

BILANS SKŁADNIKÓW NAWOSZOWYCH W GOSPODARSTWIE

Jerzy Kopiński

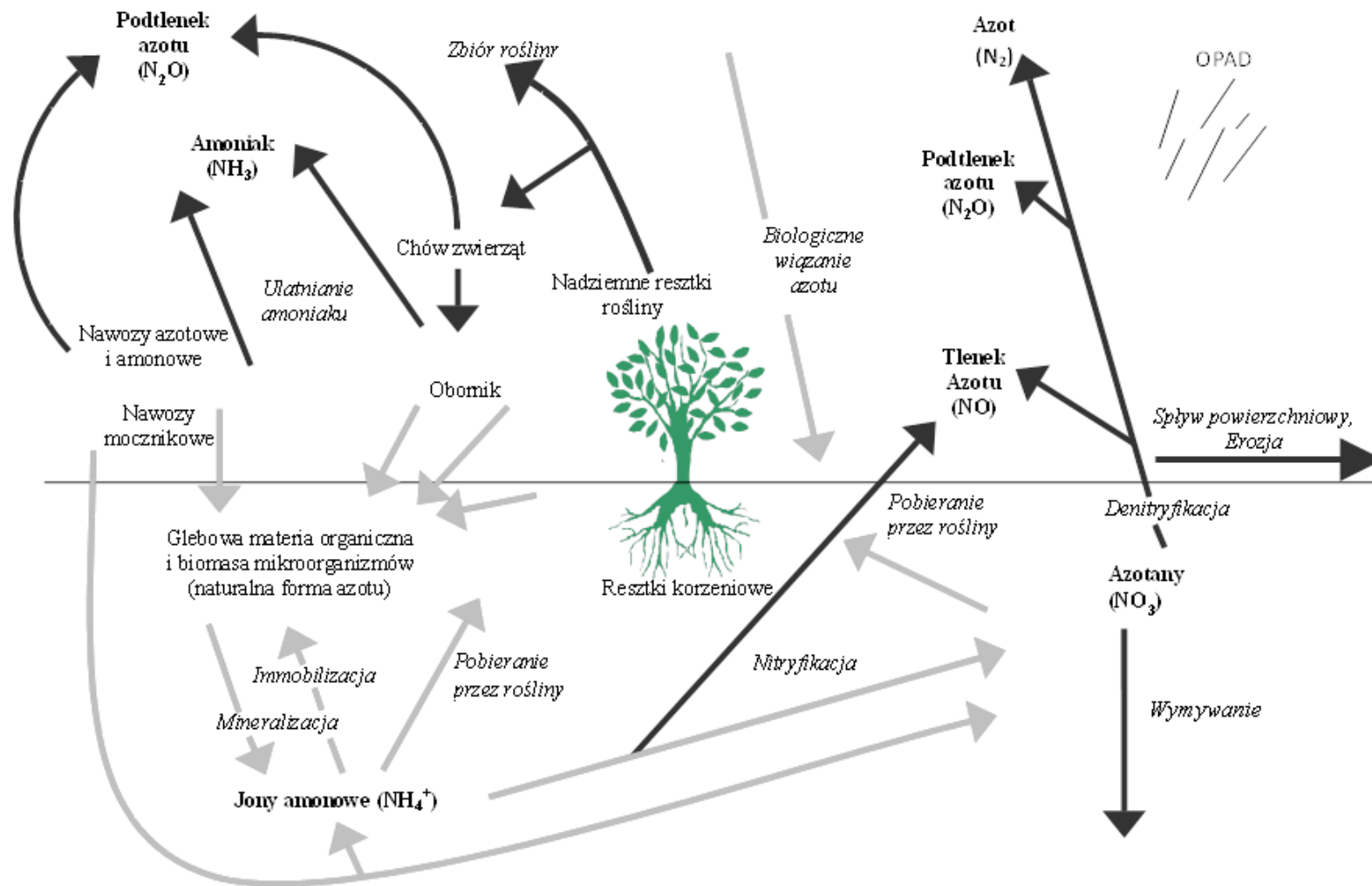
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej – IUNG-PIB, Puławy
PKE, Gliwice 2019

