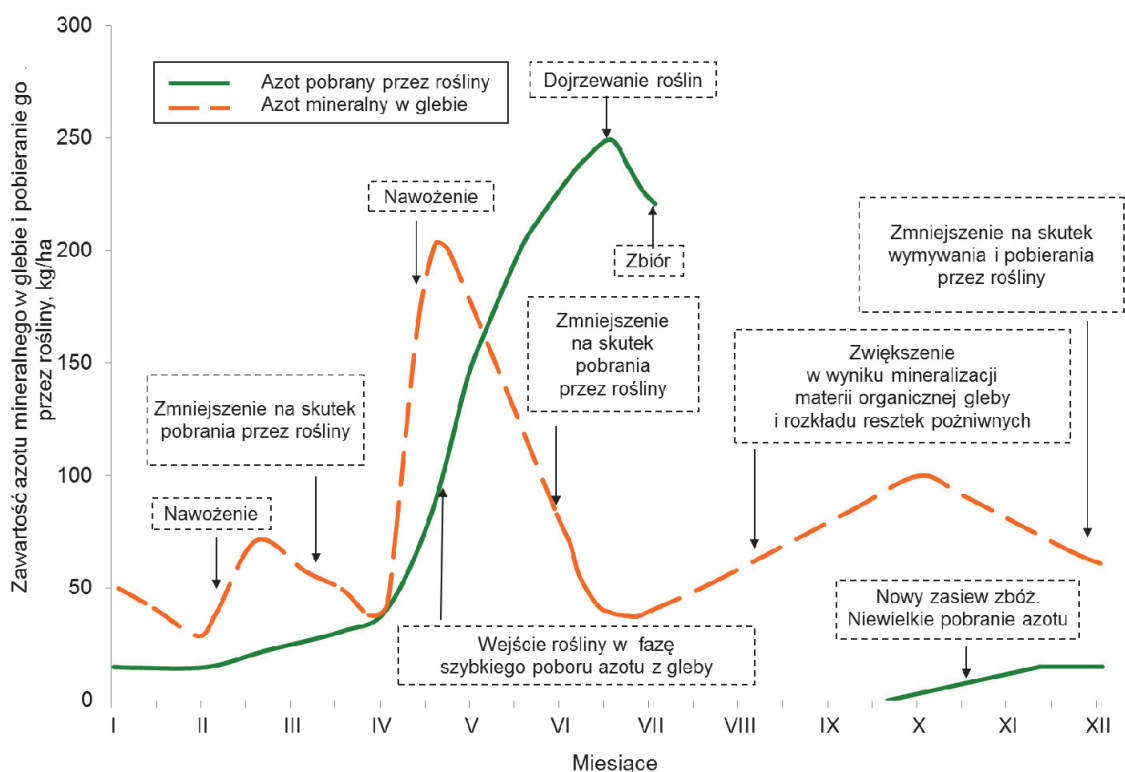
5.3. Unikanie stosowania nawozów mineralnych i naturalnych w okresach zwiększonego ryzyka

Termin stosowania nawozów mineralnych i naturalnych jest kluczowym czynnikiem w osiągnięciu wysokiej efektywności wykorzystania składników nawozowych przez rośliny. Nieodpowiedni termin jest jedną z głównych przyczyn intensywnego wymywania azotu. Nawozów nie powinno się stosować w okresie, gdy składniki mineralne, zwłaszcza azot, są podatne na wymywanie do wód gruntowych lub spływy do wód powierzchniowych. Odnosi się to szczególnie do okresu zimowego, ale także innych okresów, w zależności od rodzaju gleby, natężenia opadów i okrywy gleby.

Okres zimowy, w zależności od temperatury i opadów, może charakteryzować się bardzo różnym przebiegiem warunków pogodowych – od ciepłych i wilgotnych do suchych i zimnych. Pogoda może być bardzo zmienna i w związku z tym nawozów nie można stosować, gdy gleba jest zamrznięta i pokryta śniegiem, nawet jeżeli nastąpiło okresowe ocieplenie.

W innych okresach nawozów nie powinno się stosować, gdy pole nie jest obsiane lub rozwój rośliny nie jest dostatecznie zaawansowany oraz gdy spodziewane są większe opady. Odnosi się to przede wszystkim do gleb bardzo lekkich i lekkich o wysokiej przepuszczalności, zwłaszcza w warunkach ich bardzo dużego uwilgotnienia.

Na wykresie poniżej przedstawiono przebieg zależności między azotem pobranym przez rośliny i ilością dostępnego dla roślin uprawnych azotu mineralnego w glebie. Azot jest szybko pobierany wiosną i latem. W przypadku prawidłowego oszacowania dawek nawozów zawartość azotu mineralnego w glebie jest mała aż do późnego lata. Później, gdy wzrost roślin spowalnia i zatrzymuje się (w lipcu dla upraw zbożowych), a następnie kolejne ilości azotu, uwalniane w wyniku naturalnych procesów glebowych, nie są już wynoszone w wyniku pobrania przez rośliny, zawartość tego składnika w glebie się zwiększa. Jeśli część lub całość azotu azotanowego glebie nie zostanie pobrana przez rośliny, to zostanie jesienią wymyta.



Przykład dynamiki zmian zawartości azotu w czasie, obrazujący ryzyko wymywania i synchronizację między podażą azotu mineralnego w glebie i jego pobraniem przez rośliny; źródło: ADAS [2007]

5.4. Niestosowanie lub ograniczenie stosowania nawozów fosforowych na gleby o wysokiej zasobności w ten składnik

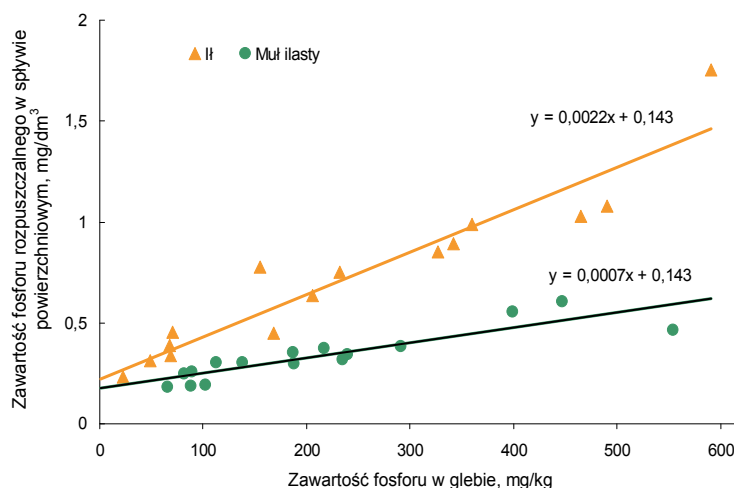
Fosfor jest podstawowym składnikiem odżywczym roślin, niezbędnym do ich prawidłowego rozwoju. Optymalna dostępność fosforu pobudza wzrost roślin i przyspiesza ich dojrzewanie. Nieodpowiednia gospodarka tym składnikiem w glebie może stanowić zagrożenie dla jakości wody. W czystej wodzie stężenie fosforu jest zwykle zbyt małe do wzrostu glonów. W przypadku zanieczyszczenia rzek i jezior tym składnikiem obserwuje się nadmierny wzrost glonów.

Istnieją trzy kategorie strat fosforu z gruntów rolnych: a) straty nagłe (gwałtowne) rozpuszczalnych form fosforu krótko po zastosowaniu nawozów, b) straty fosforu rozpuszczalnego w wyniku powolnego zmywu powierzchniowego, c) straty w wyniku procesów erozyjnych.

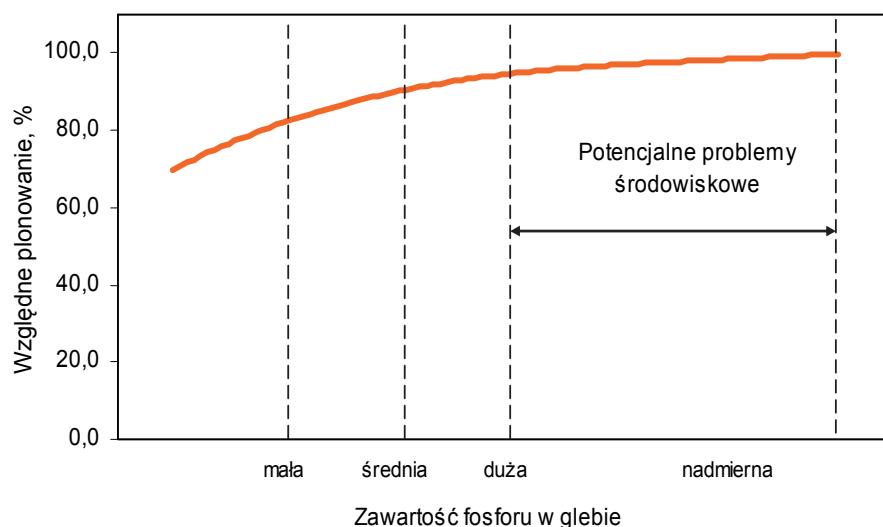
Istnieje wprost proporcjonalna dodatnia zależność między zawartością ruchliwych form fosforu w górnej warstwie gleby a stężeniem tego składnika w wodzie ze spływu powierzchniowego.

Wraz ze zwiększeniem zawartości fosforu w glebie poza optymalny zakres proces jego wynoszenia nasila się istotnie.

Najbardziej skutecznym narzędziem w gospodarowaniu fosforem są analizy chemiczne gleby na podstawie których znane jej są pH i zawartość fosforu. Dane te umożliwiają określenie zalecanej dawki fosforu dla danej uprawy.



Straty fosforu w spływie powierzchniowym w zależności od zawartości fosforu przyswajalnego (oznaczonego metodą Mehlicha) w glebach o różnym uziarnieniu [SCHIERER i in., 2007]



Zależność między zawartością fosforu w glebie a względnym plonowaniem i potencjalnymi zagrożeniami środowiskowymi; źródło: REHM i in. [2002]

Spływ fosforu z powierzchni charakteryzuje się dużym przestrzennym i czasowym zróżnicowaniem i zależy od kilku współdziałających ze sobą czynników. Jest zatem ważne, aby brać pod uwagę specyficzne czynniki w danej sytuacji w celu określenia środków ograniczających spłukiwanie tego składnika.

