

**Jerzy Kopiński**

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

## **OCENA GOSPODAROWANIA FOSFOREM W PROCESIE PRODUKCJI ROLNICZEJ NA POZIOMIE NUTS-0, NUTS-2<sup>1</sup>**

### *THE ASSESSMENT OF PHOSPHORUS MANAGEMENT IN THE AGRICULTURAL PRODUCTION PROCESS AT THE NUTS-0, NUTS-2 LEVELS*

**Słowa kluczowe: gospodarowanie fosforem, zróżnicowanie regionalne, produkcja rolnicza, zasobność gleb, bilans fosforu brutto**

*Key words: phosphorus management, regional differentiation, agricultural production, soil nutrient content, gross phosphorus balance*

*JEL codes: Q56*

**Abstrakt.** W pracy dokonano gospodarowania fosforem w polskim rolnictwie na poziomie krajowym (NUTS-0) i w układzie terytorialnym (NUTS-2). Kryterium poprawności gospodarowania fosforem stanowiło saldo bilansu brutto w odniesieniu do wyliczonego jego optimum (OPGB). Analiza i ocena obejmowała lata 2012-2014 na tle okresu porównawczego 2002-2004. Średnioroczne tempo wzrostu zużycia fosforu w nawozach mineralnych wynosiło ok. 0,9 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na ha UR w dk i było zgodne z trendem długookresowym. Saldo bilansu fosforu brutto w Polsce wynosiło w ostatnich latach 2,5 kg P na ha UR w dk i było o 1,4 kg wyższe od optymalnego. W wielu województwach stosowany poziom nawożenia fosforem nie był uzasadniony wielkością uzyskiwanych plonów roślin lub nie uwzględniał stanu agrochemicznego gleb, z różnymi tego konsekwencjami.

### **Wstęp**

Jednym z najważniejszych celów biogospodarki jest zrównoważenie wykorzystania odnawialnych zasobów biologicznych przez innowacje oparte na wiedzy z obszaru nauk przyrodniczych [Maciejczak, Hofreiter 2013]. Zatem jej istotą jest racjonalne i rozważne wykorzystanie posiadanych zasobów odnawialnych, aby nie pozbawiać możliwości zaspokajania własnych potrzeb przyszłych pokoleń [Chyłek, Rzepecka 2011, Rokicki 2015]. W tym względzie, w to zagadnienie wpisuje się także racjonalna gospodarka składnikami nawozowymi, która musi uwzględniać trzy aspekty, tj. pozyskanie (produkcję) nawozów, przepływy w procesie produkcji roślinnej, ale także szerzej w rolniczej, oraz dbałość (troska) o stan środowiska [Filipek 2002]. Jak twierdzi Fotyma i współpracownicy [2009], nieumiejętnie, niewłaściwie prowadzona gospodarka nawozowa stwarza określone zagrożenia środowiskowe, ale prowadzi także do obniżenia efektywności i dochodowości produkcji rolniczej [Kopiński i in. 2013a, Kopiński 2015].

Jednym z najważniejszych składników plonotwórczych niezbędnych do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin, jest fosfor. Rezerwy fosforu w fosforytach są ograniczone, a jednocześnie jego związki, obok azotu, są głównymi składnikami biogenicznymi istotnie oddziałującymi na jakość wody [Fotyma i in. 2009, Læg Reid i in. 1999]. Co prawda, ze względu na małą mobilność związków fosforu, jest on mniej narażony na straty z produkcji rolniczej i w warunkach normalnego (zrównoważonego) gospodarowania straty tego składnika są znikome [Pondel i in. 1991], to jednak w sytuacji przekroczenia pojemności sorpcyjnej gleby, czyli w warunkach bardzo wysokiej jego zawartości, następuje przemieszczanie związków fosforu w dół profilu glebowego i dochodzi do rozpraszania głównie w wyniku zmywu powierzchniowego lub rzadziej erozji wietrznej [Sapek 1998].