Materiały do broszury dot. ERA pt. Zrównoważony sposób gospodarowania na poziomie gospodarstwa rolnego

Wprowadzenie

- Rolnictwo jest jedną z dziedzin gospodarki, która w swojej istocie funkcjonuje (prowadzona jest) w środowisku przyrodniczym;
- We współczesnym rolnictwie (europejskim) z uwagi na pełnione przez nie funkcje użyteczności społecznej koniecznym jest optymalizacja wykorzystania składników pokarmowych;
- Racjonalna gospodarka składnikami nawozowymi powinna uwzględniać trzy aspekty, tj. pozyskanie (produkcję) nawozów, przepływy w procesie produkcji roślinnej, szerzej w rolniczej, a także dbałość (troskę) o stan środowiska.

Obieg azotu w rolnictwie



Obieg azotu w rolnictwie

W trakcie produkcji rolniczej część azotu jest wyprowadzana poza obieg podczas zbioru roślin czy podczas wypasu zwierząt, a także do obiegu odżywiania człowieka. Część związków azotu wydostaje się z obiegu do hydrosfery i atmosfery. Dzieje się tak m.in. w trakcie praktyk rolniczych sprzyjających większej denitryfikacji i powstawaniu lotnych związków azot czy podtlenku azotu. Do strat azotu w glebie przyczynia się również pozostawianie jej bez okrycia roślinnością, szczególnie w warunkach dużych opadów i niskich temperatur. W trakcie nawożenia organicznego i mineralnego także powstają straty azotu, gdyż nie w każdej formie jest on w pełni zaabsorbowany w glebie i dostępny (przyswajalny) dla roślin. Ważna jest forma nawozu, sposób i termin jego aplikacji.

Znaczenie i funkcje gospodarki nawozowej

- Współczesne rolnictwo ingeruje znacząco w naturalny obieg składników pokarmowych, stwarzając tym samym określone zagrożenia dla równowagi ekosystemów;
- O całkowicie zamkniętym obiegu składników (w złożonych procesach biochemicznych) można mówić tylko w naturalnych ekosystemach, w których nie zbiera się żadnej masy roślinnej;
- W rolnictwie ubytek składników nawozowych wynoszonych z pola wraz z plonami roślin musi być wyrównany w dostarczanych nawozach naturalnych i mineralnych, bądź organicznych;
- Racjonalna (odpowiedzialna, wieloaspektowa) gospodarka nawozowa – zarządzanie składnikami pokarmowymi (mineralnymi) – wynika z konieczności zachowania równowagi pomiędzy ich odpływem a dopływem, w oparciu o rozeznanie i kontrolę;
- Funkcję, zwiększającą rolę obrotu wewnętrznego składnikami może pełnić wprowadzenie (upowszechnienie) zasad systemu rolnictwa o obiegu zamkniętym, z ang. Ecological Recycling Agriculture (ERA).

Gospodarka nawozowa a środowisko

- Za najpoważniejsze zagrożenia generowane przez rolnictwo uznaje się związki azotu i fosforu, które mogą się przemieszczać do wód gruntowych i otwartych (rzeki, jeziora) oraz w przypadku azotu ulatniać do atmosfery. Ich deficyt prowadzi natomiast do degradacji gleb;
- Ważnym elementem systemu informacji o czynnikach agrośrodowiskowych i wspierania decyzji w rolnictwie, mającym wpływ na kształt polityki rolnej i środowiskowej są bilanse składników nawozowych (azotu, fosforu i potasu);
- Poziom nawożenia (mineralnego i naturalnego) jednym ze wskaźników oceny intensywności, efektywności technicznej, nawozochłonności (kg NPK/j. prod.) i opłacalności gospodarowania;
- Bilans (budżet) składników nawozowych brutto, jako agrośrodowiskowych wskaźników oceny gospodarki nawozowej i oddziaływania rolnictwa na środowisko. Służy tylko do oceny potencjalnego stanu zagrożenia środowiska.