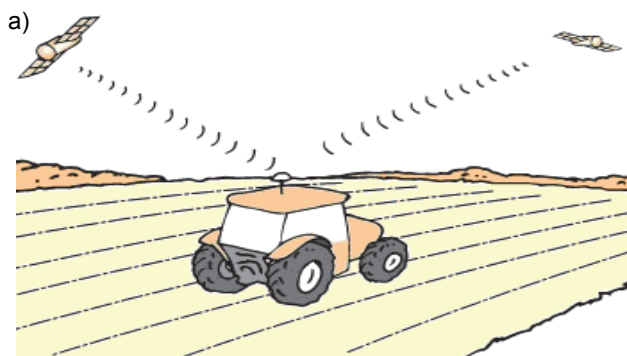
6. Ulepszone technologie stosowania nawozów naturalnych i mineralnych

6.1. Dawki dostosowane do miejsca (precyzyjne nawożenie z wykorzystaniem systemu GPS)

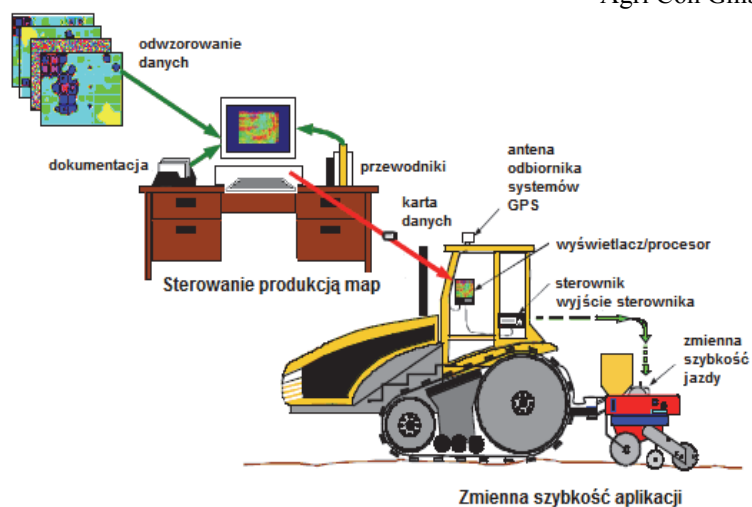
Korzystanie z systemu GPS (globalny system pozycjonowania) do ustalania aktualnego położenia sprzętu na powierzchni pola podczas stosowania wszystkich nawozów może zwiększać możliwości kontrolowania pracy sprzętu i wpływać na właściwe rozprowadzenie tych nawozów. Urządzenia GPS dostarczają informacji o długości i szerokości geograficznej, a niektóre mogą także obliczyć wysokość. Połączenie precyzyjnego odbiornika GPS z systemem prowadzenia automatycznego ciągnika, zintegrowanym z systemem hydraulicznym rozsiewacza umożliwia rozsianie nawozu tak, aby nie wystąpiły miejsca nienawiezione i miejsca nawiezione dwukrotnie (w systemie tym kierowca nie musi aktywnie kierować pojazdem, z wyjątkiem skrętów podczas zawracania).

Używając GPS, można również odwzorować różne właściwości pola, a następnie wykorzystać te informacje do realizacji precyzyjnego nawożenia mineralnego (nawożenie dostosowane do zasobności gleby w składniki pokarmowe w konkretnym miejscu pola). Proces tworzenia i wykorzystania mapy zróżnicowanego pod względem dawkowania nawożenia na danym polu obejmuje następujące elementy:

- systematyczne pobieranie próbek gleby z konkretnego pola i ich analizę;
- tworzenie szczegółowych map, zawierających informacje o żyzności gleby;
- wykorzystanie algorytmu tworzącego mapę nawożenia dla danego obszaru;
- wykorzystanie mapy nawożenia do sterowania systemem regulacji ilości wysiewu w rozsiewaczu nawozów.



Schemat stosowania systemu GPS do prowadzenia na polu sprzętu do rozsiewania nawozów; źródło: a) JTI, b) Agri Con GmbH



Schemat systemu stosowania zróżnicowanego nawożenia, dostosowanego do uprawy na podstawie mapy; źródło: ESS i in. [2001]

System pozycjonowania jest używany zarówno do pobierania próbek, stosowania nawożenia, jak i ciągłego śledzenia oraz rejestrowania lokalizacji pojazdu w terenie. Stosowanie systemu nawożenia precyzyjnego umożliwia: a) zmniejszenie zużycia nawozów, b) zwiększenie efektywności wykorzystania nawozów przez rośliny (w wyniku lepszego ich rozprowadzenia na polu), c) zmniejszenie strat składników nawozowych, d) poprawę opłacalności nawożenia.

6.2. Jednoczesny siew i nawożenie tą samą maszyną

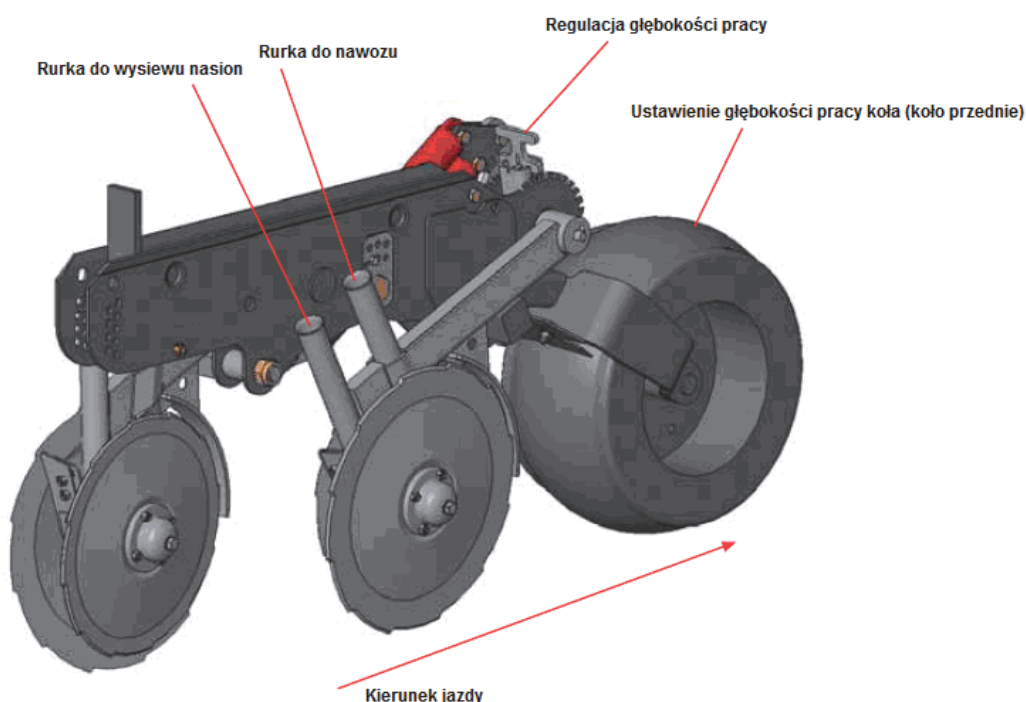
Jednoczesny siew i nawożenie polega na umieszczeniu nasion i nawozów w glebie w trakcie jednego zabiegu. Siewnik, mający redlice nasienne w normalnej rozstawie, jest dodatkowo wyposażony w redlice do aplikacji nawozów mineralnych, umieszczane między rzędami redlic nasiennych. Redlice nawozowe umieszczają nawozy o kilka centymetrów głębiej niż nasiona.

Wprowadzanie nawozów mineralnych na większą głębokość niż nasiona zapewnia dobre warunki kiełkującym siewkom roślin poprzez dostarczenie składników nawozowych. Oprócz oszczędności czasu i lepszej efektywności wykorzystania składników nawozowych, jednoczesny siew i nawożenie zmniejsza konkurencję chwastów o składniki pokarmowe i zmniejsza ryzyko spływu powierzchniowego tych składników. Fosfor z nawozów mineralnych jest szybko sorbowany przez glebę i w ten sposób w mniejszym stopniu narażony na zmyw.

W przypadku jednoczesnego wysiewu nasion i nawozów zalecana dawka azotu w warunkach danego poziomu plonowania może być zmniejszona o 10 kg N/ha. Ilość wymywanego azotu prawdopodobnie będzie mniejsza o 1–2 kg N/ha w porównaniu z występującą w przypadku stosowania innych technologii nawożenia.



Aggregat do jednoczesnego wysiewu nasion i nawozów; źródło: NILSSON, NILSSON [2005]



Redlica agregatu do jednoczesnego wysiewu nasion i nawozów; źródło: Nova Combi

6.3. Szybkie przykrycie zastosowanych nawozów naturalnych i mineralnych glebą za pomocą kultywatorów i bron talerzowych

Nawozy naturalne i mineralne powinny być całkowicie przykryte glebą w celu maksymalnego wykorzystania zawartych w nich składników odżywczych przez rośliny. Do przykrycia ich można wykorzystać pługi lub kultywatory talerzowe i sprężynowe, w zależności od rodzaju gleby i jej stanu. Nawozy przykrywa się glebą zazwyczaj w trakcie oddzielnej operacji.



Szybkie przykrycie gnojowicy warstwą gleby; źródło: FRANDSEN i in. [2011]

W przypadku gnojowicy przykrycie glebą powinno nastąpić szybko po jej rozlaniu, ponieważ straty amoniaku następują zaraz po wykonaniu tego zabiegu. Aby ograniczyć emisję amoniaku, zaleca się przykryć gnojowicę glebą w ciągu 6 godzin po jej aplikacji. Najskuteczniejsza metoda to wykonanie orki, jednakże jest to stosunkowo powolna operacja. Dlatego w pewnych przypadkach bardziej skuteczne może być użycie kultywatora sprężynowego lub brony talerzowej, które skróci czas pozostawania gnojowicy na powierzchni pola. Iniekcja tego nawozu (patrz punkt 6.4.) spełnia taką samą rolę, jak przykrycie glebą.

Również przykrycie obornika glebą jest skuteczną metodą zmniejszania emisji amoniaku. Największe jego straty następują w ciągu kilku godzin po rozrzuceniu po powierzchni pola. W związku z tym zaleca się przykrycie obornika glebą w ciągu 24 godzin. W celu maksymalnego zmniejszenia strat obornik powinien zostać całkowicie przykryty warstwą gleby. Często trudniej to wykonać w przypadku niektórych rodzajów obornika (np. zawierających duże ilości słomy) niż w przypadku gnojowicy. Orka jest najbardziej skutecznym sposobem przykrycia obornika glebą. Inne metody, jak stosowanie bron talerzowych czy kultywatorów sprężynowych, mogą być również skuteczne, ale zależy to od rodzaju obornika i właściwości gleby.

Zastosowane nawozy należy natychmiast przykryć glebą również dlatego, aby zapobiegać stratom składników nawozowych w wyniku spływu, erozji lub ulatniania się i zachować jak największą część wniesionych składników dla roślin uprawnych. Dzięki przykryciu glebą składniki nawozowe są mieszane z wierzchnią warstwą gleby, gdzie są łatwo dostępne dla systemu korzeniowego roślin uprawnych.