Jednym z podstawowych wskaźników agrośrodowiskowych pozwalających określić potencjalny stopień obciążenia środowiska tym biogenem i ocenić poprawność prowadzonej gospodarki nawozowej

<sup>1</sup> Opracowanie wykonano w ramach zadań 2.1. i 2.2. programu wieloletniego 2016-2020 IUNG-PIB.

jest saldo bilansu fosforu brutto [Igras, Kopiński 2003, Kopiński i in. 2013b, OECD 2006]. Dlatego w całościowej biogospodarce i biogeochemii w odniesieniu do fosforu niezbędne jest uwzględnienie jego zawartości (zasobności) w glebie [Filipek 2002, Fotyma 2002, Kopiński i in. 2013b].

Celem pracy była ocena gospodarowania fosforem w polskim rolnictwie w ostatnich 10. latach (2012-2014 w porównaniu do 2002-2004), z uwzględnieniem różnic regionalnych (NUTS-2) na podstawie kryterium optymalnego salda bilansu fosforu brutto.

### Material i metodyka badań

Badania i analiza miały charakter kameralny. Podstawowe źródło informacji stanowiły dane statystyczne GUS za lata 2002-2015 [2003-2014, 2003-2015, 2003-2016, 2005-2014, 2014, 2015a,b], GIOŚ<sup>2</sup> [2014] oraz rezultaty badań własnych [Kopiński 2014, 2016, Kopiński i in. 2013a]. Analizą objęto zmiany wskaźników charakteryzujących gospodarkę nawozową fosforem, tj. poziomu intensywności produkcji rolniczej mierzonego wielkością zużycia fosforu w nawozach mineralnych, globalnej produkcji roślinnej, sald bilansu fosforu brutto, stanu zasobności gleb w przyswajalne formy fosforu. Analiza obejmowała lata 2012-2014 w odniesieniu do okresu lat 2002-2004. Wielkość produkcji roślinnej wyrażona została wskaźnikiem syntetycznym w jednostkach zbożowych (1 j.zb. = 100 kg ziarna zbóż) [Harasim 2006].

Bilans fosforu brutto sporządzono według metody zaproponowanej przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) [OECD 2006] i Eurostat [Kremer 2013]. Z punktu widzenia oceny oddziaływania na środowisko najbardziej istotna jest wielkość salda bilansu fosforu (*APGB*) rozumianego jako różnica pomiędzy dopływem składników ( $TP_{dop}$ ) na powierzchnię użytkowaną rolniczo<sup>3</sup>, w nawozach mineralnych, w materiale siewnym (sadzeniakowym) oraz w opadzie z atmosfery ( $P_{atm}$ )<sup>2</sup> [GIOŚ 2014]. Po stronie rozchodowej ( $TP_{wyn}$ ) bilansu brutto uwzględnia się ilości składnika w plonach głównych roślin towarowych ( $TP_{wrt}$ ) i zbieranych na paszę z gruntów ornych i użytków zielonych ( $TP_{wzp}$ ) oraz w dających się określić zbieranych plonach ubocznych i poplonów ( $TP_{zup}$ ) [Kopiński, Tujaka 2009]. W pracy zastosowano analizę porównawczą województw (NUTS-2) na tle kraju (NUTS-0).

Do oceny poprawności salda bilansu fosforu brutto (*APGB*) obliczono tzw. saldo optymalne (*OPGB*) wykorzystując współczynniki bilansowe fosforu ( $RCB_p$ ). Są to wskaźniki różnych potrzeb nawożenia roślin tym składnikiem, uwzględniające stan zasobności gleb w fosfor i kategorie agronomiczne gleby [Fotyma 2002, Harasim, 2006, Krzywy 2000, Mercik 2002]. Poniżej przedstawiono wzór obliczenia optymalnego salda bilansu fosforu brutto:

Kryterium optimum salda bilansu brutto fosforu [kg P/ha UR w dk]

$$OPGB = TP_{wyn} * (RCB_p - 1) + P_{atm}$$

gdzie: *OPGB* – optimum salda bilansu fosforu brutto,  $TP_{wyn}$  – całkowite wynoszenie fosforu ( $=TP_{wrt} + TP_{wzp} + TP_{zup}$ ),  $RCB_p$  – zalecany współczynnik bilansowy fosforu  $P_{atm}$  – fosfor w opadzie (depozycie) atmosferycznym.

