

STUDIA I RAPORTY IUNG - PIB

ZESZYT 5

2007

Arkadiusz Tujaka

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

KRAJOWY BILANS FOSFORU W UJĘCIU REGIONALNYM*

Wstęp

Zawartość fosforu w glebach mineralnych waha się w granicach od 0,009 do 0,15%. Fosfor jest podstawowym składnikiem odżywczym niezbędnym do wzrostu i rozwoju roślin i zwierząt. Jego rola jako czynnika niezbędnego do osiągnięcia opłacalnego plonu roślin uprawnych i produkcji zwierzęcej, jak i zaspokajającego globalne potrzeby żywieniowe została dość dobrze rozpoznana (2, 3, 5, 7).

Jedną z przyczyn wzmożonego procesu powierzchniowego spływu fosforu z pól uprawnych do wód są nadmiary tego składnika wprowadzane do gleb w nawozach, które przekraczają potrzeby pokarmowe roślin i w konsekwencji prowadzą do przyspieszenia procesu eutrofizacji (14, 15). Proces niekontrolowanego zrzutu nadmiernej ilości fosforu jest szczególnie istotny i niebezpieczny jeżeli pochodzi on ze źródeł rolniczych. Specjalizacja produkcji roślinnej i zwierzęcej może powodować regionalny brak równowagi w dopływie fosforu z nawozami i paszą oraz odpływie składnika z plonami roślin i produktami zwierzęcymi. Rolnicze bilanse składników mineralnych stosuje się jako niezwykle cenne narzędzie do określania m.in. zrównoważonego gospodarowania składnikami w obrębie pola uprawnego czy gospodarstwa, jak również stanowią krajowe i regionalne wskaźniki do monitorowania trendów zużycia nawozów i ich wpływu na środowisko (6, 8, 9, 12, 13).

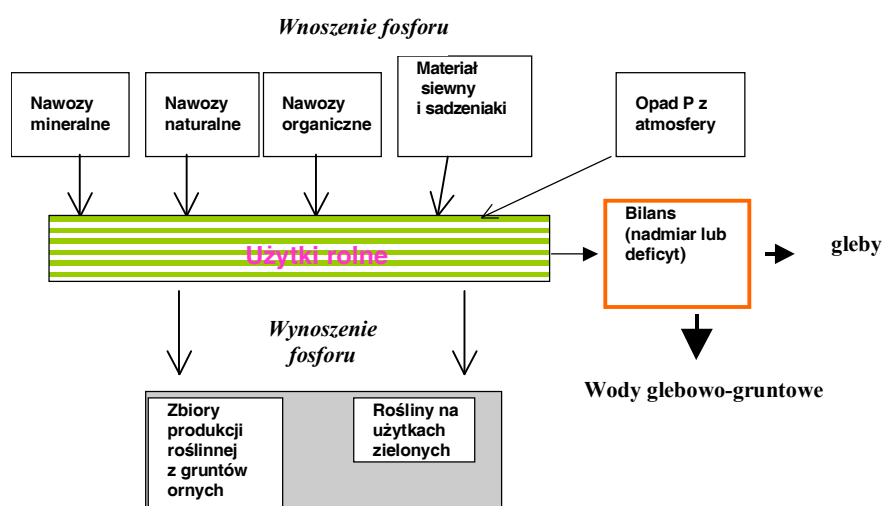
Obecnie głównym zadaniem naukowców, doradców i specjalistów z dziedziny rolnictwa jest zdefiniowanie limitów zawartości fosforu w glebach, które są optymalne dla wzrostu roślin i bezpieczne jednocześnie dla środowiska (1). Wykorzystanie fosforu w polskiej produkcji rolniczej będzie potrzebowało nowych, zrównoważonych rozwiązań doradczych. Niezbędnym narzędziem do ich opracowania jest bilans fosforu przygotowywany na różnych poziomach organizacji rolnictwa, tj. pola uprawianego, gospodarstwa, regionu i kraju.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w wieloletnim programie IUNG-PIB