Wiadomo, że przykrycie nawozów glebą zapobiega bezpośredniemu odpływowi powierzchniowemu części stałych i fosforu. Zaobserwowano jednak, że na polach, na których nawozy naturalne zostały przykryte glebą poprzez wykonanie orki, wystąpiły większe straty gleby niż na polach nieuprawianych. Dlatego też zaleca się, aby nawozy te przykrywać w taki sposób, aby utrzymywać na powierzchni gleby resztki roślinne przez stosowanie takich metod, jak „nacinanie” gleby (np. za pomocą redlic talerzowych i zębowych) lub iniekcja (wtryskiwanie).

6.4. Pasmowe i doglebowe wprowadzanie płynnych nawozów naturalnych

Płynne nawozy naturalne mogą być stosowane na wiele sposobów, w tym przez rozlewanie na powierzchni pola, aplikację podpowierzchniową i deszczowanie. Najbardziej skuteczną metodą ze względu na ograniczenie strat amoniaku w trakcie i po aplikacji jest bezpośrednie wprowadzenie gnojowicy lub gnojówki do gleby lub ich rozprowadzanie za pomocą zespołów rozlewających. Bezpośrednia aplikacja doglebowa zmniejsza emisję amoniaku, ograniczając kontakt nawozu z powietrzem i zwiększając jego przenikanie do gleby dzięki bezpośredniemu umieszczeniu nawozu pod powierzchnią. W tym systemie mogą być stosowane wozy asenizacyjne, wyposażone w trzy podstawowe typy aplikatorów:

- płytkie (lub szczelinowe) – wycinają wąskie szczeliny w glebie (zazwyczaj na głębokość 4–6 cm i w rozstawie 25–30 cm), do których jest rozlewana gnojówka lub gnojowica;
- głębokie – stosowane do aplikacji gnojówki lub gnojowicy na głębokość 12–30 cm z wykorzystaniem redlic, umieszczonych w rozstawie ok. 50 cm;
- doglebowe – umieszczone na sztywnych lub sprężystych zębach kultywatora, przeznaczone tylko do stosowania na gruntach ornych.

Nawóz po aplikacji jest całkowicie przykrywany przez zamknięcie otworów przez koła lub rolki, umieszczone bezpośrednio za elementami wtryskowymi.

Zastosowanie wozów asenizacyjnych z przystawkami do pasmowego rozlewania gnojowicy i gnojówki może zmniejszać emisję amoniaku z nawozów przez zmniejszenie oddziaływania powietrza atmosferycznego na nie. W tym systemie mogą być stosowane dwa rodzaje urządzeń:

- wleczone węże – płynny nawóz jest rozprowadzany po powierzchni łąki lub pola przez elastyczne węże (możliwa aplikacja między rzędami uprawianych roślin);
- rozlewacze z redlicą płozową (lub stopkową) – nawóz jest rozlewany przez sztywne rury, zakończone metalowymi redlicami, zaprojektowanymi do ślizgania się po powierzchni gleby i rozdzielania łanu roślin tak, aby nawóz mógł być zastosowany bezpośrednio na powierzchnię gleby.

Boczną równomierność aplikacji osiąga się dzięki rozprowadzaniu nawozu do końcówek węży/redlic poprzez boczne belki. Równomierność w kierunku podłużnym może być utrzymywana na stałym poziomie za pomocą pompy podającej nawóz. Niektóre nowsze wozy asenizacyjne są wyposażone również w system kontroli, automatycznie dostosowujący moc do prędkości jazdy, która utrzymuje tempo aplikacji na żądanym poziomie.



Wóz asenizacyjny do płytkiej aplikacji gnojowicy (fot. P. Nawalany)

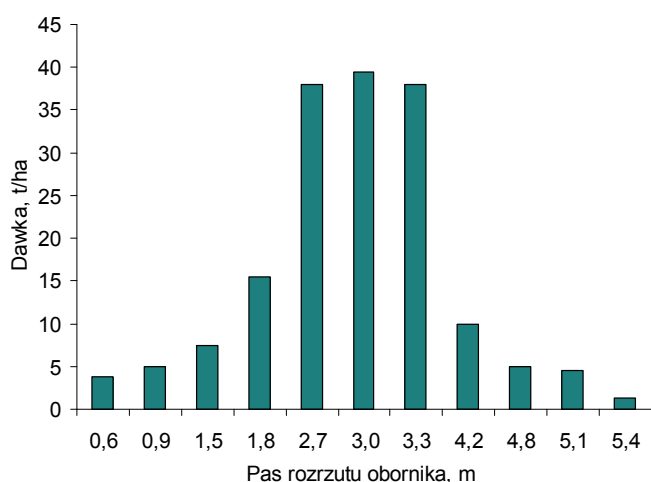


Wóz asenizacyjny z systemem węży wleczonych (fot. JTI)

6.5. Roztrzásacze obornika z systemem rozdrabniania i rozrzucania obornika w kierunku wzdłużnym

Stałe i półpłynne nawozy oraz inne rodzaje nawozów organicznych otrzymywanych z obornika poddanego separacji lub kompostowaniu mają bardzo różną konsystencję i właściwości fizyczne. Na przykład przekompostowany obornik zwykle składa się z mniejszych i bardziej wyrównanych fragmentów (części) niż obornik świeży.

Roztrzásacze obornika powinny zapewnić równomierne i precyzyjne rozrzucenie każdego rodzaju obornika, zarówno świeżego, jak i kompostowanego. Równomierność stosowania tego nawozu jest ważna w celu uzyskania pewności, że na wszystkich fragmentach pola rośliny mają dobry dostęp do składników nawozowych. Jest to również ważne ze względu na minimalizację zagrożeń dla środowiska. Niestety, wiele rozrzutników obornika (zwłaszcza starsze modele) pracuje często nierównomiernie – dawki nawozu są większe bezpośrednio za rozrzutnikiem niż z boku maszyny.



Przykład rozkładu obornika w jednym przejeździe rozrzutnika; modyfikacja na podstawie: LORIMOR [2000]

się adaptery z osiami bębna ustawionymi w poziomie lub pionie (liczba bębnow może wynosić 2, 3 lub 4). Spotyka się również rozwiązania jednobębnowe z zespołem bijaków i wyrzutem bocznym.

Równomierne rozrzucanie obornika powoduje, że nie ma miejsc na polu słabo lub nadmiernie pokrytych nawozem, a w efekcie tego – roślin przenażonych lub niedokarmionych. Dzięki temu zapewnione jest zatem równomierne pobieranie składników nawozowych przez rośliny, co zapobiega wymywaniu tych składników w głąb profilu glebowego. Obornik powinien być rozrzucany tylko za pomocą rozrzutników w dobrym stanie technicznym i nadających się do rozrzucania konkretnego rodzaju nawozu. Najważniejszym zespołem roboczym, decydującym o jakości pracy rozrzutnika, jest adapter rozrzucający nawóz. Stosuje



Rozrzutnik obornika w czasie pracy (fot. Chatellier)



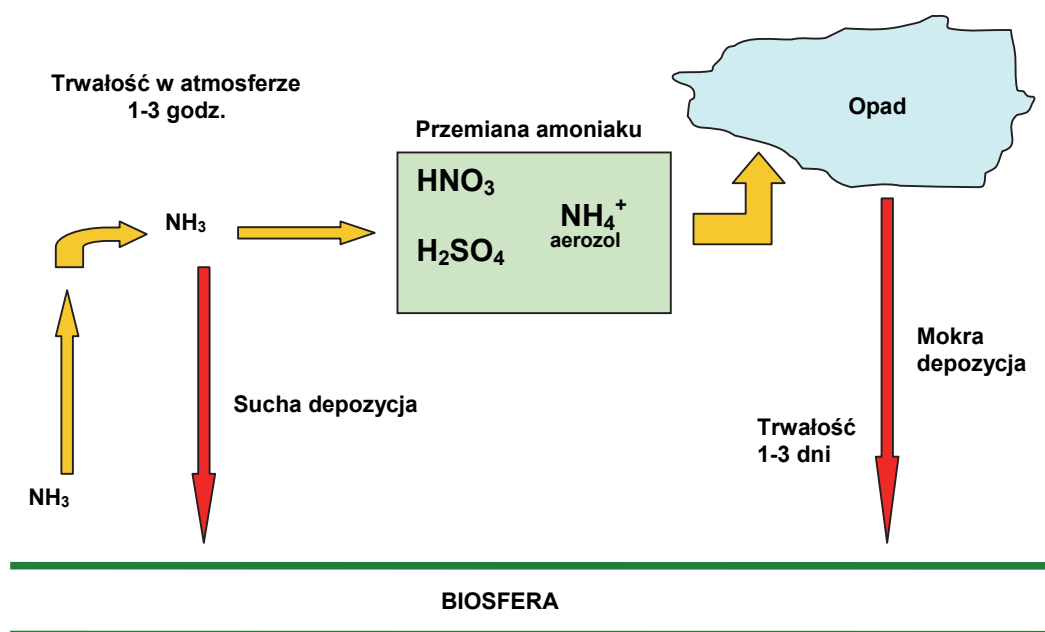
Widok rozrzucanego obornika przez rozrzutnik wyposażony w dwa pionowe bębny z systemem rozdrabniania (fot. P. Nawalany)

6.6. Stosowanie nawozów naturalnych i emisja amoniaku – ogólne zalecenia

Większość działań, mających na celu ograniczenie strat amoniaku z produkcji zwierzęcej, dotyczy nawożenia nawozami naturalnymi, ponieważ zabieg ten w znacznym stopniu przyczynia się do powstawania strat amoniaku z rolnictwa. Straty amoniaku, wynikające ze stosowania obornika, mogą sięgać 95% całkowitej zawartości azotu amonowego (N-NH_4) w oborniku.

Emisja amoniaku jest głównym źródłem strat azotu w rolnictwie i stanowi zagrożenie dla środowiska, przyczyniając się do zakwaszenia gleby i wody oraz eutrofizacji ekosystemów wodnych i lądowych. Amoniak także przyspiesza korozję konstrukcji metalowych i budowli i ma negatywny wpływ na organizm człowieka.

Wyemitowany do atmosfery amoniak jest szybko z niej usuwany – w czasie od kilku godzin do kilku dni – powraca na powierzchnię ziemi w formie opadu suchego lub mokrego. Sucha depozycja amoniaku występuje zazwyczaj w pobliżu źródeł jego emisji (w obrębie do ok. 1 km), natomiast mokra depozycja może mieć miejsce nawet w odległości setek kilometrów od tych źródeł.