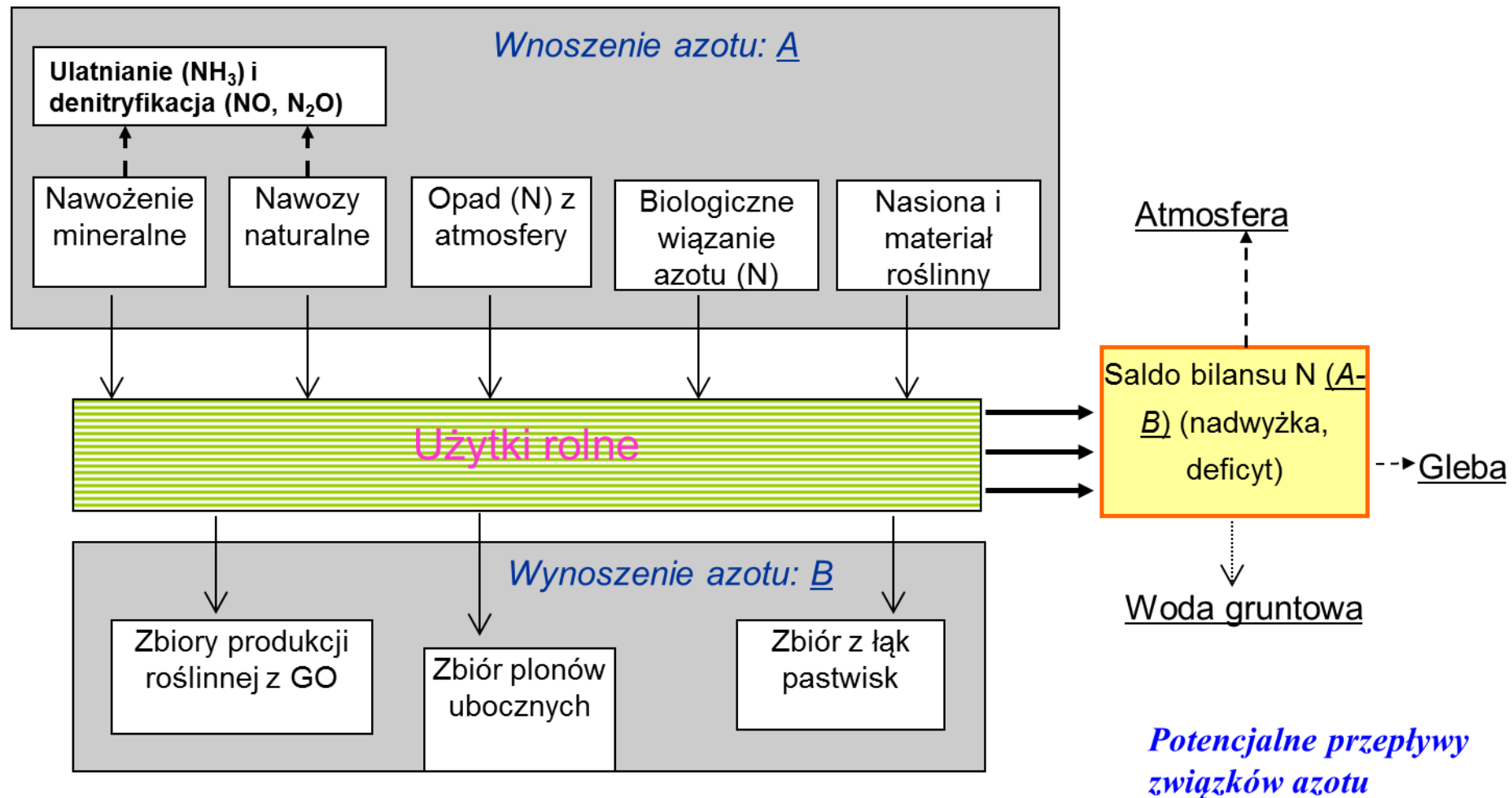
Metoda bilansu składników nawozowych

- Wynikiem bilansu brutto jest różnica pomiędzy ilością azotu wnoszonego w stosunku do wynoszonych z pól, rozumianych jako całość użytków rolnych;
- Po stronie przychodów (+) uwzględnia się ilość składnika w nawozach mineralnych i naturalnych (na stanowisku utrzymania zwierząt), ilość wprowadzaną z materiałem siewnym (sadzeniakowym), a również opad azotu z atmosfery i jego wiązanie biologiczne;
- Po stronie rozchodów (-) uwzględnia się natomiast ilość składników wynoszone w plonach głównych i ubocznych roślin, poplonach zbieranych z gruntów ornyczych oraz plonach trwałych użytków zielonych;
- Saldo azotu (=) tylko teoretycznie może wynosić „0” i najczęściej podawane jest w odniesieniu do 1 ha użytków rolnych (UR w dkr) wykorzystywanych rolniczo. Pełna ocena sald bilansu powinna obejmować okres minimum 3 lat.