Metodyka

Do sporządzania bilansu fosforu w rolnictwie polskim na poziomie krajowym i regionalnym została wykorzystana (opracowana przez OECD i zaadaptowana w IUNG) metoda na powierzchni pola (soil surface nutrient balance). Metoda służy ocenie stopnia obciążenia gleby składnikami mineralnymi. W celu zachowania równowagi ekosystemów konieczna jest optymalizacja wykorzystania składników pokarmowych w gospodarstwie, co oznacza kontrolę ich dopływu i odpływu. Po stronie przychodów uwzględnia się ilość składników wnoszonych w nawozach naturalnych, organicznych i mineralnych oraz w opadzie z atmosfery. Po stronie rozchodów występują natomiast ich ilości odprowadzane z pola z plonami uprawianych roślin (rys. 1). Dodatnie saldo powinno być utożsamiane z kumulacją w glebie (wzrost zasobności) lub ze stratami danego składnika (niewykorzystaniem), tj. w dłuższej perspektywie może prowadzić do nieefektywnej ekonomicznie produkcji rolniczej oraz zagrożeń środowiskowych związanych z przemieszczaniem fosforu do wód gruntowych. Ujemny bilans wskazuje natomiast na zbyt małe dawki nawozów w relacji do potrzeb pokarmowych roślin, co może z kolei doprowadzić do zmniejszenia zawartości przyswajalnych form fosforu i degradacji gleb. Bilanse fosforu dla kraju i województw są sporządzane z wykorzystaniem danych statystycznych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) w Warszawie.

Sporządzanie rocznych bilansów fosforu jest obowiązkowe dla krajów członkowskich OECD, do grupy których Polska należy od 1996 r. Krajowy i regionalny bilans



Rys. 1. Główne elementy bilansu brutto fosforu na powierzchni pola według metody OECD
Źródło: OECD, 2005 i 2006 (11, 12).

fosforu przedstawiono dla lat 2002–2005 (tab. 1). Dane dotyczące ilości fosforu wnoszonego w nawozach mineralnych pochodzą bezpośrednio z opracowań statystycznych GUS (Środki produkcji w rolnictwie), natomiast do obliczenia ilości fosforu w nawozach naturalnych posłużyły inne dane GUS (Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich) oraz współczynniki dostarczania fosforu w nawozach naturalnych przez poszczególne grupy zwierząt średnio w roku. Ilość fosforu wnoszonego w materiale siewnym została określona na podstawie informacji dotyczącej powierzchni zasiewów głównych roślin uprawnych oraz średnich norm ich wysiewu (sadzenia) z uwzględnieniem (współczynnika) zawartości fosforu w materiale nasiennym. Ilość fosforu dostarczanego w opadzie atmosferycznym przyjęto według szacunku OECD, średnio dla krajów UE na poziomie $0,22 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ użytków rolnych w ciągu roku dla kraju i poszczególnych regionów Polski (11). Pobranie fosforu, a więc jego ilość wynoszona z plonem roślin jest obliczona oddzielnie, według zbiorów plonów roślin towarowych i roślin pastewnych oraz łąk i pastwisk, a także zbieranych plonów ubocznych i poplonów. Wielkości te zostały obliczone z uwzględnieniem współczynników standardowej zawartości fosforu w plonach (4).

Podstawą oceny zróżnicowania regionalnego stanu zasobności gleb w przyswajalne formy fosforu w Polsce były wyniki badań agrochemicznych (około 2 mln próbek gleb użytków rolnych na powierzchni ponad 4 mln ha UR) przeprowadzonych przez 17 Okręgowych Stacji Chemiczno-Rolniczych w latach 2000–2004. Zawartość fosforu określono metodą Egnera-Riehma (ekstrakcja mleczanem wapnia).