Zachowanie się amoniaku w atmosferze; źródło: TANG i in. [2005]

Głównym mechanizmem usuwania amoniaku z powietrza jest reakcja z kwasem siarkowym i azotowym. Reagując z tymi kwasami amoniak tworzy sole amonowe – siarczan amonu ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) i azotan amonu NH_4NO_3 . Sole te są mniej lotne niż amoniak, tworzą trwałe cząstki i opadają na ziemię jako depozycja sucha lub mokra. Depozycja ta stwarza duże zagrożenie dla naturalnych ekosystemów, w tym zbiorników wodnych, gdyż przyczynia się do ich eutrofizacji. Szacuje się, że w 2005 r. do Morza Bałtyckiego trafiło z atmosfery w przybliżeniu 208 tys. t azotu [BARTNICKI i in. 2007], co stanowi ok. 25% całkowitej ilości azotu dostającego się z różnych źródeł do Bałtyku. W tej ilości opadu azotu z atmosfery 92 tys. t (ok. 44%) stanowił amoniak, a resztę tlenki azotu (na podstawie: BARTNICKI i in. [2007]).

Czynnikami znacząco wpływającymi na emisję NH_3 po aplikacji nawozów naturalnych są: wilgotność gleby, temperatura powietrza, prędkość wiatru, rodzaj nawozu, zawartość suchej masy w nawozie, całkowita zawartość azotu amonowego w nawozie ($\text{TAN} = \text{N-NH}_3 + \text{N-NH}_4$), metoda aplikacji, dawka i szybkość przykrycia nawozu glebą. Straty NH_3 mogą wynosić od 3 do 90% ilości N-NH_4 w zastosowanym nawozie.

Najbardziej efektywną strategią ograniczenia emisji amoniaku w trakcie lub po aplikacji nawozu naturalnego jest skrócenie czasu jego przebywania na powierzchni pola.

Za najlepsze praktyki gospodarowania w zakresie ograniczania strat amoniaku w wyniku stosowania nawozów naturalnych uznaje się obecnie:

- bezpośrednie wprowadzenie płynnego nawozu do gleby – stosowanie aplikatorów zmniejszających emisję amoniaku przez bezpośrednie wprowadzenie nawozu pod powierzchnię gleby, zmniejszając w ten sposób powierzchnię nawozu narażoną na działanie powietrza i zwiększenie przenikania do gleby;
- rozlewanie gnojowicy na powierzchni gleby, ale bezpośrednio w łan roślin z zastosowaniem ciągniętych węży i ciągniętych płóz (lub redlic) – zmniejszenie strat amoniaku dzięki bezpośredniej absorpcji NH_3 przez liście roślin i korzenie, mniejsza powierzchnia ekspozycji gnojowicy i zmieniony mikroklimat wewnątrz łanu, nie są korzystne dla procesu ulatniania amoniaku;
- natychmiastowe wymieszanie nawozu z glebą po nawożeniu – w przypadku obornika przykrycie większej części nawozu (przez orkę, bronowanie lub kultywatorowanie) zmniejsza straty NH_3 (wraz ze zwiększeniem głębokości umieszczenia nawozu w glebie straty maleją).

Wytyczne w doborze technik ograniczania emisji amoniaku z nawozów naturalnych podczas aplikacji [UNECE 2001]

Metoda aplikacji nawozów	Zmniejszenie emisji, %	Ograniczenia w stosowaniu
Pasmowa – ciągnięte przewody (wleczone węży)	10–50	zbyt mała powierzchnia, nieregularny kształt, strome zbocza pól; duża lepkość gnojowicy; potrzeba ścieżek uprawowych w zbożach; zbyt duża wysokość roślin na gruntach ornych
Pasmowa – ciągnięte płozy (stopy)	40–70	jak wyżej
Doglebowa (płytki wtrysk)	otwarty rowek: 50–70 zamknięty rowek: 70–90	jak wyżej; gleba kamienista lub bardzo zbita (spoista)
Doglebowa (głęboki wtrysk)	70–90	jak wyżej; potrzebny ciągnik dużej mocy
Powierzchniowa + przykrycie glebą	20–90	możliwe tylko gruntach ornych

Poza omówionymi sposobami, straty amoniaku z nawozów naturalnych podczas ich aplikacji można ograniczać przez:

- wybór odpowiedniego terminu aplikacji – emisja amoniaku jest największa w dni upalne, suche i wietrzne, dlatego stosowanie nawozów w okresie chłodnym, bezwietrznym i wilgotnym sprzyja jej zmniejszeniu;
- rozcieńczanie gnojowicy – rozcieńczona gnojowica łatwiej infiltrowuje do gleby niż naturalna (z powodu mniejszej lepkości) – mankamentem jest znaczne zwiększenie objętości rozprowadzanej cieczy (rozcieńczenie gnojowicy wodą może zmniejszyć straty amoniaku od 44 do 91%);
- mechaniczne frakcjonowanie gnojowicy – stosowanie odseparowanej frakcji płynnej gnojowicy przyczynia się do zmniejszenia emisji amoniaku podczas aplikacji ze względu na łatwiejsze przenikanie do gleby (podobnie jak w przypadku rozcieńczonej gnojowicy).

7. Unikanie stosowania nawozów mineralnych i naturalnych na obszarach dużego ryzyka

Obszary dużego ryzyka to takie, w których występuje duże niebezpieczeństwo szybkiego transportu substancji rozpuszczonych lub zawieszonych do cieków. Tam gdzie to możliwe na tych obszarach, należy unikać dopływu potencjalnych zanieczyszczeń. Przykładem obszarów dużego ryzyka są grunty orne na zboczach o znacznym nachyleniu, z których spływy powierzchniowe są odprowadzane do pobliskich cieków, popękane gleby nad systemem drenarskim (tworzą szczeliny na powierzchni gleby, przez które wody powierzchniowe mogą płynąć bezpośrednio do wód podziemnych), pola przylegające do zbiorników wodnych lub gleby użytków rolnych, charakteryzujące się nadmierną zawartością fosforu (poza zakresem optymalnym ze względu na potrzeby żywieniowe roślin uprawnych).

Największe straty tego składnika występują w przypadku erozji materiału glebowego i w wyniku wymywania z gleb zasobnych w ten składnik. Systematyczne stosowanie nawozów sztucznych i naturalnych na tych obszarach powoduje dalsze zwiększanie nadmiernej zawartości fosforu w glebie i zwiększa straty.

Unikanie stosowania nawozów mineralnych ogranicza uruchamianie i transport zanieczyszczeń z gruntów rolnych do wody, szczególnie na obszarach położonych w pobliżu cieków. Unikanie stosowania gnojowicy i gnojówki na takich obszarach zmniejsza niebezpieczeństwo odpływu składników nawozowych ze spływem powierzchniowym lub odprowadzania bezpośrednio do systemu drenarskiego i transportu zanieczyszczeń do cieków.

Podobne ryzyko strat substancji rozpuszczonych i zawieszonych istnieje w przypadku obornika. Zazwyczaj występują one jednak tylko w wyniku ulewnych deszczy tuż po zastosowaniu obornika. Szczególną uwagę należy zwrócić na stosowanie zbyt dużych ilości fosforu na gleby użytków rolnych bardzo zasobnych w ten składnik (poza poziom optymalny ze względu na potrzeby żywieniowe roślin).

Fosfor związany przez cząsteczki gleby jest tracony w wyniku procesów erozyjnych z powierzchni pól i odpływu do systemu drenarskiego. Ilość traconego fosforu z glebą zależy od jego nagromadzenia w niej. Im większa jest zawartość tego składnika w glebie, tym większe jego ilości są tracone wraz z roztworem glebowym. Aby przeciwdziałać tym stratom, nawożenie pól należy dostosować do zapotrzebowania roślin na fosfor i zasobności gleb w ten składnik, przy czym dawki nawozowe powinny uwzględniać ilość fosforu dostarczonego łącznie w nawozach mineralnych i naturalnych. Należy mieć na uwadze, że zmniejszanie się rezerw fosforu glebowego jest procesem powolnym i stopniowym, w przypadku dużego nagromadzenia fosforu w glebie osiągnięcie w niej oczekiwanej zasobności w fosfor może nastąpić w dłuższej perspektywie czasowej (>10 lat).



Erozja glebowa (fot. W. Schmidt)



Popękana gleba (fot. Z. Kowalewski)



Pole przylegające do cieku (fot. P. Nawalny)

8. Środki mające na celu optymalizację pH gleby i poprawę struktury gleby (wapnowanie gleby)

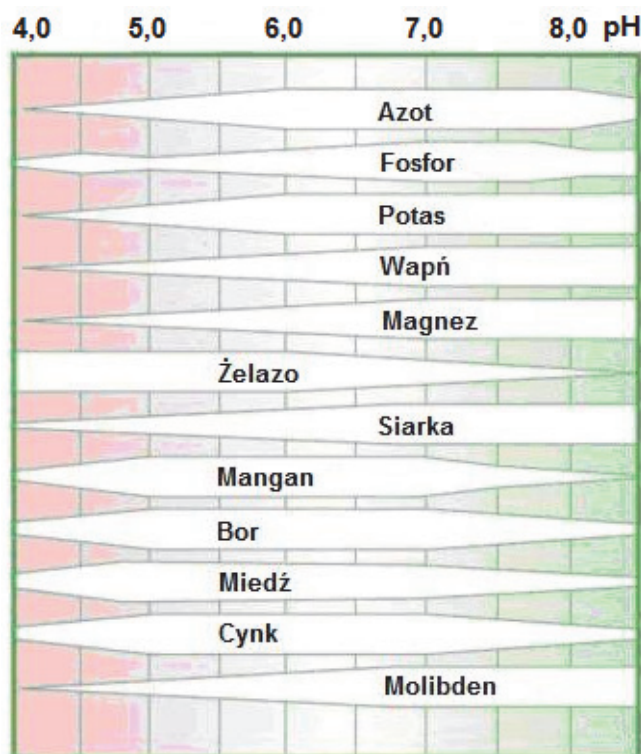
Najlepsza dostępność składników pokarmowych dla roślin występuje, kiedy pH gleby wynosi 6,5–7,2. Już w warunkach lekkiego zakwaszenia gleby, poniżej 6,5, znacznie zmniejsza się przyswajalność niektórych składników pokarmowych, w tym azotu i fosforu.