### Wyniki badań i dyskusja

Aktualnie jednostkowe zużycie fosforu w nawozach mineralnych (lata 2012-2014) wynosi 26,0 kg  $P_2O_5$ /ha UR w dobrej kulturze (dk). Z analizy tempa zmian jakie zaszły pomiędzy okresem 2002-2004 a 2012-2014 wynika, że średnioroczny przyrost zużycia fosforu w Polsce wyniósł w ciągu 10 lat 0,85 kg  $P_2O_5$ /ha UR w dk (tab. 1) i jest on zgodny z trendem długookresowym [Fotyma i in. 2009, Kopiński i in. 2013b]. Na poziomie NUTS-2 liderem pod względem tempa przyrostu i zużycia fosforu w nawozach mineralnych jest województwo opolskie. W analizowanych 10 latach tylko w województwach małopolskim i podkarpackim nastąpiło ograniczenie zużycia dawek fosforu na powierzchni użytkowanej rolniczo.

<sup>2</sup> Dane dotyczące fosforu ogólnego w opadzie atmosferycznym z Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskane w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska oraz Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami.

<sup>3</sup> UR w dk – użytki rolne w dobrej kulturze (użytkowane rolniczo), według definicji GUS.

Tabela 1. Wyniki i zmiany wskaźników charakteryzujących gospodarkę nawozową fosforem dla Polski i 16 województw, średnia z lat 2012-2014 na tle lat 2002-2004  
 Table 1. Results and changes indicators characterizing the management of phosphorus fertilizer in Poland (NUTS-0) and 16 provinces (NUTS-2), mean from years 2012-2014 on the background period years 2002-2004

Województwo/ Province	Zużycie fosforu w naw. mineralnych P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/ha UR w dk]/Use of phosphorus in min. fertilizers P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/ha UAA]*		Głobna produkcja roślinna [j.zb./ha UR w dk]/Total crops productivity [cereal units per ha UAA]		Udział gleb o niskiej i b. niskiej zasobności w fosfor/Share of soils of low and very low abundance phosphorus [%]		Udział gosp. pow. 1 ha UR stosujących fosforowe nawozy mineralne w 2013 r./Share of farms above 1 ha AL using of phosphorus mineral fertilizers in 2013 [%]	Saldo bilansu fosforu brutto P [kg/ha UR w dk]/Surplus (deficit) gross phosphorus balance P [kg/ha UAA]	
	2012-2014	zmiana/change	2012-2014	zmiana/change	2012-2014	zmiana/change		2012-2014	zmiana/change
Dolnośląskie	32,4	13,6	51,0	8,1	35	-1	28	-1,5	-0,4
Kujawsko-pomorskie	27,7	10,4	49,7	8,6	22	0	43	0,9	-1,0
Lubelskie	28,3	9,8	40,1	5,8	34	-9	30	2,1	0,0
Lubuskie	28,3	8,5	40,4	10,9	22	0	22	3,0	-2,9
Łódzkie	30,0	16,5	38,2	7,6	32	-7	34	6,2	3,8
Małopolskie	14,9	-2,7	34,3	3,8	57	-1	12	-1,9	-5,6
Mazowieckie	20,2	3,6	34,5	5,3	30	-4	22	2,5	-1,6
Opolskie	44,6	21,4	63,0	13,6	30	3	52	1,2	1,3
Podkarpackie	16,2	0,9	34,8	4,2	51	-3	22	-0,6	-3,2
Podlaskie	21,2	4,7	31,7	5,9	44	-10	31	2,5	-1,7
Pomorskie	24,8	-2,5	42,3	7,3	30	3	29	1,9	-5,5
Śląskie	24,9	4,1	41,5	5,7	32	-14	23	4,0	-1,1
Świętokrzyskie	26,8	11,3	34,4	3,5	45	-10	27	4,2	2,4
Warmińsko-mazurskie	18,2	6,0	35,7	6,0	35	0	22	0,9	-0,3
Wielkopolskie	30,8	12,8	48,2	10,2	19	0	36	7,7	1,8
Zachodnio-pomorskie	30,2	14,2	45,2	10,1	30	3	21	1,1	0,0
Polska/PL	26,0	8,5	40,8	6,8	31	-3	27	2,5	-0,2

