

Andrzej Madej

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

OCENA EFEKTYWNOŚCI NAWOŻENIA MINERALNEGO
Z UWZGLĘDNIENIEM UJĘCIA PRZESTRZENNEGO*

Słowa kluczowe: ocena ekonomiczna, wskaźniki oceny, nawożenie mineralne, województwa

Wstęp

Jednym z podstawowych zabiegów agrotechnicznych występujących w technologii produkcji roślinnej jest nawożenie. Według Klepackiego (7) jest to wzbogacanie gleby w substancję organiczną i składniki pokarmowe, wywierające pozytywny wpływ na wzrost i rozwój roślin. Według tej definicji w nawożeniu roślin uprawnych stosowane są zarówno nawozy organiczne i mineralne. Do nawozów organicznych stosowanych przez rolników można zaliczyć odchody zwierząt, masę roślinną po zbiorach (słoma i inne ściółki), odpady z gospodarstwa, kompost, fekalia, wodorosty oraz nawozy zielone (rośliny uprawiane na przyoranie mające zasilić glebę w substancję organiczną). Nieco inny podział nawozów przedstawia Harasim (3), wyróżniając nawozy mineralne, naturalne, organiczne i organiczno-mineralne. Aktualnie obornik, gnojówkę i gnojowicę, zgodnie z Ustawą o nawozach i nawożeniu (17) i kodeksem dobrej praktyki rolniczej (1), określa się mianem nawozów naturalnych.

Z uwagi na zwiększającą się w ostatnich latach koncentrację produkcji zwierzęcej, a zarazem spadek liczby gospodarstw utrzymujących zwierzęta (10), nawożenie naturalne w gospodarstwach o roślinnym kierunku produkcji ma coraz mniejsze znaczenie. Nawozy mineralne zawierają składniki pokarmowe dla roślin wytworzone w wyniku procesów chemicznych, rzadziej pochodzące z kopaliny. Spośród tych składników możemy wyróżnić makroelementy (azot, potas, fosfor, wapń, magnez, siarka i sód), a także mikroelementy (pozostałe pierwiastki) pobierane w niewielkich

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

ilościach, których znaczenie ujawnia się we wzroście i rozwoju roślin, zwłaszcza w ich funkcjach biologicznych.

Według Kopińskiego (8) nawozy mineralne należą do najważniejszych środków produkcji dla rolnictwa, a wydatki ponoszone przez producentów rolnych na ich zakup należą do podstawowych w produkcji roślinnej.

Celem pracy była ekonomiczna ocena nawożenia mineralnego stosowanego na poziomie kraju i województw za pomocą wybranych wskaźników oraz przedstawienie możliwości zastosowania rachunku ekonomicznego do oceny efektywności nawożenia.

Material i metody

W badaniach wykorzystano dane statystyczne dotyczące średnich cen podstawowych nawozów mineralnych obowiązujących w kraju (12) oraz wielkości plonów podstawowych roślin uprawnych w latach 2012–2014 (11). Ponadto na podstawie danych GUS (15) określono wielkość nawożenia mineralnego w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych ogółem, jak i będących w dobrej kulturze. Nawożenie w czystym składniku wyrażono zarówno w łącznej ilości azotu, fosforu i potasu (NPK), jak i w podziale na poszczególne makroskładniki.

Do oceny efektywności nawożenia mineralnego wykorzystano wskaźniki zaproponowane przez Klepackiego (7):

- **produkcyjność przeciętną brutto** – obliczaną przez podzielenie uzyskanego plonu roślin (w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) przez dawkę nawozu mineralnego (w kg N lub $\text{NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$);
- **produkcyjność przeciętną netto** – obliczaną przez podzielenie plonu roślin (w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) uprzednio pomniejszonego o jego poziom, jaki można osiągnąć bez stosowania nawozów mineralnych, przez dawkę nawozu mineralnego (w kg N lub $\text{NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$);
- **produktywność krańcową** – wyrażającą stosunek przyrostu plonu roślin (ΔP) w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ do przyrostu nawożenia w $\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ (ΔN), która pozwala na ustalenie optymalnego poziomu nawożenia mineralnego zgodnie z zasadą:

$$\frac{\Delta P}{\Delta N} = \frac{CN}{CP}$$

gdzie:

CN – jednostkowa cena nawozu,

CP – cena produktu.