Kwaśny odczyn gleby oraz warunki beztlenowe blokują proces nitryfikacji, powodują straty gazowe oraz wpływają na nietrwałość azotanów, które ostatecznie są wymywane lub

ulegają przemianom do azotu cząsteczkowego. Jest to najważniejsza przyczyna strat azotu w glebie. Z kolei w warunkach zbyt niskiego pH zarówno fosfor glebowy, jak i pochodzący z nawozów, wiąże się trwale z żelazem (Fe) i glinem (Al) i zostaje unieruchomiony.

Wapnowanie wpływa na przyspieszenie rozkładu substancji organicznej oraz procesu nitryfikacji, które najefektywniej przebiegają, gdy odczyn jest słabo kwaśny lub obojętny. Przyczyniając się do lepszej przewiewności gleb, wapnowanie przeciwdziała bardzo niekorzystnym procesom denitryfikacji, które prowadzą do strat azotu. Wapnowanie przyczynia się ponadto do lepszego pobierania przez rośliny azotu w formie amonowej.

Regulacja odczynu gleby do słabo kwaśnego lub obojętnego jest bardzo ważna również ze względu na rozwój bakterii wiążących wolny azot z powietrza. Zwiększenie pH powoduje także



Dostępność większości składników jest najlepsza, gdy pH wynosi 6,5; źródło: Balic Deal za: Viljavuusalvelu Oy

stopniowe uruchomienie przyswajalnego fosforu, a tym samym zwiększenie wykorzystania go z nawozów i gleby.

W wyniku wapnowania niektóre rośliny pobierają więcej fosforu niż bez tego zabiegu, np. kukurydza 2–3-krotnie, owies ok. 60%, koniczyny o ok. 10–20% [HOŁUBOWICZ-KLIZA, 2006]. Kiedy składniki odżywcze są lepiej wykorzystane przez rośliny, istnieje mniejsze ryzyko ich strat.



Rozsiewanie wapna (fot. M. Robinson)

9. Żywnienie dostosowane do zapotrzebowania zwierząt

9.1. Znaczenie żywienia dostosowanego do zapotrzebowania zwierząt

Dostosowanie diety do wymagań zwierząt może znacząco zmniejszyć ilość składników nawozowych w wydalanych odchodach. W produkcji zwierzęcej występuje niewielkie wykorzystanie składników nawozowych, ponieważ tylko mała część tych składników dostarczanych zwierzętom wraz z paszą jest przez nie przetwarzana na takie produkty, jak mięso, mleko, jaja czy wełna. Efektywność wykorzystania tych składników zależy od gatunku zwierząt i składnika. W odniesieniu do azotu wynosi ona w granicach 13–28% w przypadku krów mlecznych, 5–13% – owiec i 4–10% – bydła mięsnego. Rzeczywiste wartości różnią się w zależności od wieku zwierząt – na przykład u świń ilość zatrzymanego azotu waha się od 18% w przypadku prosiąt do 47% w przypadku warchlaków. W odniesieniu do fosforu wartości te wynoszą odpowiednio 14 i 39%. Ważna jest również faza cyklu rozrodczego: więcej N i P jest zatrzymywane przez lochy w okresie laktacji niż w okresie pozalaktacyjnym.

Dawki pokarmowe dla zwierząt są często tworzone na wyrost, tak że ilość pobranych składników pokarmowych może przekraczać zapotrzebowanie aż o 30–50%. Chociaż może to nie mieć wpływu na wydajność zwierząt, to może doprowadzić do nadmiernego odprowadzania makro- i mikroelementów do gleby za pośrednictwem odchodów. Jest to mniej prawdopodobne w gospodarstwach mieszanych o wysokim stopniu powiązania produkcji zwierzęcej i roślinnej niż w gospodarstwach specjalistycznych, bazujących na paszach i produktach zwierzęcych z zakupu.

Zmiana diety w celu ograniczenia niekorzystnego wpływu na środowisko ma wpływ na koszty. Pasze z zakupu często bazują na niedrogich komponentach, które wnoszą nadmiar składników odżywczych, ponieważ tańsze surowce często mają gorszą równowagę aminokwasową i mniejszą strawność. W gospodarstwach często stosuje się pasze z roślin uprawnych zmieszane z resztkami roślin lub odpadami z produkcji warzywniczej i stanowią one niekiedy ważną część diety zwierząt. Te składniki paszowe również wymagają ostrożnego stosowania i analizy zawartości składników pokarmowych i wartości pokarmowej w celu poprawy efektywności wykorzystania dostarczonych składników.

9.2. Żywnienie fazowe

Zwierzęta gospodarskie na różnych etapach rozwoju i w różnych fazach cyklu rozrodczego mają różne optymalne wymagania pokarmowe. Zróżnicowanie i grupowanie zwierząt na podstawie ich wymagań pokarmowych umożliwia bardziej dokładne obliczanie indywidualnych dawek. Zwiększa to efektywność wykorzystania składników pokarmowych przez zwierzęta i powoduje zmniejszenie wydalania azotu i fosforu w odchodach.

W żywieniu tuczników okres tuczu można podzielić na kolejno po sobie następujące podokresy (żywienie fazowe), przy czym w każdym z nich poziom białka w paszy jest ściśle dostosowany do potrzeb zwierzęcia i obniża się wraz z jego wzrostem. W przypadku świń należy zmniejszać zawartość procentową białka w paszy wraz z przybieraniem przez nie masy ciała; wynika to ze zmniejszającego się zapotrzebowania świń na białko. Równocześnie, aby poprawić jakość białka, należy stosować dodatki lizyny. Według niektórych badań tucz 4-fazowy i uzupełnienie ilości białka lizyną (głównym aminokwasem limitującym w przypadku trzody chlewnej) może zmniejszyć wydalanie azotu przez tuczniaki nawet o 56% (gdy zawartość lizyny wynosi 7%).

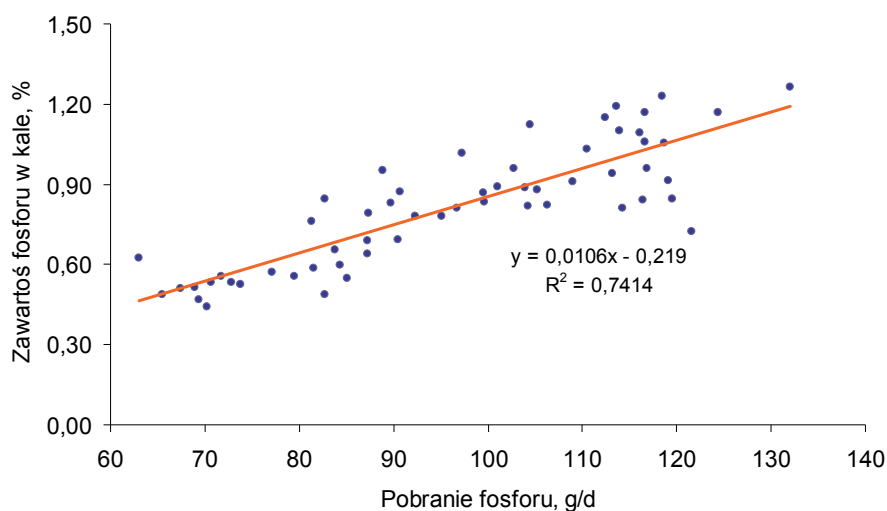
Zmniejszenie wydalania azotu przez tuczniaki dzięki stosowaniu żywienia fazowego i poprawie jakości białka (POTKAŃSKI [1997] za: KRICHGESSNER i in. [1994])

Wyszczególnienie	Jednostka	Żywnienie 1-fazowe	Żywnienie 4-fazowe				
			zawartość lizyny w białku, %				
		5,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Pobranie azotu	kg/szt.	6,30	5,66	5,14	4,72	4,35	4,04
Retencja azotu	kg/szt.	2,29	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
Wydalanie azotu	kg/szt.	4,01	3,40	2,88	2,45	2,09	1,78
	%	100	85	72	61	52	44

9.3. Zmniejszenie pobierania azotu i fosforu w paszy

Zwierzętom gospodarskim często podaje się dawki żywieniowe, zawierające ponadnormatywne dla ich potrzeb ilości azotu i fosforu, zakładając, że takie postępowanie chroni przed obniżeniem produkcji. W rzeczywistości zwierzęta nie wykorzystują nadmiarowych ilości azotu i fosforu, 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 nimi 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. Na przykład zmniejszenie zawartości fosforu w dawce pokarmowej krów mlecznych z 0,48 do 0,38% może spowodować 30–35-procentowe zmniejszenie wydalania fosforu bez negatywnego wpływu na produkcję mleka lub zdolności rozrodcze.



Związek między spożyciem fosforu i fosforem zawartym w kale krów mlecznych w okresie laktacji; źródło: WU i in. [2001]

Pomocnym narzędziem, służącym do ograniczania ilości azotu i fosforu w diecie zwierząt, a przez to do zmniejszania ilości wydalanych przez nie składników, są komputerowe programy żywieniowe. Umożliwiają one bilansowanie i optymalizację receptur paszowych dla zwierząt gospodarskich w dostosowaniu do ich potrzeb bytowych i produkcyjnych.

9.4. Dodawanie fitazy do paszy

Podstawę żywienia świń stanowią pasze roślinne o zróżnicowanej zasobności i dostępności fosforu (w granicach 3–12 g/kg suchej masy paszy). Składnik ten występuje w paszy jednocześnie w dwóch formach – fitynowej (nieprzyswajalnej) i niefitynowej (przyswajalnej). Fityniany występują najpowszechniej w ziarnach zbóż (od 55 do 77%), nasionach roślin oleistych i strączkowych. Zwierzęta monogastryczne (trzoda chlewna oraz drób), nie mając odpowiedniej flory bakteryjnej, nie są w stanie same wytwarzać fitazy rozkładającej wiązania fitynowe, a tym samym fosfor związany w postaci związków fitynowych jest dla nich niedostępny.

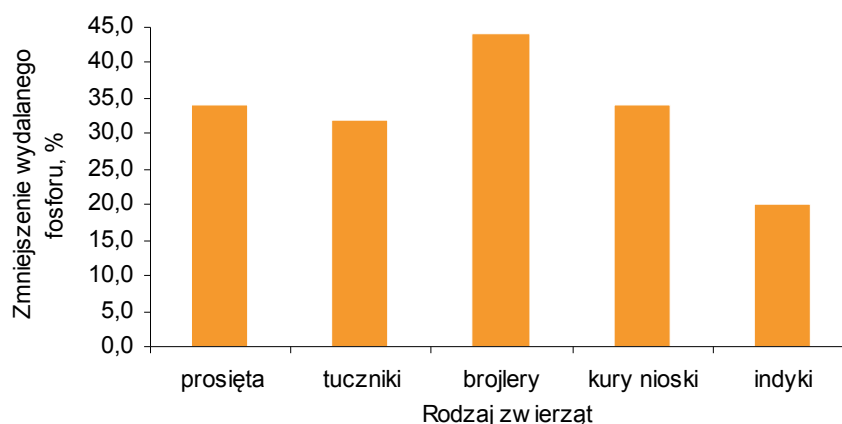
Uzupełnienie paszy dla trzody chlewniej syntetyczną fitazą zmniejsza potrzebę dodawania mineralnego fosforanu. Enzym ten zwiększa dostępność fosforu w paszy i umożliwia zmniejszenie całkowitej zawartości fosforu bez wpływu na wydajność. Po zastosowaniu dodatku fitazy zawartość fosforu w paszy dla trzody chlewniej może zostać zmniejszona o 30%.