Metoda bilansu składników nawozowych cd.

- Dodatnie saldo powinno być utożsamiane ze stratami danego składnika (niewykorzystaniem), gdyż oszacowana nadwyżka zawiera ilości składników, które są potencjalnie emitowane do atmosfery (dotyczy azotu), wymywane czy wypłukiwane do wód gruntowych lub powierzchniowych oraz akumulowane (bądź wyczerpywane) w glebie;
- Ujemne saldo świadczy, że dopływ składników jest zbyt mały w stosunku do potrzeb roślin i w dłuższym okresie czasu może wskazywać na degradację gleb;
- Wynik ujemny dotyczy jednak głównie fosforu i potasu, gdyż w przypadku azotu jest on, poza systemem rolnictwa ekologicznego, zazwyczaj rzadko spotykany;
- Saldo fosforu, czy potasu (=) może wynosić „0”, w warunkach dostatecznej zasobności gleb w te składniki i uregulowanego odczynu pH, czyli właściwego (prawidłowego) stanu agrochemicznego.

Elementy bilansu (budżetu) azotu brutto wg metody proponowanej przez OECD/Eurostat



Równanie do wyliczenia sald bilansu brutto

SGB (N,P,K)	Saldo bilansu azotu brutto (N), fosforu brutto (P) i potasu (K) $SGNB = S_{min} + S_{nat} + N_{sym} + N_{atm} + S_{msi} - S_{wrt} - S_{wrp} - S_{zup}$
------------------------	--

Objaśnienia skrótów:

SGNB – saldo bilansu azotu, fosforu, potasu brutto

S_{min} – azot, fosfor, potas w nawozach mineralnych i osadach przemysłowych, komunalnych

S_{nat} – azot, fosfor, potas w wydalanych odchodach przez zwierzęta gospodarskie

N_{sym} – azot wiązany biologicznie przez rośliny bobowate i trawy w uprawie polowej i użytkach zielonych

N_{atm} – azot w depozycie z atmosfery

S_{msi} – azot, fosfor, potas w materiale siewnym i sadzeniakach

S_{wrt} – azot, fosfor, potas wynoszony w zbiorach roślin towarowych

S_{wrp} – azot, fosfor, potas wynoszony w zbiorach roślin zbieranych na pasze

S_{zup} – azot, fosfor, potas w zbieranych plonach ubocznych roślin oraz poplonach

Wnoszenie w nawozach mineralnych

Ilość makroskładników (N, P, K) w nawozach mineralnych (Smin) można określić na podstawie zużycia azotu, fosforu i potasu w czystym składniku w nawozach jedno i wieloskładnikowych oraz ich mieszaninach. Niezbędne jest zatem określenie zużycia NPK w danym roku w gospodarstwie, z uwzględnieniem stanu remanentów i przeliczenie ich na formę pierwiastkową N, P, K. $1 \text{ kg P}_2\text{O}_5 = 0,436 \text{ kg P}$; $1 \text{ kg K}_2\text{O} = 0,830 \text{ kg K}$. Określenia wielkości zużycia kg N, P₂O₅ i K₂O dokonujemy na podstawie asortymentu (masy) zużycia poszczególnych nawozów mnożąc przez %-ową zawartość czystego składnika.

Wynikiem kalkulacji jest łączna (sumaryczna) ilość zużytego azotu, fosforu i potasu w formie tlenkowej, a następnie pierwiastkowej.

Wnoszenie w nawozach naturalnych

Szacunkowa wielkość N w nawozach naturalnych [kg N/rok] = ilość zwierząt [szt. śr. rok] x współczynnik dostarczania azotu [kg N/szt./rok]

Ilości azotu w nawozach naturalnych obliczana jest na podstawie danych dotyczących pogłowa zwierząt w poszczególnych kategoriach (stan sztuk średnio w roku w poszczególnych grupach zwierząt) oraz współczynników dostarczania azotu (brutto – razem z emisją), fosforu i potasu w nawozach naturalnych przez poszczególne grupy zwierząt średnio w roku.