\* UAA – w dobrej kulturze rolnej/in good agricultural

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, GIOŚ

Source: own study based on CSO, CIEP data

W Polsce wzrost zużycia fosforu w nawozach mineralnych jest bardziej dynamiczny niż wzrost plonów roślin uprawnych. W latach 2012-2014 przeciętna wydajność roślin wynosiła 40,8 j.zb./ha UR w dk. Pod tym względem największa dynamika zmian miało województwo opolskie (1,4 j.zb./ha/rok), ale także lubuskie, wielkopolskie i zachodniopomorskie. Najniższym przyrostem produktywności roślinnej charakteryzują się województwa południowo-wschodniej Polski, tj. małopolskie, podkarpackie i świętokrzyskie. Na tak duże zróżnicowanie regionalne, oprócz określonego poziomu intensywności, wpływają także różnice w sferze organizacji i kultury prowadzenia produkcji roślinnej. W województwach o najniższym poziomie nawożenia fosforem i produktywności roślinnej udział gleb o niskiej i bardzo niskiej zasobności w ten składnik przekraczał ponad 50% (tab. 1). W ostatnich latach dość znacząca poprawa pod tym względem nastąpiła w województwach: lubelskim, podlaskim, śląskim i świętokrzyskim. Trzeba zaznaczyć, że ta ocena jest na podstawie wyników stacji chemiczno-rolniczych [GUS 2015a], dotyczy gospodarstw korzystających z zaleceń nawozowych, a więc na ogół lepszych od przeciętnego. Podobną wymowę ma fakt, że w roku 2013 tylko 27% gospodarstw o powierzchni powyżej 1 ha UR stosowało jakiegokolwiek nawozy mineralne zawierające fosfor. W poszczególnych województwach udział ten wynosił od 12% (małopolskie) do 52% (opolskie).

Z tabeli 1 wynika, że zachodzące w analizowanym okresie zmiany w produkcji rolniczej w skali kraju (NUTS-0) nie wpłynęły zasadniczo na zmiany salda bilansu fosforu brutto, które już od wielu lat oscylują na poziomie 2,5 kg P/ha UR w dk [Fotyma i in. 2009, Igras, Kopiński 2003, Kopiński, Tujaka 2009]. Jednak zarówno salda jak i skala ich zmian w poszczególnych województwach (NUTS-2) wykazują znaczne zróżnicowanie regionalne. W większości województw

Tabela 2. Aktualne i optymalne salda bilans fosforu brutto dla Polski i 16 województw (średnia z lat 2012-2014)  
Table 2. Actual and optimum surpluses of gross phosphorus balance in Poland (NUTS-0) and 16 provinces (NUTS-2) (mean from years 2012-2014)