Wpływ zastosowania fitazy na efektywność tuczu świń [BAROWICZ 2012]

Wyszczególnienie	Dodatek fitazy, FTU/kg				
	0	0	250	500	1000
Zawartość fosforu w paszy, g/kg	5,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Przyrost dzienny, g	822	973	891	916	919
Wykorzystanie paszy, kg/kg	2,94	3,08	2,82	2,81	2,77
Strawność fosforu, %	30,6	27,4	46,6	50,2	51,4
Strawność wapna, %	36,2	41,2	52,8	50,0	48,7

Objaśnienia: FTU/kg – jednostka aktywnej fitazy; 1 FTU odpowiada ilości enzymu uwalniającej 1 mikromol nieorganicznego fosforanu w ciągu minuty z fitynianu sodowego.

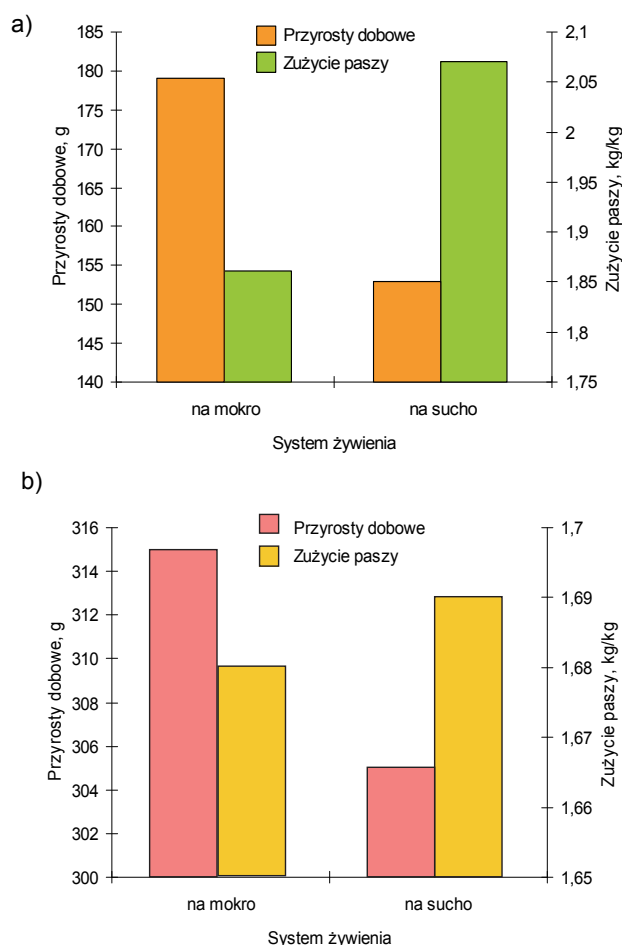
Tak więc w wyniku stosowania egzogennej (tj. mikrobiologicznej) fitazy w żywieniu trzody chlewniej nieprzyswajalny fosfor z pasz pochodzenia roślinnego zostaje w znacznym stopniu wykorzystany przez zwierzęta, co przyczynia się do minimalnego uzupełniania pasz fosforem pochodzenia mineralnego lub nawet do całkowitego jego wyeliminowania. Takie postępowanie może znacznie zmniejszyć ilość fosforu w odchodach, a tym samym istotnie ograniczyć zanieczyszczenie wód powierzchniowych tym składnikiem.



Zmniejszenie ilości wydalanego fosforu przez zwierzęta dzięki zastosowaniu dodatku fitazy do paszy (modyfikacja na podstawie: BAROWICZ [2012])

Dodatek fitazy do niskobiałkowej diety zwiększa retencję białka o ok. 17%, a jednocześnie zmniejsza wydalanie azotu do środowiska o 22%.

9.5. Żywienie na mokro i kontrolowana fermentacja pasz



Wpływ systemu żywienia prosiąt odsadzonych w wieku 5 tygodni na wyniki odchowu: a) prosięta w przedziale wagowym 9–16 kg; b) prosięta w przedziale wagowym 8–20 kg (opracowano na podstawie: MILEWSKA [2009] za: NIELSEN i in. [1983])

W żywieniu trzody chlewnej na mokro zwierzęta lepiej wykorzystują pasze, w wyniku czego w ich organizmie zatrzymywane jest więcej azotu, co sprzyja zmniejszaniu wydalania tego składnika. Zwilżanie paszy dla świń na krótko przed karmieniem powoduje ponadto aktywację fitazy endogennej, czyli jelitowej (fitaza endogenna jest enzymem, który zwiększa dostępność fosforu związanego w zbożach), zawartej w ziarnie zbóż, tym samym zmniejsza lub nawet eliminuje konieczność uzupełniania fosforu mineralnego. Oznacza to, że w systemach produkcji trzody chlewnej, opartych na paszach zwilżonych, można stosować racje żywieniowe z mniejszą zawartością fosforu, niż zwykle się zaleca.

Stwierdzono, że moczenie śrut zbożowych przez 2,5 godziny przed karmieniem powoduje, że organizm zwierząt wydalą wraz z kałem i moczem od kilku do kilkunastu procent fosforu mniej, niż gdy podawana jest pasza sucha.

Fermentacja paszy także może ograniczać potrzebę uzupełniania fosforanem mineralnym. Fermentacja następuje po pewnym czasie w sposób naturalny w paszy mokrej. Proces ten jednakże jest trudny do opanowania, a metoda jest dopiero opracowywana.



Zadawanie tucznikom płynnej paszy (fot. JTI)



Instalacja do zadawania płynnej paszy; źródło: LIPIŃSKI [2012]

10. Ograniczanie strat amoniaku w budynkach inwentarskich

Emisja amoniaku z budynków inwentarskich zależy od systemu chowu i gatunku zwierząt. Największa występuje w chlewniach i kurnikach i osiąga 25% azotu wydalanego wraz z odchodami. Poziom i zmienność emisji tego składnika z budynków inwentarskich zależy od wielu czynników, które również wzajemnie na siebie oddziałują. Straty amoniaku z obiektów, w których przebywają zwierzęta, można ograniczyć podanymi niżej sposobami.

1. Zwiększenie efektywności wykorzystania azotu. Azot zawarty w paszy dla zwierząt w ilości przekraczającej ich zapotrzebowanie nie może być retencjonowany w organizmie, ale jest wydalany z moczem i kałem. Optymalizacja składu paszy oraz diety zwierząt gospodarskich, zarówno monogastrycznych (z żołądkiem jednokomorowym), jak i przeżuwaczy, oznacza zmniejszenie wydalania azotu w odchodach. Wiele związków organicznych zawartych w kale jest rozkładanych do amoniaku w wyniku reakcji biochemicznych, zatem optymalizacja diety zmniejsza emisję tego związku.
2. Zmniejszenie odsłoniętej powierzchni nawozów naturalnych i skrócenie czasu pozostawiania tych nawozów na otwartym powietrzu. W oborach i chlewniach ściółkowych 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 wycieku wody. 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.
3. Unikanie wysokiej temperatury – im wyższa temperatura w budynkach inwentarskich, tym większa emisja amoniaku. Dlatego temperatura nie powinna w nich przekraczać optymalnego poziomu.
4. Dostosowanie przepływu powietrza – zastosowanie technik wentylacyjnych, które wytwarzają małą prędkość powietrza wokół miejsc składowania nawozów organicznych. Szybkość przepływu powietrza w miejscach składowania obornika należy zminimalizować, ponieważ ilość amoniaku wydzielanego przez nawóz zwiększa się wraz ze wzrostem cyrkulacji powietrza.
5. Dodawanie do ściółki preparatów chemicznych, mineralnych lub mikrobiologicznych. Działanie tych preparatów polega na: a) wiązaniu amoniaku w trwałe związki chemiczne, b) wpływie na rozwój mikroflory i właściwości fizykochemiczne (suszenie i obniżenie pH ściółki), co z kolei prowadzi do zmniejszenia wydzielania amoniaku.
6. Stosowanie biofiltrów, które zmniejszają emisję amoniaku w wyniku adsorpcji gazu przez organiczne adsorbenty, takie jak: słoma, plewy, siano, kora z drzew iglastych i liściastych.



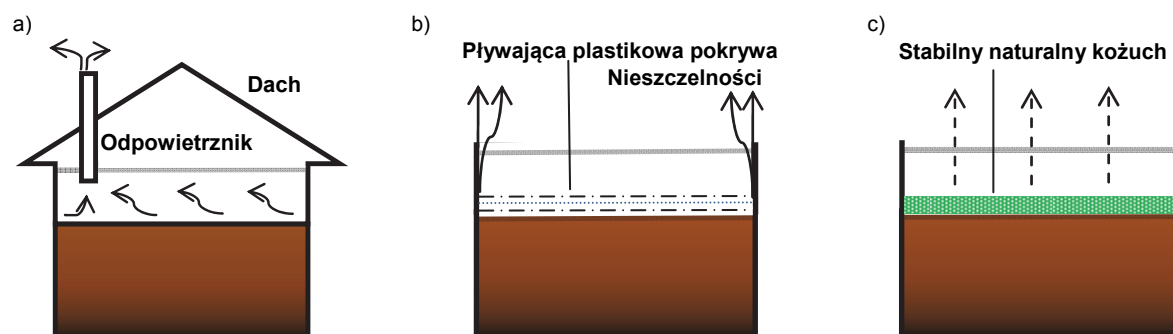
Utrzymywanie pomieszczeń inwentarskich i zwierząt w czystości ogranicza emisję amoniaku (fot. Sannö J-O)



Biofiltr (fot. Sannö J-O)