Omówienie wyników

Przedstawione w tabeli 1 średnie wartości liczbowe elementów bilansu fosforu (dla lat 2002–2005) wskazują na zróżnicowanie w województwach. Jednakże saldo bilansu fosforu dla poszczególnych województw i kraju nie wskazują na potencjalne zagrożenie dla środowiska glebowego oraz wód. Jedynie bilanse w województwach opolskim i dolnośląskim wskazują na deficytowe saldo składnika, odpowiednio $-1,1$ i $-2,3 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}\text{UR}$. Województwa te charakteryzują się bardzo korzystnymi warunkami glebowo-klimatycznymi do osiągnięcia wysokiej produkcji roślinnej. Województwo dolnośląskie odznacza się najniższym w kraju poziomem intensywności organizacji produkcji zwierzęcej, wskazującym na niedostateczny dopływ substancji organicznej do gleb i dużym wynoszeniem składników w zbiorach roślin. Ujemne saldo fosforu stwierdzone w województwie opolskim wynika głównie z wysokiej produktywności ziemi, której wskaźnikiem jest wysoki poziom plonów roślin.

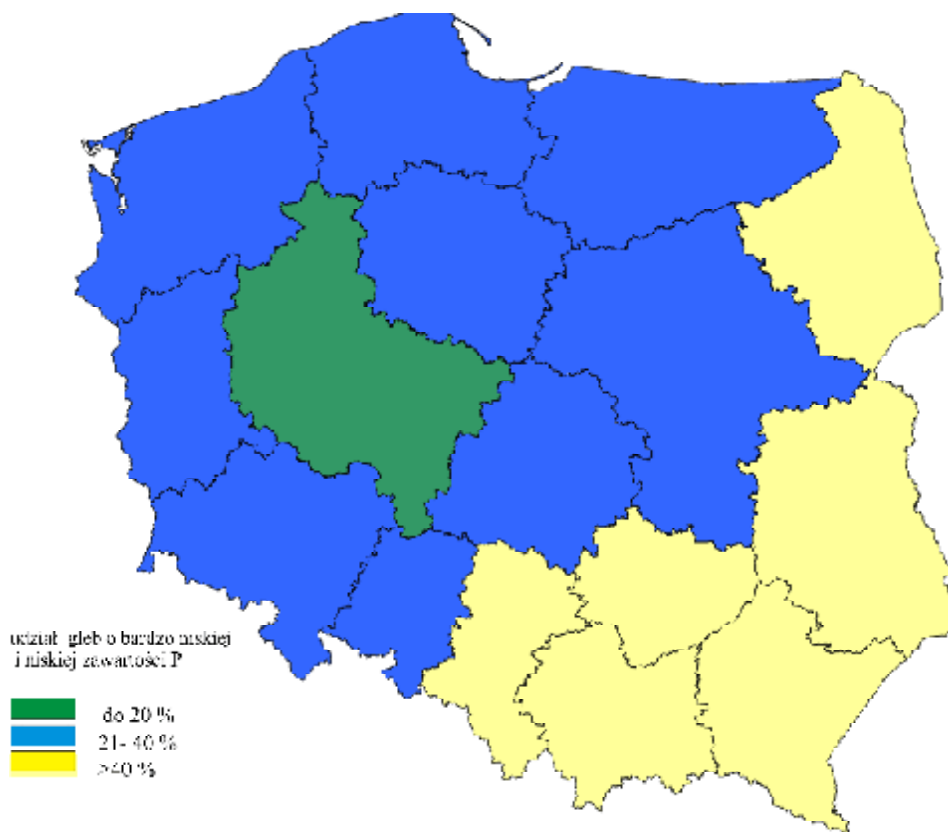
Obniżanie zawartości w glebie przyswajalnych form fosforu w tych regionach, spowodowane ujemnym bilansem składnika może w dłuższej perspektywie spowodować poważne ryzyko degradacji gleby.