Województwo/ Province	Wartość elementów bilansu fosforu brutto/Value of elements gross phosphorus balance			Wskaźnik bilansowy/ Balance coefficient			OPGB	Różnica sald P/Disparity balance P
	$TP_{dop}$	$TP_{wyn}$	APGB	$P_{atm}$	$RCB_p$	$ACB_p$		
1	2*	3	4 (2-3)	5	6	7 (2/3)	8	9 (4-8)
Dolnośląskie	17,7	19,2	-1,5	0,29	1,07	0,92	1,6	-3,1
Kujawsko-pomorskie	20,4	19,5	0,9	0,32	0,91	1,04	-1,4	2,3
Lubelskie	17,2	15,1	2,1	0,30	1,08	1,14	1,5	0,6
Lubuskie	18,1	15,1	3,0	0,31	0,99	1,20	0,2	2,8
Łódzkie	21,8	15,6	6,2	0,31	1,07	1,40	1,4	4,8
Małopolskie	12,9	14,8	-1,9	0,32	1,34	0,87	5,4	-7,3
Mazowieckie	17,3	14,9	2,5	0,39	1,05	1,17	1,1	1,3
Opolskie	25,2	24,0	1,2	0,35	1,01	1,05	0,5	0,7
Podkarpackie	11,8	12,3	-0,6	0,38	1,27	0,95	3,7	-4,3
Podlaskie	18,0	15,5	2,5	0,31	1,24	1,16	4,0	-1,5
Pomorskie	17,5	15,6	1,9	0,41	1,04	1,12	1,1	0,8
Śląskie	20,0	16,0	4,0	0,39	1,04	1,25	1,0	3,0
Świętokrzyskie	17,7	13,5	4,2	0,31	1,18	1,31	2,8	1,4
Warmińsko-mazurskie	15,9	15,0	0,9	0,32	1,09	1,06	1,7	-0,8
Wielkopolskie	27,0	19,3	7,7	0,41	0,91	1,40	-1,4	9,2
Zachodnio-pomorskie	16,9	15,8	1,1	0,42	1,07	1,07	1,6	-0,5
Polska/PL	19,0	16,5	2,5	0,35	1,05	1,15	1,2	1,4

\* kolumny 2-5, 8 i 9 – kg P/ha UR w dk/columns 2-5, 8 and 9 in in kg P/ha UAA

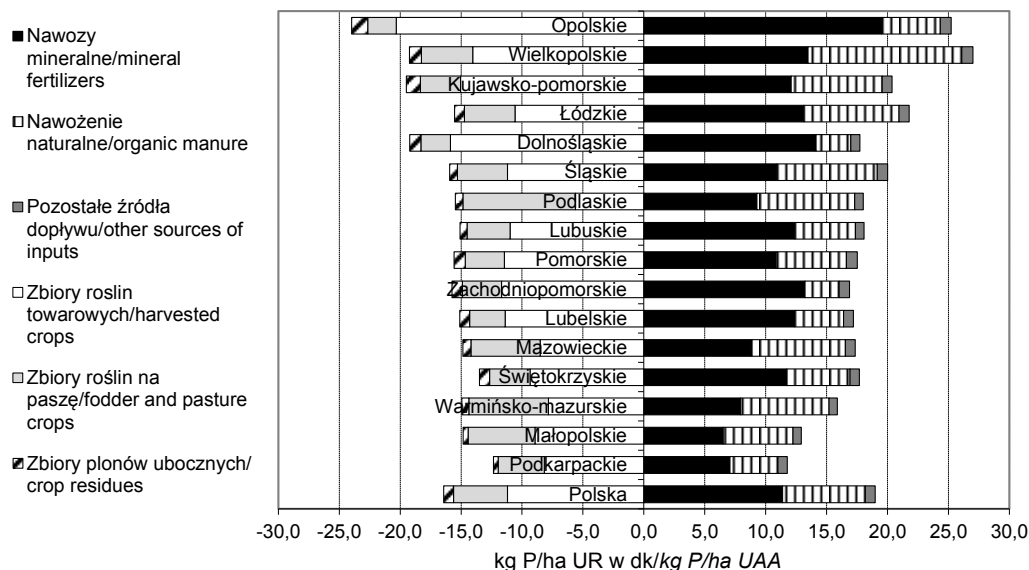
Źródło: jak w tab. 1.