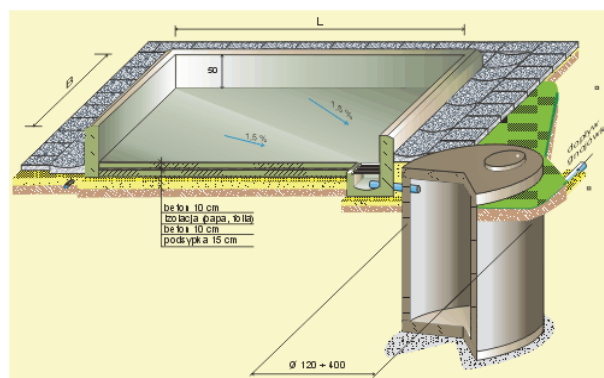
11. Przechowywanie nawozów naturalnych

Odpowiedni sposób gromadzenia i przechowywania nawozów naturalnych stwarza możliwość wyboru terminu ich zastosowania na polu, gdy rośliny są w stanie efektywnie wykorzystywać azot i fosfor. Zapobiega takim przypadkom, gdy ze względu na małą pojemność budowli do przechowywania nawozów naturalnych rolnik zmuszony jest stosować je w nieodpowiednim momencie. Przechowywanie nawozów naturalnych musi odbywać się w takich warunkach, aby zapobiegać stratom azotu i fosforu z tych nawozów. Głównymi czynnikami, wpływającymi na straty amoniaku z miejsc składowania obornika, są jego właściwości (pH, zawartość suchej masy), temperatura i warunki wietrzne, technika napełniania, czas przechowywania. W przypadku magazynowania płynnych nawozów naturalnych należą do nich: stosunek powierzchni do pojemności zbiornika, występowanie kożucha i sposób mieszania nawozu. Straty amoniaku mogą być znacznie zmniejszone, jeśli ograniczony zostanie ruch powietrza bezpośrednio nad zbiornikiem z gnojowicą. Metodą, która skutecznie zmniejsza straty amoniaku, jest przykrycie zbiornika z gnojowicą, na przykład dachem, pływającą pokrywą z tworzywa sztucznego lub stabilną warstwą naturalnego kożucha. Jeśli zbiornik na gnojowicę jest napełniany od spodu (króciec do napełniania zbiornika jest zanurzony w gnojowicy), pokrywy można nie zdejmować, a kożucha nie naruszać, co zmniejsza ryzyko strat amoniaku.

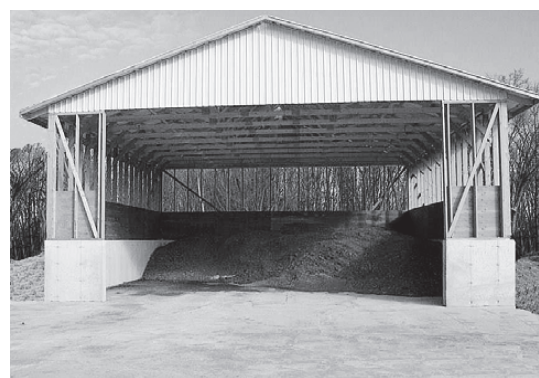


Metoda ograniczenia strat NH_3 z przechowywanej gnojowicy za pomocą: a) dachu, b) pływającej pokrywy z tworzywa sztucznego, c) naturalnego stabilnego kożucha (modyfikacja na podstawie: JACOBSON i in. [2001])

Obornik powinien być przechowywany na szczelnych płytach obornikowych z bocznymi ścianami i kanałami odprowadzającymi odcieki do specjalnego zbiornika. Jeśli fermentacja obornika przebiega w wysokiej temperaturze, straty amoniaku mogą być duże. Obecność torfu w ściółce zmniejsza straty tego związku. Skuteczną metodą zmniejszenia strat amoniaku ze składowisk obornika jest umieszczanie nad nimi dachu. Dach odprowadza też wody deszczowe, które mogłyby spowodować wyciek składników nawozowych z przyzmy obornika, jeśli nie ma odpowiedniego drenażu odprowadzającego z niej odcieki do zbiornika.



Płyta obornikowa ze zbiornikiem do gromadzenia odcieków; źródło: ITP-GCB Tylicz



Przykryta przyzma obornika ogranicza lub eliminuje występowanie odcieków; źródło: HILBORN, JOHNSON [2006]

12. Tworzenie sztucznych obszarów wodno-błotnych w celu przechwytywania składników nawozowych ze spływu powierzchniowego

12.1. Stawy sedimentacyjne

Stawy sedimentacyjne są przeznaczone przede wszystkim do zatrzymania (retencji) fosforu. Następuje to w wyniku procesu sedimentacji (osadzania pod wpływem siły grawitacji lub sił bezwładności) materiału glebowego – wraz z zawartym fosforem – wprowadzanego do stawu przez wodę spływającą z pól uprawnych. Ilość fosforu i innych składników osadzanych w stawach zmniejsza się częściowo w wyniku procesów rozkładu biologicznego i chemicznego oraz procesów przemian, jak również dzięki pobraniu przez rośliny.

Tworzenie stawów sedimentacyjnych jest zalecane na bardzo intensywnie użytkowanych niewielkich obszarach rolniczych. Stawy te są stosunkowo nieduże, stanowią ok. 0,1–0,5% powierzchni obszaru, z której pochodzi spływ. Staw sedimentacyjny można konstruować na przykład przez poszerzenie odcinka rowu, co zmniejsza prędkość przepływu wody, a tym samym zwiększa intensywność sedimentacji.

Stawy sedimentacyjne są często budowane w postaci szeregowej kombinacji takich elementów, jak:

- a) zbiornik sedimentacyjny o głębokości 1,0–1,5 m, stanowiący 20–30% powierzchni stawu sedimentacyjnego, w którym zachodzi główny proces sedimentacji większych cząstek;
- b) filtr w postaci mokradła, pokrytego typowymi roślinami higrofilnymi (rośliny siedlisk wilgotnych), zapewniający odpowiednie warunki do sedimentacji mniejszych cząstek.

W przypadku dużego nachylenia terenu wskazane jest wprowadzenie przed wylotem ze stawu następnego filtra-mokradła w celu zwiększenia intensywności sedimentacji.

Według badań przeprowadzonych w Norwegii, stawy sedimentacyjne zatrzymują 23–42% fosforu i 45–68% cząstek wprowadzonych do nich wraz ze spływem powierzchniowym (kształt i budowa obszaru zlewni mają duży wpływ na różnice w ograniczaniu zanieczyszczeń przez poszczególne stawy). Nagromadzone osady w zbiorniku sedimentacyjnym powinny być usuwane na bieżąco w celu jego konserwacji.



Ten staw sedimentacyjny powstał poprzez poszerzenie części rowu. Na pierwszym planie, tuż po wejściu, jest głębszy zbiornik sedimentacyjny (fot. S. Owenius)

Średnia retencja fosforu i cząstek w czterech norweskich stawach sedimentacyjnych [Owenius, van der Nat za: BRASKERUD, HAUGE 2008]

Numer stawu	Powierzchnia stawu, m ²	Udział powierzchni stawu w powierzchni spływu, %	Retencja fosforu, % ładunku P	Właściwa retencja fosforu, g/m/rok	Retencja cząstek stałych, % ładunku	Właściwa retencja cząstek stałych, g/m/rok
1	900	0,06	42	51	66	83
2	345	0,07	27	58	45	89
3	870	0,08	23	37	62	36
4	840	0,38	42	46	68	22

12.2. Sztuczne mokradła¹⁾

Sztuczne mokradła są projektowane i budowane głównie do usuwania składników nawozowych, np. azotu i fosforu i innych zanieczyszczeń, zawartych w spływie powierzchniowym, w wyniku procesów sedymentacji, przemian biologicznych i chemicznych, degradacji oraz pobrania przez rośliny. Zakładanie sztucznych mokradeł przynosi również dodatkowe korzyści, takie jak: poprawa różnorodności biologicznej, zwiększenie zasobów wody, wzbogacenie walorów krajobrazu, stworzenie/poprawa możliwości prowadzenia nawodnień i produkcji biomasy roślinnej.



Przykład sztucznego mokradła w Haavisto w Finlandii (fot. S. Pietrzak)

W sztucznie tworzonej mokradłach powinna być gromadzona woda, pochodząca ze spływu powierzchniowego z dużych obszarów rolniczych. Spływ powinien pochodzić z powierzchni obejmującej co najmniej 50% intensywnie użytkowanych gruntów rolniczych.

Występujących, zajmujących ze sztucznymi mokradłami ok. 0,5–4,0% całkowitej powierzchni zlewni. Istotne jest, aby tworzyć je z wykorzystaniem typowej roślinności wodnej i bagiennej. Sztuczne mokradła stanowią różnorodne systemy wodne i środowiskowe. Często jest to połączenie obszarów o stale wysokim poziomie wody, pokrytych mniej lub bardziej typową roślinnością bagienną z obszarami okresowo podmokłymi o niskim poziomie wody. Rytm ich zasilania może również zmieniać się w ciągu roku.

Zdolność do zatrzymywania składników nawozowych przez mokradła jest zróżnicowana, czasami bardzo duża, z dużym zróżnicowaniem w ciągu sezonu i w poszczególnych latach, w zależności od wielu czynników. Przyjmuje się powszechnie, że sztuczne mokradła zatrzymują 20–90% azotu i 25–100% fosforu wprowadzanego do nich ze spływu. Na podstawie obecnej wiedzy i doświadczeń ze sztucznymi mokradłami w warunkach rolnictwa intensywnego uznaje się, że mogą one retencjonować azot i fosfor odpowiednio w ilości 250–500 kg N/kg/ha/rok i 5–10 kg P/ha/rok [OWENIUS, VAN DER NAT 2008].

W Polsce, jak również w Estonii, na Łotwie i Litwie nie buduje się sztucznych mokradeł w celu zatrzymywania składników nawozowych spływających z pól, ponieważ w tych krajach zachowało się wiele naturalnych mokradeł.



Naturalne mokradła, zwane „małymi oczkami wodnymi” w woj. zachodnio-pomorskim w Polsce (fot. A. Brysiewicz)

¹⁾ W konwencji ramsarskiej mokradłami, czyli obszarami wodno-błotnymi, nazywane są tereny bagien, błot i torfowisk lub zbiorniki wodne zarówno naturalne, jak i sztuczne, stałe i okresowe, o wodach stojących lub płynących, słodkich, słonawych lub słonych (łącznie z wodami morskimi, których głębokość podczas odpływu nie przekracza 6 m).

13. Strefy buforowe wzdłuż zbiorników i cieków oraz pól podatnych na erozję

Strefy buforowe są to nieużytkowane rolniczo pasy gruntu, usytuowane między użytkami rolnymi a ciekami lub zbiornikami wodnymi. Pełnią one funkcję filtrów zanieczyszczeń obszarowych, przedostających się do wód powierzchniowych ze spływem powierzchniowym i podpowierzchniowym z gruntów użytkowanych rolniczo. Strefy buforowe są szczególnie ważnym środkiem zaradczym na obszarach, na których erozja stanowi problem (zmniejszają prędkość spływu wód powierzchniowych, zatrzymują erodowany materiał glebowy, fosfor cząsteczkowy i inne zanieczyszczenia gleby).