Należy także uwzględnić, w zależności od zakresu danych, zmiany w puli azotu, fosforu i potasu zawartych w nawozach naturalnych związanych z ich zakupem lub sprzedażą (ważną może być informacja dotycząca rodzaju nawozu – obornik (bydlęcy, świński, drobiowy czy mieszany), gnojówka lub gnojowica).

Wnoszenie w nawozach naturalnych

Tabela. Współczynniki dostarczania azotu w nawozach naturalnych różnych grup zwierząt gospodarskich średnio w ciągu roku

Lp.	Kategorie i grupy zwierząt gospodarskich	Współczynnik nawozów naturalnych w kg na sztukę stanu średniorocznego w roku		
		N	P	K
1	Cielęta w wieku poniżej roku	19	2	17
2	Młode bydło w wieku 1 – 2 lat	46	3	30
3	Jałówki cielne powyżej 2 lat	53	7	55
4	Krowy dojne - ogółem	83	11	88
5	Pozostałe bydło (buhaje, opasy)	65	12	70
6	Prosięta o wadze do 20 kg	2,6	1	2,5
7	Warchlaki o wadze od 20 kg do 50 kg	9,	3,2	8
8	Tuczniaki na ubój o wadze powyżej 50 kg	15	4	10
9	Knury	18	5	12
10	Lochy -ogółem	20	4,6	11,5
11	Owce - ogółem	9,5	1,8	13
12	Kozy – ogółem	8,	1,7	12,5
13	Brojlery	0,2	0,08	0,12
14	Nioski kurze	0,8	0,26	0,33
15	Kaczki	1,0	0,43	0,35
16	Indyki	1,6	0,58	0,7
17	Gęsi	1,6	0,65	2,2
18	Konie - ogółem	55	5	73

Wnoszenie w nawozach naturalnych

Tabela. Przeciętna zawartość składników nawozowych w nawozach naturalnych

Rodzaj nawozu	Pochodzenie nawozu	Zawartość makroskładników w kg·t ⁻¹		
		N	P	K
Obornik	Bydło	4,0	0,9	3,6
	Świnie	5,2	1,7	3,2
	Drób	7,2	1,4	7,4
	Mieszany	4,6	1,3	3,5
Gnojówka	Bydło	3,2	0,1	6,6
	Świnie	2,8	0,2	3,4
Gnojowica	Bydło	3,4	0,9	3,1
	Świnie	4,3	0,1	1,9

Wnoszenie azotu wiązanego biologicznie

Wielkość azotu wiązanego w glebie [kg N] = powierzchnia uprawianych roślin motylkowatych [ha] x współczynnik symbiotycznego wiązania azotu dla roślin [kg N/ha]

Ilość azotu wiązanego biologicznie przez bakterie symbiotyczne oraz organizmy wolnożyjące (N_{sym}) obliczamy według standardowych współczynników wiązania z powierzchni roślin motylkowatych (łubin gorzki, koniczyna i lucerna oraz pozostałe strączkowe drobno- i grubonasienne).

Metodologia bilansu azotu brutto uwzględnia głównie azot wiązany symbiotycznie przez bakterie w uprawie roślin bobowatych, mieszanek traw i roślin bobowatych (motylkowatych) w uprawach trwałych lub przemiennych.

Wnoszenie azotu wiązanego biologicznie

Tabela. Współczynniki symbiotycznego wiązania azotu atmosferycznego przez bakterie symbiotyczne w różnych rodzajach upraw średnio w ciągu roku

Lp.	Uprawiana roślina, grupa roślin wg podziału statystycznego GUS	Współczynnik symbiotycznego wiązania azotu (kg N·ha ⁻¹)
1	Strączkowe jadalne i pastewne na nasiona	100
2	Łubin gorzki na nasiona	165
3	Koniczyna i lucerna na nasiona i zielonkę	120
4	Seradela i esparceta na nasiona i zielonkę	120
5	Strączkowe pastewne na zielonkę	100
6	Trawy polowe uprawiane przemiennie oraz ich mieszanki z bobowatymi na zielonkę	6,3
7	Trwałe użytki zielone (łąki i pastwiska). Zbierane na siano i zielonkę (kiszonkę)	4,5