Source: see tab. 1

w analizowanych 10 latach nastąpiło zmniejszenie sald bilansu fosforu brutto. Ich wzrost miał miejsc głównie w województwach, w których nastąpił najwyższy wzrost zużycia fosforu w nawozach mineralnych.

Dokładna ocena wielkości salda bilansu fosforu, po uwzględnieniu potrzeb pokarmowych roślin, powinna być skorygowana o ocenę stanu zasobności gleb, wyrażoną tzw. współczynnikiem bilansowym fosforu ( $RCB_p$ ), a także o wielkość depozytu atmosferycznego fosforu ogólnego ( $P_{am}$ ) [GIOŚ 2014], który jest niezależny od samej produkcji. Jak wynika z tabeli 2, wyliczony w ten sposób zalecany współczynnik bilansowy fosforu przyjmował w Polsce w latach 2012-2014 średnią wielkość 1,05, a optymalne saldo bilansu fosforu brutto powinno wynosić 1,2 kg P/ha UR w dk. Aktualny wskaźnik bilansowy ( $ACB_p$ ) był wyższy i wynosił 1,15. Z przeprowadzonej analizy wynika, że optymalne salda tego składnika kształtowały się w zakresie od -1,4 kg P/ha UR w kujawsko-pomorskim do 5,4 kg P/ha UR dla województwa małopolskiego. To ostatnie województwo razem z podkarpackim, wykazują największy deficyt fosforu w rolnictwie. Natomiast w Wielkopolsce nadmiernie wysokie saldo fosforu brutto w stosunku do wyliczonego optimum wskazuje na znaczne zagrożenia z tytułu rozproszenia tego składnika poza system produkcji rolniczej.

Struktura (ilościowa) obu stron bilansu fosforu, wnoszenia ( $TP_{dop}$ ) i wynoszenia ( $TP_{wyn}$ ), wykazuje dość znaczne zróżnicowanie regionalne (rys. 1). Najwięcej fosforu w polskim rolnictwie wnosi się do gleb w nawozach mineralnych, a największy odpływ następuje w zbiorach głównych roślin towarowych. Największy obrót (przepływ) fosforu mierzony sumą obu stron bilansu, mają województwa opolskie i wielkopolskie. Natomiast najbardziej zachowawczo, wręcz ekstensywnie, gospodaruje się fosforem w województwach małopolskim i podkarpackim. Taka gospodarka powadzić będzie do wyczerpania dostępnych, a w dalszej kolejności zapasowych form fosforu, czego następstwem będzie poważne zubożenie żyzności gleb i znaczne ograniczenie wykorzystania ich potencjału produkcyjnego.



Rysunek 1. Struktura ilościowa źródeł przychodu i rozchodu bilansu fosforu w poszczególnych województwach Polski w latach 2012-2014

Figure 1. Quantitative structure of input and output side of gross phosphorus balance of Polish provinces in 2012-2014 years