Ponadto obliczono opłacalność produkcji roślinnej oraz podano przykłady zastosowania rachunku ekonomicznego w zakresie nadwyżki bezpośredniej i kalkulacji różnicowej.

Do obliczenia średniego plonu roślin z 1 ha użytków rolnych (w dobrej kulturze) w jednostkach zbożowych wykorzystano współczynniki przeliczeniowe zawarte

w tabeli 1. W obliczeniach uwzględniono wielkość produkcji głównych upraw rolnych łącznie z uprawami pastewnymi i ogrodnictwami (11).

Tabela 1

Współczynniki przeliczeniowe produktów rolniczych na jednostki zbożowe

Wyszczególnienie	Liczba jednostek zbożowych w 100 kg produktu
Ziarno i nasiona	
zboża, mieszanki zbożowe, kukurydza, gryka, proso	1,00
groch, fasola, bobik, wyka, peluszką, łubin	1,20
gorczyca	1,50
rzepak, rzepik, słonecznik, soja, seradela, kminek	2,00
mak i len	2,50
konopie	1,40
burak cukrowy i pastewny, szpinak	3,00
trawy, lucerny i koniczyny	5,00
marchew i cykoria	10,00
Korzenie i bulwy	
burak cukrowy, ziemniak	0,25
burak pastewny, marchew pastewna, brukiew	0,12
Inne produkty	
len: nasiona + słoma	1,00
len: słoma	0,70
len: włókno	12,00
konopie: nasiona + słoma	0,70
konopie: słoma	0,50
konopie: włókno	6,00
Uprawy specjalne	
tytoń	2,00
chmiel	6,00
wiklina	0,50
zioła uprawne	4,00
Warzywa i owoce	
Warzywa (średnio):	0,20
kapusty, marchew, buraki ćwikłowe, pory, szpinak, pomidory, rzepa, rzodkiewka, rabarbar	0,15
selery, sałata, cykoria, brukselka, kalafior, cebula, ogórki, groch zielony	0,20
fasola zielona, szparagi, kalarepa	0,30
Owoce (średnio):	0,35
ziarnkowe	0,20
pestkowe	0,25
agrest, porzeczki, truskawki	0,50
maliny	0,75

cd. tab. 1

Wyszczególnienie	Liczba jednostek zbożowych w 100 kg produktu
Pasze gospodarskie	
Zielonki:	
koniczyna (w tym z trawami), lucerna	0,15
esparceta, peluszką, groch, wyka pastewna, łubin słodki, kukurydza, trawa łąkowa (średnio), wyka z owsem, seradela, kapusta pastewna, żyto, pastwisko, mieszanka gorzowska	0,12
słonecznik, rzepak, rzepik, gorczyca, proso	0,08
liście buraków (świeże)	0,10
Siano:	
koniczyna, lucerna, łubin słodki, mieszanka gorzowska, wyka z owsem	0,50
łąkowe (dobre), esparceta, wyka z żytem, żyto	0,40
Słoma i plewy:	
zbóż ozimych	0,10
zbóż jarych	0,15
motylkowatych	0,25

Źródło: Harasim, 2006 (3)

Omówienie wyników

Wskaźnik produktywności przeciętnej brutto – wykorzystywany do oceny efektywności nawożenia, między innymi w doświadczeniach, w których jednym z analizowanych czynników jest nawożenie roślin. Ponadto ze względu na charakter i zakres danych do jego obliczenia może być zastosowany do oceny przestrzennej efektywności nawożenia na różnych poziomach (kraj, region, województwo, powiat, gmina), w zależności od stopnia dostępności danych statystycznych. W niniejszej ocenie określono średni plon główny roślin uprawnych w jednostkach zbożowych z ha użytków rolnych (w dobrej kulturze). Do obliczenia średniego plonu w jednostkach zbożowych wykorzystano współczynniki przeliczeniowe produktów rolniczych na jednostki zbożowe zawarte w tabeli 1. Dysponując danymi odnośnie nawożenia w podziale na poszczególne makroskładniki, określono także efektywność nawożenia azotem, który uważany jest za główny składnik plonotwórczy nawożenia mineralnego (2, 14), co może potwierdzać jego wysoki (średnio o 58%) udział w nawożeniu mineralnym w latach 2011–2013 (15). Produkcyjność przeciętną brutto dla średnich wartości nawożenia za lata 2011–2013, w ujęciu krajowym, przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Produkcyjność przeciętna brutto nawożenia mineralnego w Polsce w latach 2011-2013