Większość województw wykazuje jednak dodatni bilans fosforu w przedziale od $0,4$ w województwie wielkopolskim do $5,9 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}\text{UR}$ w pomorskim (tab. 1). Małe nadwyżki czy niedobory fosforu oznaczają, że tylko niewielkie ilości tego składnika są akumulowane w glebach zwiększając ich żyzność (3). Nadwyżki są niezbędne, szcze-

gólnie w województwach o niskiej i bardzo niskiej zawartości fosforu przyswajalnego w glebach, tj. w podkarpackim, podlaskim, śląskim i świętokrzyskim.

Niewielkie nadwyżki fosforu mogłyby być uznane za zadowalające, gdyby gleby Polski były równomiernie dobrze zaopatrzone w przyswajalny P. Niestety, wyniki badań przeprowadzonych przez OSChR (tab. 1, rys. 2) wskazują, że około 36% powierzchni gleb uprawnych Polski ma wysoką i bardzo wysoką zasobność w fosfor; 26% gleb jest średnio zasobna, a 38% wykazuje zbyt niską zasobność (10).

Najwięcej gleb o zawartości wysokiej i bardzo wysokiej w fosfor przyswajalny występuje w województwach wielkopolskim (54% UR), kujawsko-pomorskim (51%), opolskim (45%) i pomorskim (44%). W województwach tych gospodarka fosforem powinna być w większym stopniu podporządkowana wymaganiom ochrony środowiska, a nie jak dotychczas zwiększaniu żyzności gleby i zapewnieniu dużych plonów roślin. W strategii fosforowej powinien być uwzględniony fakt, że najwyższe dawki nawozów są aplikowane w regionach o znacznym udziale gleb bogatych w fosfor dostępny dla roślin i odwrotnie.



Rys. 2. Udział gleb Polski o bardzo niskiej i niskiej zasobności w fosfor przyswajalny (średnio z lat 2000–2004)

Źródło: Lipiński W., 2005 (10).

Tabela 1

Krajowy i regionalny bilans fosforu (średnio dla lat 2002–2005)

Województwo	Elementy bilansu fosforu (kg P · ha ⁻¹)						% Pn*
	P _{min}	P _{org}	P _{msi}	P _{atm}	P _{wyn}	P _{bil}	
Dolnośląskie	8,5	3,3	0,4	0,2	14,7	-2,3	33
Kujawsko-pomorskie	8,1	9,9	0,5	0,2	16,6	2,2	25
Lubelskie	12,2	8,3	0,7	0,3	19,0	1,7	43
Lubuskie	4,9	2,2	0,2	0,1	5,0	4,6	24
Łódzkie	7,9	8,3	0,5	0,2	14,3	2,5	40
Małopolskie	6,4	4,8	0,3	0,2	9,9	2,4	54
Mazowieckie	15,9	15,7	0,9	0,5	26,4	3,1	33
Opolskie	5,6	3,4	0,3	0,1	10,0	-1,1	28
Podkarpackie	5,6	3,6	0,3	0,2	7,9	2,5	54
Podlaskie	8,2	8,4	0,4	0,2	15,4	1,8	51
Pomorskie	8,5	5,0	0,4	0,2	9,3	5,9	26
Śląskie	4,6	3,1	0,2	0,1	6,4	3,3	47
Świętokrzyskie	4,8	3,3	0,2	0,1	7,1	2,3	56
Warmińsko-mazurskie	5,8	6,7	0,4	0,2	11,3	1,9	38
Wielkopolskie	14,5	22,7	0,9	0,4	29,1	5,3	19
Zachodniopomorskie	7,7	2,9	0,4	0,2	10,8	0,4	34
POLSKA	8,1	7,0	0,4	0,2	13,3	2,5	38

* % Pn – udział gleb o niskiej bardzo niskiej zawartości przyswajalnego fosforu w glebach (%)