Źródło: opracowanie własne  
Source: own study

## Podsumowanie

Jednostkowe zużycie fosforu w nawozach mineralnych w Polsce w latach 2012-2014 wynosiło 26 kg  $P_2O_5$ /ha UR w dk, a średnioroczne tempo wzrostu stosowanych dawek w tym dziesięcioleciu było zgodne z trendem długookresowym i wynosiło ok. 0,9 kg  $P_2O_5$ /ha/rok. Zużycie fosforu w nawozach mineralnych, podobnie jak i wydajność roślin, było mocno zróżnicowane regionalnie (NUTS-2). W tym względzie najbardziej intensywna produkcja roślinna prowadzona była w województwie opolskim, a mocno ekstensywna w Małopolsce i na Podkarpaciu. Na przeważającym obszarze Polski stosowany poziom nawożenia fosforem nie był uzasadniony wielkością uzyskiwanych plonów roślin. Niewątpliwym wpływ miał także niewłaściwy stan agrochemiczny gleb, chociaż w ciągu tych 10. lat nastąpiła jego nieznaczna poprawa. W wielu województwach, a szczególnie w małopolskim i podkarpackim, udział gleb o niskiej i bardzo niskiej zasobności w fosfor przekraczał 50%, a stosunkowo niewielka liczba gospodarstw rolnych stosowała jakiegokolwiek nawozy fosforowe. Utrzymywanie takiego stanu prowadzi do wyczerpywania dostępnych form fosforu z gleb, a w następstwie do zubożenia ich żywności i poważnego ograniczenia wykorzystania potencjału produkcyjnego z wszystkimi tego konsekwencjami.

Spostrzeżenia tej oceny potwierdzają wyniki i analiza struktury bilansu fosforu brutto, jako ważnego wskaźnika agrośrodowiskowego oddziaływania prowadzonej produkcji rolniczej. Wielkość salda na poziomie krajowym (NUTS-0) wynosiła w ostatnich latach 2,5 kg P/ha UR w dk i była o 1,4 kg wyższa od optymalnego, po uwzględnieniu wskaźnika bilansowego (wyrażającego stan zasobności gleb) i opadu atmosferycznego. Wysokie saldo bilansu fosforu brutto, także w odniesieniu do wyliczonego optimum, wykazane w Wielkopolsce wskazuje na potencjalnie duże ryzyko rozproszenia tego składnika poza agrosystem.

## Literatura

- Chylek Eugeniusz K., Monika Rzepecka. 2011. „Biogospodarka – konkurencyjność i zrównoważone wykorzystanie zasobów”. *Polish Journal of Agronomy* 7: 3-13.
- Filipek Tadeusz. 2002. „Zarządzanie zasobami fosforu w środowisku rolniczym”. *Nawozy i Nawożenie* 4 (13): 245-258.
- Fotyma Mariusz. 2002. „Zrównoważona gospodarka fosforem w rolnictwie polskim”. *Nawozy i Nawożenie* 4 (13): 160-172.
- Fotyma Mariusz, Igras Janusz, Kopiński Jerzy. 2009. „Produkcyjne i środowiskowe uwarunkowania gospodarki nawozowej w Polsce”. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 14: 187-206.
- GIOŚ. 2014. *Stan środowiska w Polsce. Raport 2014*. Warszawa: Biblioteka Monitoringu Środowiska, 208.
- GUS. 2003-2014. *Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich w 2002-2013 roku*. Warszawa.
- GUS. 2003-2015. *Produkcja upraw rolnych i ogrodniczych w 2002-2014 roku*. Warszawa.
- GUS. 2005-2014. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. Warszawa.
- GUS. 2003-2016. *Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2001/2002 ... 2014/2015*. Warszawa.
- GUS. 2014. *Charakterystyka gospodarstw rolnych w 2013 roku*. Warszawa.
- GUS. 2015a. *Ochrona Środowiska 2015*. Warszawa.
- GUS. 2015b. *Zwierzęta gospodarskie w 2014 roku*. Warszawa.
- Harasim Adam. 2006. *Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie*. Puławy: IUNG-PIB Puławy, 1-171.
- Igras Janusz, Jerzy Kopiński. 2003. „Regional differentiation of the soil surface phosphorus and potassium balance in Polish agriculture”. *LLU Raksti* 8 (303): 29-32.
- Kopiński Jerzy. 2014. *Opracowanie metody badań służącej do określenia optymalnych sald głównych składników nawozowych (NPK) w ujęciu wojewódzkim w latach 2011-2013*. Ekspertyza wykonana na potrzeby IERiGŻ-PIB, Puławy, 22 (niepublikowany).
- Kopiński Jerzy. 2015. „Określenie stopnia polaryzacji oddziaływania produkcji rolniczej na środowisko na podstawie bilansu azotu brutto”. *Roczniki Naukowe SERiA XVII* (1): 112-117.
- Kopiński Jerzy. 2016. „Criterion to determine optimum surpluses of gross nitrogen balance on the level NUTS-0, NUTS-2”. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura* 15 (1): 29-36.
- Kopiński Jerzy, Arkadiusz Tujaka. 2009. „Bilans azotu i fosforu w rolnictwie polskim”. *Woda. Środowisko. Obszary Wiejskie* 9, 4 (28): 103-116.