Wyszczególnienie	Polska
Nawożenie mineralne NPK ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR*)	134,3
Średni plon główny ($\text{j.zb.}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR)	37,5
Efektywność przeciętna brutto ($\text{j.zb.}\cdot\text{kg}^{-1}$ NPK)	0,28
Nawożenie mineralne N ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR*)	77,9
Średni plon główny ($\text{j.zb.}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR)	37,5
Efektywność przeciętna brutto ($\text{j.zb.}\cdot\text{kg}^{-1}$ N)	0,48

* UR w dobrej kulturze

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS (11, 15)

Dla średniego nawożenia w Polsce stosowanego w latach 2011–2013 na poziomie $134 \text{ kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dobrej kulturze i dla średniego plonu głównego z użytków rolnych w jednostkach zbożowych wynoszącego $37,5 \text{ j.zb.}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR, efektywność nawożenia mineralnego wynosiła $0,28 \text{ j.zb.}\cdot\text{kg}^{-1}$ NPK. Można stwierdzić, że na każdy kilogram NPK przypadało 28 kg plonu głównego, jakim może być np. ziarno zbóż. Natomiast efektywność liczona dla samego nawożenia azotem ($77,9 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dobrej kulturze) z uwzględnieniem średniego plonu głównego na poziomie $37,5 \text{ j.zb.}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dobrej kulturze była prawie dwukrotnie wyższa i wynosiła $0,48 \text{ j.zb.}\cdot\text{kg}^{-1}$ N.

W przypadku oceny nawożenia mineralnego w skali województw przedstawione wyżej zależności przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Tabela 3

Produkcyjność przeciętna brutto nawożenia mineralnego NPK według województw w latach 2011–2013

Wyszczególnienie	Nawożenie mineralne NPK ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR*)	Średni plon główny ($\text{j.zb.}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR*)	Produkcyjność przeciętna brutto ($\text{j.zb.}\cdot\text{kg}^{-1}$ NPK)
Dolnośląskie	164,9	45,7	0,28
Kujawsko-pomorskie	172,7	47,1	0,27
Lubelskie	126,9	36,0	0,28
Lubuskie	143,2	33,2	0,23
Łódzkie	145,1	36,3	0,25
Małopolskie	73,8	32,8	0,44
Mazowieckie	103,0	31,7	0,31
Opolskie	219,6	57,2	0,26
Podkarpackie	71,4	28,9	0,40
Podlaskie	99,2	30,2	0,30
Pomorskie	147,0	37,4	0,25
Śląskie	126,5	36,2	0,29
Świętokrzyskie	107,9	31,8	0,29

cd. tab. 3

Wyszczególnienie	Nawożenie mineralne NPK (kg·ha ⁻¹ UR*)	Średni plon główny (j.zb.·ha ⁻¹ UR*)	Produkcyjność przeciętna brutto (j.zb.·kg ⁻¹ NPK)
Warmińsko-mazurskie	115,5	33,8	0,29
Wielkopolskie	163,9	43,8	0,27
Zachodniopomorskie	167,5	37,7	0,23
Polska	134,3	37,5	0,28

* UR w dobrej kulturze

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS (11, 15)

Tabela 4

Produkcyjność przeciętna brutto nawożenia mineralnego azotem według województw
w latach 2011–2013

Wyszczególnienie	Nawożenie mineralne N (kg·ha ⁻¹ UR*)	Średni plon główny (j. zb.·ha ⁻¹ UR*)	Produkcyjność przeciętna brutto (j.zb.·kg ⁻¹ N)
Dolnośląskie	95,8	45,7	0,48
Kujawsko-pomorskie	109,6	47,1	0,43
Lubelskie	68,0	36,0	0,53
Lubuskie	76,7	33,2	0,43
Łódzkie	80,8	36,3	0,45
Małopolskie	39,4	32,8	0,83
Mazowieckie	61,1	31,7	0,52
Opolskie	121,7	57,2	0,47
Podkarpackie	38,3	28,9	0,75
Podlaskie	57,1	30,2	0,53
Pomorskie	89,4	37,4	0,42
Śląskie	74,4	36,2	0,49
Świętokrzyskie	58,7	31,8	0,54
Warmińsko-mazurskie	74,1	33,8	0,46
Wielkopolskie	94,9	43,8	0,46
Zachodniopomorskie	97,6	37,7	0,39
Polska	77,9	37,5	0,48