Wnoszenie azotu w opadzie atmosferycznym

Opad atmosferyczny azotu, fosforu [kg N, P] = powierzchnia użytków rolnych [ha UR] x wielkość opadu na jednostkę powierzchni [kg N/ha, kg P/ha]

- Ilość azotu dostarczanego w opadzie atmosferycznym (N_{atm}) przyjmuje się na podstawie wielkości (ładunków) azotu ogólnego na poziomie kraju lub województw. W Polsce od lat dane te publikuje Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ) na podstawie badania chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń powietrza prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.
- W Polsce w latach 2015-2017 przeciętna wielkość opadu azotu ogólnego wyniosła 10,7 kg N•ha⁻¹, a fosforu ogólnego 0,3 kg P•ha⁻¹.

Pozostałe źródła wnoszenia składników nawozowych

Wielkość azotu, fosforu, potasu w materiale siewnym [kg N, P, K] = zużycie materiału siewnego, sadzeniowego [t] x współczynnik zawartości azotu, fosforu, potasu w materiale siewnym [kg N, P, K/t]

Ilość azotu, fosforu i potasu wnoszonego w materiale siewnym i sadzeniakach (Smsi) możemy określić na podstawie powierzchni zasiewów głównych ziemiopłodów (zbóż, rzepaku, ziemniaków) oraz na podstawie średnich norm wysiewu (sadzenia) (tab.) przeliczonych przez odpowiednie współczynniki zawartości azotu, fosforu i potasu w materiale roślinnym.

Z uwagi na niewielkie znaczenie tego elementu w bilansie jest ona często pomijana (szczególnie w przypadku braku możliwości określenia ilości zużywanego materiału siewnego).

Pozostałe źródła wnoszenia składników nawozowych

Tabela. Przeciętne normatywy wysiewy, sadzenia głównych roślin uprawnych w Polsce

Lp.	Uprawiana roślina, grupa roślin lub	Przeciętne normy wysiewu w t ha ⁻¹
1	Pszenica jara, ozima	0,240
2	Jęczmień	0,170
3	Kukurydza	0,070
4	Proso	0,025
5	Owies	0,185
6	Żyto	0,170
7	Pszenżyto	0,240
8	Mieszanki zbożowe	0,210
9	Rzepak i rzepik	0,008
10	Inne oleiste (słonecznik)	0,013
11	Strączkowe grubonasienne (bobik, groch)	0,255
12	Strączkowe drobnonasienne (wyka, peluszką)	0,120
13	Ziemniaki	2,500
14	Warzywa, buraki cukrowe	0,010
15	Nasiona z plantacji nasiennych (trawy, motylkowe)	0,015

Wynoszenie azotu w zbiorach roślin uprawnych

Wielkość azotu, fosforu, potasu wynoszonego w zbiorach poszczególnych ziemiopłodów [kg N, P, K]
= zbiory roślin uprawnych w kategoriach [t] x współczynnik zawartości azotu w zbieranym materiale roślinnym (plonach) [kg N, P, K/t]

Ilości wynoszonych makroskładników (N, P, K) stanowiących prawą stronę bilansu (S_{wyn}) obliczamy według wielkości zbiorów głównych plonów roślin towarowych (S_{wrt}) oraz roślin pastewnych, łąk i pastwisk (S_{wrp}), a także zbieranych z pól plonów ubocznych oraz poplonów (S_{zup}), przeliczanych następnie w oparciu o współczynniki standardowej zawartości składników w plonach.

W bilansowaniu najczęściej pomija się ilości zbierane na przyoranie, przyjmując opcję zerową.