Strefa buforowa trawiasta (fot. M. Śmietanka, D. Śliwiński)



Strefa buforowa mieszana (fot. Z. Miatkowski)

Strefy buforowe są pokryte trwałą szatą roślinną, złożoną z traw lub innej roślinności. Są usytuowane na byłych gruntach uprawnych. Zaleca się, aby ich szerokość wynosiła od 5 do 20 m. Nie mogą one być uprawiane, nawożone lub opryskiwane herbicydami i pestycydami. Roślinność powinna być gęsta, w razie jej rozrzedzenia należy przeprowadzić renowację.

Skuteczność retencjonowania zanieczyszczeń przez strefy buforowe zależy od rodzaju roślinności je pokrywających. Strefy porośnięte trawami są skuteczne w filtrowaniu osadów i zanieczyszczeń występujących w osadach, jednak mniej skuteczne w usuwaniu azotu w porównaniu ze strefami porośniętymi drzewami.

Obszary buforowe pokryte zróżnicowaną roślinnością (drzewa, krzewy i trawy) bardzo efektywnie usuwają zanieczyszczenia, są też korzystne przyrodniczo (m.in. większa bioróżnorodność ekosystemów).

Efektywność nadbrzeżnych stref buforowych w usuwaniu zanieczyszczeń w zależności od rodzaju porastającej je roślinności (modyfikacja na podstawie: HAWES, SMITH [2005])

Rodzaj roślinności	Efektywność usuwania, %		
	azotu	fosforu	osadu
Drzewa i krzewy	48–74	36–70	70–90
Trawa	4–70	24–85	53–97
Drzewa, krzewy i trawa	75–95	73–79	92–96

Bibliografia

- ADAS 2007. Diffuse nitrate pollution from agriculture – strategies for reducing nitrate leaching. ADAS report to Defra – supporting paper D3 for the consultation on implementation of the Nitrates Directive in England July 2007 ss. 52 [online]. [Dostęp 17.09.2012] Dostępny w Internecie: <http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/water/waterquality/diffuse/nitrate/documents/consultation-supportdocs/d3-inventory-measures.pdf>
- Baltic Compass Project. Description of measures on priority list [online]. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.balticcompass.org/PDF/Reports/WP3%20Description%20of%20measures%20on%20priority%20list1.pdf>
- Baltic Deal. Liming [online]. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.balticdeal.eu/measure/liming/>
- BAROWICZ T. 2012. Źródła fosforu w paszy [online]. Hodowca Trzody Chlewnej. Nr 3–4. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.portalthodowcy.pl/hodowca-trzody-chlewnej/205-numer-52010/1843-zrodla-fosforu-w-paszy>
- BARTNICKI J., GUSEV A., AAS W., FAGERLI H. 2007. Atmospheric supply of nitrogen, lead, cadmium, mercury and dioxins/furans to the Baltic Sea in 2005. EMEP Centres Joint Report for HELCOM EMEP/MS-C-W, Oslo [online]. Technical Report 3/2007 ss. 170. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.emep.int/publ/helcom/2007/>
- BRASKERUD B.C., HAUGE A. 2008. Fangdammer for partikkel- og fosforrensing [online]. Fokus Vol. 3. Nr 12. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/38000/Fokus_fangdammer_web.pdf
- ESS D.R., MORGAN M.T., PARSONS S.D. 2001. Implementing site-specific management: map-versus sensor-based variable rate application [online]. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.extension.purdue.edu/extmedia/AE/SSM-2-W.pdf>
- FRANDSEN T.Q., RODHE L., BAKY A., EDSTRÖM M., SIPILÄ I.K., PETERSEN S.L., TYBIRK K. 2011. Best available technologies for pig manure biogas plants in the Baltic Sea Region [online]. Published by Baltic Sea 2020, Stockholm ss. 159. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.balticsea2020.org/english/images/Bilagor/best%20available%20technologies%20for%20pig%20manure%20biogas%20plants%20in%20the%20bsr%20final%20technical%20report.pdf>
- HAWES E., SMITH M., 2005. Riparian buffer zones: Functions and recommended widths [online]. [Dostęp 17.09.2012] Dostępny w Internecie: http://www.eightmileriver.org/resources/digital_library/appendicies/09c3_Riparian%20Buffer%20Science_YALE.pdf
- HDRA. Green manures. A review conducted by HDRA as part of HDC Project FV 299: An investigation into the adoption of green manures in both organic and conventional rotations to aid nitrogen management and maintain soil structure ss. 36 [online]. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.organicadvice.org.uk/soil_papers/green_manures.pdf
- HILBORN D., JOHNSON J. 2006. Constructing a permanent solid nutrient storage facility [online]. [Dostęp 9.05.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.omafr.gov.on.ca/english/engineer/facts/06-003.pdf>
- HOŁUBOWICZ-KLIZA G. 2006. Wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnieniowa Nr 128. Puławy. Wydaw. IUNG-PIB ss. 61.

- JACOBSON L., LORIMOR J., BICUDO J., SCHMIDT D. 2001. Emission control strategies for manure storage facilities [online]. Ames, Iowa. Iowa State University. [Dostęp 9.05.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.extension.org/sites/default/files/w/0/03/LES_43.pdf
- KIRCHGEISSNER M., WINDISCH W., Roth F.X. 1994. Możliwości żywienia zwierząt w zmniejszaniu obciążenia środowiska przez rolnictwo. Wrocław. Wydaw. AR ss. 42.
- LIPIŃSKI K. 2012. Pasze płynne w żywieniu trzody chlewnej [online]. Trzoda Chlewna. Nr 1 s. 33–37. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.ddgs.com.pl/files/zywienie%20trzody%20w%20plynnym%20systemie.pdf>
- LORD E, I., SHEPHERD M., SILGRAM M., GOODLASS G., GOODAY R., ANTHONY S.G., DAVISON P., HODGKINSON R. 2007. Investigating the effectiveness of NVZ Action Programme measures: Development of a strategy for England Report for Defra Project No. NIT18. [online]. DEFRA ss. 106. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/water/waterquality/diffuse/nitrate/documents/consultation-supportdocs/g3-nit18-report.pdf>
- LORIMOR J., 2000. Manure application with dry spreaders [online]. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.extension.iastate.edu/Pages/communications/EPC/Spring2000/dryspreaders.html>
- MILEWSKA W., 2009. Zalety stosowania systemu żywienia świń na mokro [online]. Hodowca Trzody Chlewnej. Nr 2. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.portalhodowcy.pl/hodowca-trzody-chlewnej/94-numer-22009/756-zalety-stosowania-systemu-zywienia-swin-na-mokro>
- NILSSON S., NILSSON T., 2005. Ny teknik för kombisådd. New technology in combi-drilling [online]. SLU Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik. Alnarp. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: http://ex-epsilon.slu.se:8080/archive/00000755/01/2005_53.pdf
- OECD 2001. Environmental indicators for agriculture [online]. Vol. 3. Methods and results. Agriculture and food. Paris, France. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.oecd.org/greengrowth/sustainableagriculture/40680869.pdf>
- OENEMA O., 1999. Nitrogen cycling and losses in agricultural systems; identification of sustainability indicators. W: Nitrogen cycle and balance in Polish agriculture. Pr. zbior. Red. A. Sapek. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 25–43.
- OWENIUS S., van der Nat D., 2011. Measures for water protection and nutrient reduction. [online]. Rapport nr 2011-0314-A. WRS Uppsala AB 2011-05-26 pp. 57. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.balticcompass.org/Measures%20for%20waterprotection_WP3.pdf
- Plano RS. Instrukcja obsługi programu [online]. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: http://iung.pulawy.pl/Plano/Plano_instrukcja.doc
- POTKAŃSKI A. 1997. Możliwości ograniczenia emisji azotu i fosforu w produkcji zwierzęcej i ich rozproszenia do środowiska przyrodniczego. Zesz. Edukac. Nr 2. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 67–74.
- REHM G., LAMB J., SCHMITT M., RANDALL G., BUSMAN L. 2002. Agronomic and environmental management of phosphorus [online]. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC6797.html>
- SANNÖ J-O. LIFE Ammonia. Towards a sustainable milk production – reducing on-farm ammonia losses [online]. Information from a project at the Swedish University of Agricultural

Sciences, Skara, Sweden ss. 7. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.slu.se/Documents/externwebben/vh-fak/husdjurens-miljo-och-halsa/life_layman_report.pdf

SCHIERER R.A., DAVIS J.G., ZUMBRUNNEN J.R. 2007. Predicting phosphorus runoff from calcareous soils. Western Nutrient Management Conference. 2007. Vol. 7. Salt Lake City, UT. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: http://isnap.oregonstate.edu/WERA_103/2007_Proceedings/WNMC07.p130.Schierer.pdf

SMAGACZ J. 2011. Uprawa roli – aktualne kierunki badań i najnowsze tendencje [online]. Ekspertyza. Puławy. IUNG-PIB ss. 42. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.agengpol.pl/LinkClick.aspx?fileticket=ejNqJvPEHDg%3D&tabid=144>

STENBERG M., ARONSSON H., LINDÉN B., RYDBERG T., GUSTAFSON A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop [online]. Soil and Tillage Research. Vol. 50. Iss. 2 s. 115–125. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198798001974>

TANG S., SUTTON M., VAN DIJK N., BEALEY B., THEOBALD M., FOWLER D., BAKER S. 2005. Monitoring of ammonia concentrations in the United Kingdom. Protocol [online]. [Dostęp 03.07.2009]. Dostępny w Internecie: www.cara.ceh.ac.uk/documents/PresentationSummaries_NAMN_Mar05.doc

TUME-AGRI Oy. Nova Combi [online]. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.tumeagri.fi/esitteet/NovaCombi070109_ENG1.pdf

UNECE 2001. Framework code for good agricultural practice for reducing ammonia [online]. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2001/eb/wg5/eb.air.wg.5.2001.7.e.pdf>

WU Z., TOZER P.R., GROFF E.B. 2001. Dietary manipulation to reduce phosphorus and nitrogen excretion by lactating dairy cows. W: Dairy Cattle Nutrition Workshop Proc. [online] Penn State College of Agricultural Sciences and Cooperative Extension. Nov. 6–7. Holiday Inn, Grantville, PA. s. 13–30. [Dostęp 17.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://dasweb.psu.edu/pdf/reducenp.pdf>