* UR w dobrej kulturze

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS (11, 15)

Województwami o najwyższej produkcyjności przeciętnej brutto nawożenia mineralnego NPK (obliczonej średnio dla lat 2011–2013) były województwa małopolskie (0,44 j.zb.·kg⁻¹ NPK) i podkarpackie (0,40 j.zb.·kg⁻¹ NPK), stosujące najniższe nawożenie mineralne i zarazem osiągające niskie plony przeliczeniowe z 1 ha powierzchni. Według Krasowicza i Kopińskiego (9) województwo podkarpackie charakteryzuje się najniższym wykorzystaniem potencjalnej produkcyjności gruntów w Polsce (54,9%) mierzonym stosunkiem rzeczywistej produkcji roślinnej

do relatywnie możliwej do osiągnięcia. Natomiast województwa, w których poziom stosowanego nawożenia mineralnego NPK był najwyższy (opolskie, kujawsko-pomorskie, wielkopolskie, dolnośląskie) charakteryzowały się produktywnością przeciętną brutto na poziomie zbliżonym do średniej dla Polski (0,26–0,28 j.zb·kg⁻¹ NPK). Należy zaznaczyć, że pod względem produkcji roślinnej woj. opolskie należało do najslabiej wykorzystujących potencjalną produktywność gruntów (9). Zgodnie z prawem malejących przychodów z ziemi efektywność kolejnych dawek nawozów maleje zgodnie z krzywą nawozową (6), co sprawia, że stosowanie wysokiego nawożenia mineralnego może powodować niższą produktywność przeciętną brutto. Należy jednak zauważyć, że czynnikami modyfikującymi działanie tego prawa są warunki siedliskowe oraz całokształt stosowanej technologii produkcji, tj. oprócz nawożenia – dobór odmian, stanowisko w zmianowaniu roślin, ochrona roślin oraz terminowość i precyzja stosowanych zabiegów agrotechnicznych (5). Trzecią grupę, o najniższej produktywności przeciętnej brutto nawożenia mineralnego, stanowiły województwa: lubuskie, zachodniopomorskie, łódzkie i pomorskie, stosujące nawożenie wyższe niż średnio w Polsce, ale osiągające stosunkowo niskie plony przeliczeniowe w jednostkach zbożowych. Z tej grupy woj. lubuskie i łódzkie w stosunkowo małym stopniu wykorzystywały swój potencjał produkcyjny (9).

W przypadku produktywności przeciętnej brutto nawożenia azotem (tab. 4), województwami o najwyższej wartości tego wskaźnika okazały się także województwa małopolskie (0,83 j.zb·kg⁻¹ N) i podkarpackie (0,75 j.zb·kg⁻¹ N), stosujące najniższe nawożenie azotem i osiągające relatywnie niskie plony przeliczeniowe z 1 ha powierzchni. Natomiast województwa, gdzie stosowano najwyższe nawożenie mineralne azotem (opolskie, dolnośląskie, wielkopolskie), charakteryzowały się produktywnością przeciętną brutto na poziomie zbliżonym do średniej dla Polski (0,46–0,48 j.zb·kg⁻¹ N). Grupę województw o najniższej produktywności przeciętnej brutto nawożenia mineralnego azotem stanowiły województwa: zachodniopomorskie, pomorskie, kujawsko-pomorskie, lubuskie i łódzkie, stosujące nawożenie wyższe niż średnio w Polsce, ale osiągające plony przeliczeniowe na poziomie zbliżonym do średniego dla Polski. Wyjątek stanowiło województwo lubuskie osiągające plon przeliczeniowy na poziomie 33,2 j.zb·ha⁻¹ UR (tab. 4) i w średnim stopniu wykorzystujące swój potencjał produkcyjny (58,9%) (9).