Wynoszenie azotu w zbiorach roślin uprawnych

Tabela. Współczynniki standardowej zawartości składników nawozowych w plonach głównych i ubocznych roślin uprawnych w Polsce

Lp.	Uprawiana roślina, grupa roślin lub rodzaj zbioru (ziemiopłody rolne i ogrodnicze)	Współczynnik standardowej zawartości składników pokarmowych w plonach roślin głównych		
		azotu (kg N t ⁻¹)	fosforu (kg P t ⁻¹)	potasu (kg K t ⁻¹)
1	Pszenica jara - ziarno	21,0	3,8	4,6
2	Pszenica ozima – ziarno	19,0	3,5	4,3
3	Jęczmień – ziarno	16,0	3,5	4,8
4	Kukurydza – ziarno	15,0	6,3	3,9
5	Proso – ziarno	20,0	6,5	5,0
6	Owies – ziarno	16,0	3,5	4,7
7	Żyto – ziarno	16,0	3,4	4,8
8	Pszenżyto – ziarno	18,0	3,6	4,6
9	Mieszanki zbożowe – ziarno	17,0	4,0	5,1
10	Rzepak i rzepik – nasiona	34,0	6,8	8,7
11	Inne oleiste (słonecznik) – nasiona	28,0	7,5	10,0
12	Strączkowe grubonasienne (bobik, groch) - nasiona	40,0	4,8	11,0
13	Ziemniaki	3,1	0,5	4,8
14	Owoce – ogółem	2,0	1,5	6,0
15	Warzywa – ogółem	3,0	1,5	6,0
16	Buraki cukrowe – korzenie	1,7	0,4	1,9

Wynoszenie azotu w zbiorach roślin uprawnych

Tabela. Współczynniki standardowej zawartości składników nawozowych w plonach głównych i ubocznych roślin uprawnych w Polsce cd..

Lp.	Uprawiana roślina, grupa roślin lub rodzaj zbioru (ziemiopłody rolne i ogrodnicze)	Współczynnik standardowej zawartości składników pokarmowych w plonach roślin głównych		
		azotu (kg N t ⁻¹)	fosforu (kg P t ⁻¹)	potasu (kg K t ⁻¹)
17	Len – włókno	5,3	1,4	8,3
18	Konopie – włókno	5,0	0,9	6,0
19	Tytoń	30,0	20,0	45,2
20	Cykoria korzeniowa	2,0	2,5	4,5
21	Chmiel	30,0	16,0	24,9
22	Nasiona z plantacji nasiennych (trawy, motylkowe)	20,0	5,0	30,0
23	Buraki pastewne	1,8	0,4	2,8
24	Koniczyna i lucerna – zielonka	5,6	0,6	3,8
25	Kukurydza – zielonka	3,7	0,6	3,8
26	Inne rośliny pastewne na zielonkę	4,1	0,6	3,9
27	Łąki i pastwiska – siano	20,3	2,75	14,6
28	Liście buraków cukrowych	3,6	0,42	5,5
29	Słoma zbóż	5,2	1,12	10,0
30	Poplony na zielonkę	4,0	0,60	4,5

Piśmiennictwo

1. Chyłek E. K. Rzepecka M.: Biogospodarka – konkurencyjność i zrównoważone wykorzystanie zasobów. Polish Jurnal of Agronomy, 2011, 7: 3-13.
2. Environmental Indicators for Agriculture. OECD, Paris, 2006.
3. Filipek T.: Zarządzanie zasobami fosforu w środowisku rolniczym. Nawozy i nawożenie, 2002, 4(13): 245-258.
4. Kerschberger M., Franke G., Hess H., 1997: Anleitung und Richtwerte für Nährstoffvergleiche nach Düngeverordnung, Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 74 ss.
5. Kremer A. M.: Nutrient Budgets EU-27, Norway, Switzerland. Methodology and Handbook. Eurostat/OECD. EC Eurostat, Luxembourg, 2013. (ver. 1.02, 17.05.2013).
6. Kopiński J.: Bilans azotu brutto - agrośrodowiskowy wskaźnik oddziaływania rolnictwa na środowisko. Opis metodyki, omówienie wyników bilansu na poziomie NUTS-0, NUTS-2. Wyd. IUNG-PIB Monografie i rozprawy naukowe, Puławy, 2017, 55, ss. 116.
7. Maćkowiak Cz.: Rola nawożenia organicznego w kształtowaniu żyzności i urodzajności gleby. Mat. Szkol. IUNG, Puławy, 1997, 63/97.
8. OECD: National Soil Surface Nutrient Balances: explanatory notes to interpret the data sheets. OECD Secretariat Paris, 1999.