P_{min} – fosfor wnoszony z nawozami mineralnymiP_{org} – fosfor wnoszony z nawozami organicznymiP_{msi} – fosfor wnoszony z materiałem siewnym i sadzeniakamiP_{atm} – fosfor wnoszony opadzie z atmosferyP_{wyn} – fosfor wynoszony z plonami roślinP_{bil} – saldo bilansowe fosforu tj. P_{bil} = P_{min} + P_{org} + P_{msi} + P_{atm} - P_{wyn}

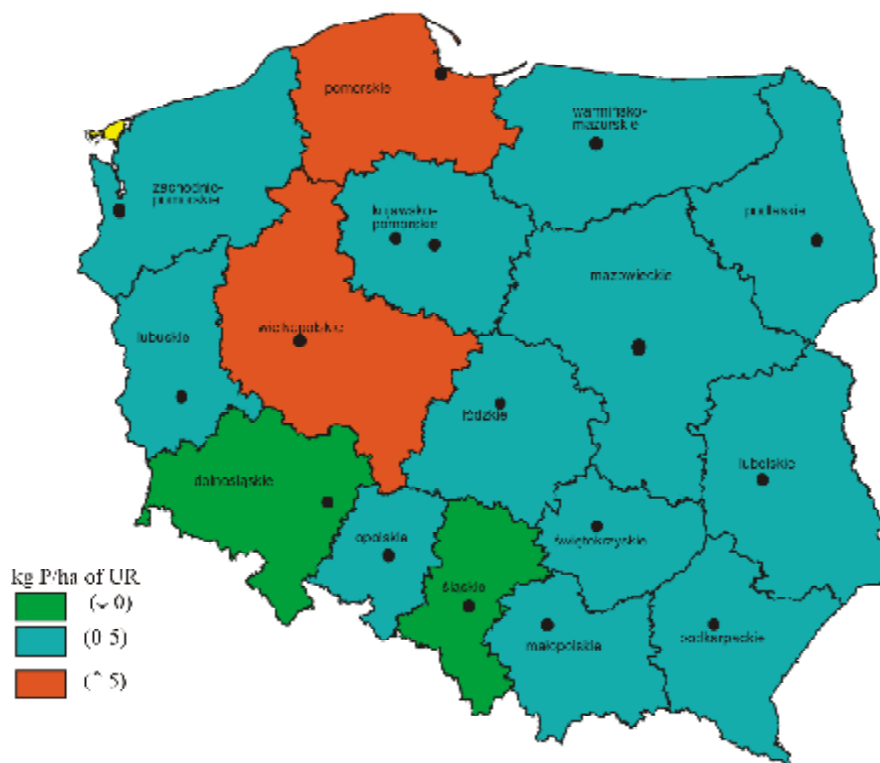
Źródło: Opracowanie własne.

I g r a s i K o p i ń s k i (8) podają, że zróżnicowany regionalnie poziom intensywności produkcji roślinnej i zwierzęcej wpływa na wyniki sald bilansu fosforu niezależnie od stanu zasobności gleb w te składniki.

Podsumowanie

Bilans fosforu średnio dla kraju obliczony metodą na powierzchni pola jest nieco nadwyżkowy, co wskazuje na brak bezpośredniego zagrożenia dla środowiska przyrodniczego. Regionalne zróżnicowanie bilansu fosforu w Polsce waha się od -2,3 do 5,9 kg P · ha⁻¹UR. Najwyższe dodatnie saldo fosforu stwierdzono w województwach pomorskim i wielkopolskim, było to głównie efektem stosowania dużych dawek nawozów fosforowych. Najniższe ujemne salda bilansu fosforu wystąpiły w województwach dolnośląskim i opolskim.