Wskaźniki produktywności przeciętnej netto oraz produktywności krańcowej (ze względu na sposób obliczania) mogą być wykorzystane do oceny efektywności nawożenia na ogół w doświadczeniach. Występuje w nich zarówno obiekt kontrolny pozwalający na określenie poziomu plonowania bez nawożenia, jak i obiekty z różnymi poziomami nawożenia oceniane w danej technologii produkcji roślinnej, co pozwala na określenie produktywności krańcowej. Przykład takiego rachunku przedstawiono w tabeli 5. Mamy tu do czynienia z oceną efektywności nawożenia mineralnego azotem z wykorzystaniem wskaźnika efektywności krańcowej technicznej (jako stosunku przyrostu plonu do przyrostu nawożenia azotowego wyrażonych

w kg), jak i ekonomicznej (jako stosunku przyrostu plonu do przyrostu nawożenia azotowego wyrażonych w zł).

Tabela 5

Plony i efektywność nawożenia mineralnego azotem pszenicy ozimej

Dawka N (kg·ha ⁻¹)	0	40	80	120	160	200
Plon ziarna (t·ha ⁻¹)	2,53	3,97	5,16	5,57	5,83	5,80
Efektywność przeciętna brutto (kg ziarna·kg ⁻¹ N)	-	99,3	64,5	46,4	36,4	29,0
Przyrost plonu (kg ziarna) (ΔP)	-	1440	1190	410	260	-30
Przyrost nawożenia (kg N) (ΔN)	-	40	40	40	40	40
Efektywność krańcowa techniczna (ΔP/ΔN)	-	36,0	29,8	10,3	6,5	-0,8
Wartość przyrostu plonu (zł) (ΔP)*	-	1014,0	838,0	288,7	183,1	-21,1
Koszt przyrostu nawożenia N (zł) (ΔN)*	-	159,6	159,6	159,6	159,6	159,6
Efektywność krańcowa ekonomiczna (zł·zł ⁻¹) (ΔP/ΔN)	-	6,35	5,25	1,81	1,15	-0,13

* średnie ceny w 2014 r. (ziarno pszenicy – 704,2 zł·t⁻¹; azot – 3,99¹ zł·kg⁻¹)

Źródło: Harasim, 2012 (4) oraz obliczenia własne na podstawie danych IERiGŻ-PIB (12)

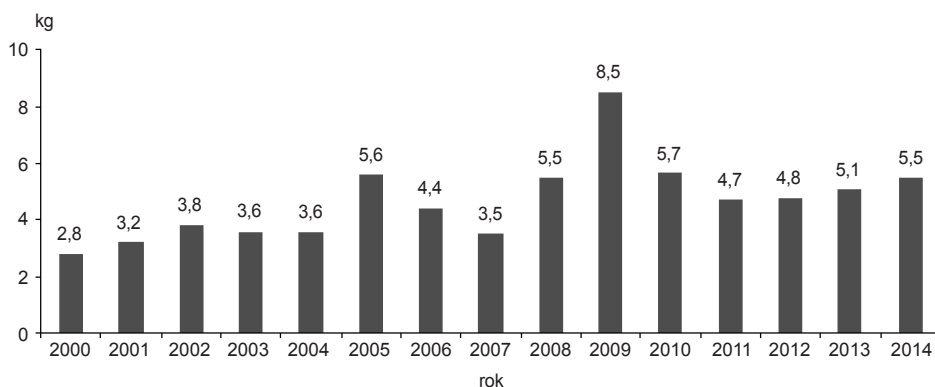
W przedstawionym przykładzie wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem przyrosty krańcowe plonu ziarna pszenicy malały z 1440 do 260 kg dla nawożenia dawką 160 kg N·ha⁻¹ (tab. 5). Natomiast nawożenie w ilości 200 kg N·ha⁻¹ powodowało ujemny przyrost plonu ziarna (-30 kg), czyli plon pszenicy uległ zmniejszeniu, co zarazem skutkowało zmniejszeniem jego wartości. Wyniki oceny zarówno technicznej, jak i ekonomicznej wskazują, że nawożenie pszenicy ozimej azotem w dawce powyżej 160 kg N·ha⁻¹ było nieefektywne. Dalsze zwiększanie nawożenia było więc ekonomicznie nieuzasadnione.