- Kopiński Jerzy, Anna Nieróbca, Piotr Ochal. 2013a. „Ocena wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie produktywności roślinnej”. *Woda. Środowisko. Obszary Wiejskie* 13, 2 (42): 53-63.
- Kopiński Jerzy, Piotr Ochal, Tamara Jadczyzyn. 2013b. „Produkcyjne i środowiskowe aspekty gospodarowania fosforem”. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 34 (8): 145-162.
- Kremer Anne. 2013. *Nutrient Budgets EU-27, Norway, Switzerland. Methodology and handbook*. Luxembourg: Eurostat/OECD. EC Eurostat, ver. 1.02, date: 17/05/2013.
- Krzywy Edward. 2000. *Nawożenie gleb i roślin*. Szczecin: Akademia Rolnicza w Szczecinie, 177. ISBN 978-83-8732-728-6.
- Lægreid Marit, Oluf Christian Bøckman, Olav Kaarstad. 1999. *Agriculture, fertilizers, and the environment*. Cambridge: CABI Publishing, Norsk Hydro ASA, 1-294. ISBN 0-85199-358-3.
- Maciejczak Mariusz, Karen Hofreiter. 2013. „How to define bioeconomy?”. *Roczniki Naukowe SERiA XV* (4): 243-248.
- Mercik Stanisław (red.). 2002. *Chemia rolna, podstawy teoretyczne i praktyczne*. Warszawa: SGGW, 252. ISBN 83-7244-285-1.
- OECD. 2006. *Environmental Indicators for Agriculture* 4: 1-20. Paris: OECD Publication Service.
- Pondel Henryk, Maria Ruszkowska, Stanisław Sykut, Henryk Terelak. 1991. „Wymywanie składników nawozowych z gleb w świetle badań prowadzonych przez IUNG”. *Roczniki Gleboznawcze* 42 (3/4): 97-106.
- Rokicki Tomasz. 2015. „Produkcja owczarska jako podsystem zrównoważonej biogospodarki”. *Roczniki Naukowe SERiA XVII* (2): 208-212.
- Sapek Andrzej. 1998. Phosphorus cycle in Polish agriculture. [W] *Phosphorus in agriculture and water quality protection*, red. A. Sapek, 8-18. Falenty: IMUZ.

### Summary

*The aim of the study was the assessment of phosphorus management in Poland, at national (NUTS-0) and governor (NUTS-2) levels. The phosphorus management efficiency was evaluated on the basis of gross phosphorus balance in relation to its calculated optimum (OPGB). The study was conducted between 2012 and 2014, on the background of the comparative period of 2002-2004. Annual growth rate of phosphorus consumption in mineral fertilizers is currently approx. 0.9 kg of  $P_2O_5$ /ha UAA, and is in line with the long-term trend. The gross phosphorus balance in Poland was in recent years in Poland at 2.5 kg P/ha UAA level and it was higher than optimal by 1.4 kg. In many regions of Poland the amount of applied phosphorus fertilizers are not justified by plant yield, or does not include the agrochemical state of soil, with various consequences.*

Adres do korespondencji  
dr hab. Jerzy Kopiński  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach  
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy  
tel (81) 478 68 21  
email: jkop@iung.pulawy.pl