Na podstawie powyższych wyników badań nie można jednoznacznie stwierdzić zagrożenia dla wód powierzchniowych i gruntowych. Jednak w przyszłości najważ-



Rys. 3. Bilans fosforu w poszczególnych regionach Polski (średnio z lat 2002–2005)
 Źródło: Opracowanie własne.

niejszymi rozwiązaniami środowiskowych problemów w aspekcie gospodarki nawozowej kraju i regionów Polski będzie zbilansowanie i utrzymywanie na bezpiecznym poziomie salda przychodów i rozchodów składników pokarmowych w glebie. Będzie to jedno z głównych wyzwań, ponieważ występujące trendy większej specjalizacji i intensyfikacji rolnictwa, szczególnie w bardziej rozwiniętych rejonach Polski (zachodniej i północnej), generalnie powodują stopniowo rosnące nadwyżki bilansu składników, w tym fosforu. Istnieje wiele opcji w minimalizowaniu bezpośredniego wpływu braku równowagi składników pokarmowych na środowisko przyrodnicze. Stosowanie kombinacji różnych rozwiązań będzie wymagane w celu osiągnięcia postępu w ochronie środowiska rolniczego. W województwach dolnośląskim i opolskim, z ujemnym bilansem fosforu, zadaniem głównym będzie dostarczanie tego składnika z nawozami i efektywne wykorzystanie w produkcji roślinnej. Z punktu widzenia ekologii mniejsze zużycie fosforu jest korzystne, ale pod warunkiem zachowania żyzności gleb.

Literatura

1. Blake L., Johnston A.E., Poulton P.R., Goulding K.W.T.: Changes in soil phosphorus fractions following positive and negative phosphorus balances for long periods. *Plant and Soil*, 2003, **254**: 245-261.
2. Czuba R.: Fosfor we współczesnych krajowych systemach nawożenia. *Prace Nauk. AE Wrocław*, 2001, **88**: 144-150.
3. Fotyła M.: Zapotrzebowanie rolnictwa polskiego na nawozy. W: Stan i perspektywy rynku nawozów mineralnych i produkcji rolnej w Polsce. IUNG Puławy, 1999, 87-104.
4. Fotyła M., Mercik S.: *Chemia rolna*. PWN Warszawa, 1995.
5. Fotyła M.: Zrównoważona gospodarka fosforem w rolnictwie polskim. *Nawozy i Nawożenie*, 2003, **4**: 160-172.
6. Halberg N.: Indicators of resource use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 1999, **76**: 17-30.
7. Hedley M.J., Sharpley A.: Strategies for global nutrient cycling. In: L. Currie (ed.) Long-term nutrient needs for New Zealand's primary industries: Global supply, production requirements, and environmental constraints. The Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand, 1998, 70-95.
8. Igras J., Kopyński J.: Regionalne zróżnicowanie bilansu składników pokarmowych w rolnictwie polskim. *Pam. Puł.*, 2001, **12**: 187-195.
9. Kopyński J.: Regionalne zróżnicowanie bilansu azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim w latach 1999–2003. *Nawozy i Nawożenie*, 2005, **2**: 84-96.
10. Lipiński W.: Zasobność gleb Polski w fosfor przyswajalny. *Nawozy i Nawożenie*, 2005, **2**: 49-54.
11. OECD: OECD phosphorus balance handbook, forthcoming, jointly published with Eurostat. Paris, France, 2005.
12. OECD.: Environmental indicators for agriculture. Paris, 2006, vol. **4**.
13. Parris K.: Agricultural nutrient balances as agri-environmental indicators: an OECD perspective. *Environ. Pollut.*, 1998, **102**: 219-225.
14. Sapek A., Sapek B.: Obieg i bilans fosforu w łańcuchu pokarmowym człowieka w Polsce. *Nawozy i Nawożenie*, 2002, **4**: 105-123.
15. Sharpley A., Foy B., Withers P.: Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an overview. *J. Environ. Quality*, 2000, **29(1)**: 1-10.

Adres do korespondencji :

dr Arkadiusz Tujaka
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
e-mail: atujaka@iung.pulawy.pl