Wykorzystując wcześniej przywołany wzór na produktywność (efektywność) krańcową wyrażoną stosunkiem przyrostu plonu na jednostkę przyrostu nakładu (w tym przypadku poziomu nawożenia), równoważny stosunkowi jednostkowej ceny nawozu do ceny produktu (ziarna), można ustalić optymalny poziom nawożenia mineralnego zgodnie z równaniem:

$$\frac{\Delta P}{\Delta N} = \frac{CN}{CP}$$

Powyższą formułę obliczeniową można wykorzystać do wyrażenia ceny 1 kg nawozu w kilogramach równowartości wybranego produktu rolniczego (ziarno, mleko, mięso). Jeżeli za cenę nawozu przyjmie się cenę średnioroczną 1 kg NPK, a za cenę produktu rolnego cenę 1 kg ziarna pszenicy, to po przeliczeniu otrzyma się cenę 1 kg NPK wyrażoną w kg równowartości ziarna pszenicy. Wartość tego wskaźnika w poszczególnych latach przedstawiono na rysunku 1.

¹ Cenę azotu obliczono jako wypadkową cenę azotu zawartego w moczniku (3,53 zł·kg⁻¹ N) i saletrze (4,22 zł·kg⁻¹ N) w proporcji tego składnika w nawozach jak 1:2.



Rys. 1. Cena 1 kg NPK wyrażona w kg równowartości ziarna pszenicy w latach 2000–2014

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych IERiGŻ-PIB (13)

W analizowanym okresie (2000–2014) cena 1 kg NPK wyrażona w kg ziarna pszenicy ulegała znacznym wahaniom. Najkorzystniejsza relacja średniej ceny składników NPK do ceny pszenicy występowała w roku 2000 (relacja 1:2,8), a następnie w roku 2007, kiedy to można było zaobserwować znaczący wzrost cen pszenicy przy niewielkim wzroście cen nawozów (grudzień 2006 r. do grudnia 2005 r.) wynoszącym od $-1,8$ do $6,1\%$ (tab. 6). Natomiast najmniej korzystna relacja była w roku 2009, kiedy to cenę 1 kg NPK równoważyło aż 8,5 kg ziarna pszenicy, tj. ponad 2,4 razy więcej niż w stosunkowo korzystnym roku 2007. Ta niekorzystna sytuacja wynikała przede wszystkim z wystąpienia w tym samym czasie dwóch przeciwstawnych czynników: wysokiej podwyżki cen nawozów oraz znacznego spadku cen skupu zbóż. Ceny podstawowych nawozów mineralnych w relacji grudzień 2008 r. do grudnia 2007 r. wzrosły z $38,1\%$ (saletra amonowa) aż do $130,8\%$ (superfosfat potrójny granulowany). Najniższym wzrostem, zbliżonym do saletry, charakteryzowały się pozostałe nawozy azotowe (mocznik i saletrzak), natomiast najwyższym (oprócz superfosfatu potrójnego), także fosforan amonu oraz polifoska (NPK: 8-24-24), głównie nawozy fosforowe. Natomiast cena skupu ziarna pszenicy z $706,8 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$ w korzystnym roku 2007 spadła do $642,4 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$ w 2008 r., aby w 2009 r. osiągnąć wartość $482,6 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$, to jest o $31,7\%$ niższą w porównaniu z występującą w 2007 r. Możemy stwierdzić, że od roku 2011 następuje powolny wzrost relacji ceny ziarna pszenicy do ceny 1 kg NPK w nawozach mineralnych, która w 2014 r. wynosiła 5,5 kg pszenicy (rys. 1).

Wskaźnik ten pozwala na analizę efektywności nawożenia mineralnego w poszczególnych okresach poprzez relatywne porównanie jego wartości z jednoczesnym odniesieniem do cen nawozów oraz cen skupu produktów rolnych (np. zbóż). Z analizy tej wynika, iż w ostatnich 4 latach produkcja pszenicy oraz pozostałych zbóż staje się coraz mniej opłacalna.

Tabela 6

Wskaźniki zmian cen nawozów mineralnych w miesiącu grudniu w latach 2000–2013 (%)

Wyszczególnienie	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	grudzień roku poprzedniego = 100%													
Saetrzak (28% N)	110,5	117,9	109,4	91,2	127,4	96,8	103,6	109,4	143,3	82,2	109,4	131,9	101,8	94,5
Saletra amonowa (34% N)	114,6	116,0	97,9	107,1	131,7	98,1	106,1	111,0	138,1	81,7	107,5	130,9	105,7	96,2
Mocznik nawozowy (46% N)	112,1	116,4	96,2	107,5	129,1	101,3	102,6	114,6	143,7	77,1	111,4	123,0	105,6	96,3
Superfosfat gran. potrójny (40% P ₂ O ₅)	100,7	105,9	96,5	99,2	101,6	91,4	99,9	122,7	230,8	79,8	86,8	110,8	102,8	94,4
Superfosfat gran. (ok. 20% P ₂ O ₅)	105,8	110,8	100,9	102,0	135,4	101,7	102,6	117,7	181,2	90,1	82,3	108,5	106,4	97,3
Fosforan amonu (18% N i 46% P ₂ O ₅)	110,5	101,5	96,7	99,7	108,7	99,3	101,9	126,1	210,2	61,5	108,8	117,6	104,7	90,3
Polifoska (8% N, 24% P ₂ O ₅ i 24% K ₂ O)	101,7	105,5	101,0	102,8	104,9	101,9	104,2	111,2	207,3	71,9	97,7	117,3	107,5	95,5
Sól potasowa (60% K ₂ O)	108,3	101,8	98,2	101,0	141,5	106,8	98,2	118,0	188,6	101,0	84,7	115,2	104,1	92,4

Źródło: IERiGŻ-PIB (12)

Ważnym elementem rachunku ekonomicznego jest określenie **stopnia opłacalności**. W rachunku ekonomicznym stosujemy obliczanie wartości ekonomicznych, bazując na rzeczywistych danych pochodzących z gospodarstwa, lub ich kalkulację, która zwykle dotyczy wartości oczekiwanych lub planowanych. Według Harasima (4), na podstawie kalkulacji można określić wielkość produkcji, poziom kosztów i dochodów, stopień opłacalności, wpływ zmian technologii na opłacalność produkcji itp.

Kalkulacje mogą dotyczyć kosztów, opłacalności i skutków zmian dokonywanych w organizacji gospodarstwa. Kalkulacja opłacalności polega na ustaleniu wartości produkcji (P) i jej kosztu (K_p), a stosunek obu tych wielkości (wyrażony w %) nazywa się wskaźnikiem opłacalności (W_o), obliczanym według wzoru:

$$W_o = \frac{P}{K_p} \cdot 100$$

Dysponując danymi odnośnie nawożenia mineralnego w czystym składniku na jednostkę powierzchni oraz średniego plonu przeliczeniowego z 1 ha UR, można obliczyć wskaźnik opłacalności brutto produkcji roślinnej ogółem (tab. 7). Analizę taką, dla celów porównań relatywnych, w zależności od stopnia dostępności danych statystycznych można wykonać zarówno w ujęciu przestrzennym, jak i czasowym. Pamiętać jednak należy, iż wielkość tak obliczonego wskaźnika opłacalności nie będzie porównywalna do wskaźnika obliczanego dla wybranych technologii produkcji roślinnej. W obliczeniach tych są bowiem uwzględniane jedynie koszty samych nawozów mineralnych, podczas gdy w obliczeniach nadwyżki bezpośredniej (pierwszej kategorii rachunku ekonomicznego gospodarstwa) uwzględnia się dodatkowo koszt nasion do siewu, środków ochrony roślin oraz koszty specjalistyczne.

Wartość 1 kg NPK obliczono na podstawie danych zawartych na rysunku 1 i ceny 1 kg pszenicy w 2014 r. (12):

$$5,5 \text{ kg} \times 0,7042 \text{ zł} \cdot \text{kg}^{-1} = 3,87 \text{ zł} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ NPK}$$

Natomiast do ustalenia wartości plonu podanego w jednostkach zbożowych przyjęto założenie, iż wartość 1 jednostki zbożowej jest równa cenie 1 decytony jęczmienia².

Otrzymany wskaźnik opłacalności w odniesieniu dla Polski był stosunkowo wysoki i osiągał wartość 485% (tab. 8). Jednak, jak już wcześniej zaznaczono, jego wartość nie może być porównywana ze wskaźnikami opłacalności osiąganymi w przypadku oceny technologii produkcji roślinnej.

² 671,8 zł – cena 1 t ziarna jęczmienia.

Tabela 7

Wskaźnik opłacalności brutto produkcji roślinnej według województw średnio w latach 2011–2013

Wyszczególnienie	Nawożenie mineralne NPK (kg·ha ⁻¹ UR*)	Wartość nawożenia mineralnego NPK (zł·ha ⁻¹ UR*)	Średni plon główny (j.zb·ha ⁻¹ UR)	Wartość średniego plonu głównego (zł·ha ⁻¹ UR*)	Wskaźnik opłacalności brutto nawożenia mineralnego NPK (%)
Dolnośląskie	164,9	638	45,7	3070	481
Kujawsko-pomorskie	172,7	668	47,1	3164	473
Lubelskie	126,9	491	36,0	2418	492
Lubuskie	143,2	554	33,2	2230	402
Łódzkie	145,1	562	36,3	2439	434
Małopolskie	73,8	286	32,8	2204	772
Mazowieckie	103,0	399	31,7	2130	534
Opolskie	219,6	850	57,2	3843	452
Podkarpackie	71,4	276	28,9	1942	703
Podlaskie	99,2	384	30,2	2029	528
Pomorskie	147,0	569	37,4	2513	442
Śląskie	126,5	490	36,2	2432	497
Świętokrzyskie	107,9	418	31,8	2136	512
Warmińsko-mazurskie	115,5	447	33,8	2271	508
Wielkopolskie	163,9	634	43,8	2942	464
Zachodniopomorskie	167,5	648	37,7	2533	391
Polska	134,3	520	37,5	2519	485

* UR w dobrej kulturze

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS (11, 15) oraz IERiGŻ-PIB (12)

Podobnie jak w przypadku produktywności przeciętnej brutto nawożenia mineralnego NPK, do województw o najwyższym wskaźniku opłacalności produkcji roślinnej należały woj. małopolskie (772%) i podkarpackie (703%), które stosowały najniższe nawożenie mineralne rzutujące bezpośrednio na wysokość ponoszonych kosztów. Natomiast najniższy wskaźnik opłacalności miały woj. zachodniopomorskie (391%) i lubuskie (402%). W województwie zachodniopomorskim uzyskano średni plon zbliżony do osiąganego średnio w Polsce, jednak przy znacznie wyższym od przeciętnego nawożeniu NPK (ponad 33 kg NPK·ha⁻¹ UR) bezpośrednio wpływającym na zwiększenie kosztów bezpośrednich i tym samym zmniejszającym wartość wskaźnika opłacalności. Natomiast województwa o najwyższym poziomie nawożenia mineralnego NPK, tj. opolskie (219,6 kg NPK·ha⁻¹ UR) i kujawsko-pomorskie (172,7 kg NPK·ha⁻¹ UR), mimo wysokich plonów przeliczeniowych osiągniętych w produkcji roślinnej na poziomie odpowiednio: 57,2 i 47,1 j.zb·ha⁻¹ UR, charakteryzowały się wskaźnikiem opłacalności produkcji roślinnej na poziomie nieznacznie niższym niż przeciętnie dla Polski (odpowiednio: 452 i 473%).

Rachunek nadwyżki bezpośredniej to obecnie najczęściej stosowana, z racji swej prostoty, metoda rachunku opłacalności zmian w działalności bieżącej gospodarstwa. Może być także sposobem wyboru bardziej opłacalnej gałęzi produkcji w gospodarstwie (zarówno roślinnej, jak i zwierzęcej). Nadwyżka bezpośrednia liczona jest zgodnie z formułą:

$$Nb = Ppt - Kz(s)$$

gdzie:

Nb – nadwyżka bezpośrednia,

Ppt – wartość produkcji potencjalnie towarowej,

Kz(s) – koszty zmienne (lub specjalne).

Pozostałe metody, tj.: rachunek kosztów jednostkowych, kalkulacje różnicowe, rachunek marginalny, rachunek substytucji czy rachunek kosztów alternatywnych, są rzadziej stosowane (4).

Nadwyżka bezpośrednia, mimo iż nie stanowi dochodu rolników, jest kategorią rachunku ekonomicznego wskazującą na relatywnie bardziej opłacalne kierunki produkcji. W celu osiągnięcia lepszej porównywalności opłacalności poszczególnych działalności produkcji można stosować przeliczanie wartości nadwyżki bezpośredniej na jednostkę powierzchni, godzinę pracy i 1 zł kosztów zmiennych. Z uwagi na fakt, iż do jej obliczenia potrzebne są dane o kosztach bezpośrednich w określonej gałęzi produkcji, a w przypadku kraju lub też jednostek administracyjnych oszacowanie takich kosztów może nastęrczać wiele trudności (koszty nasion do siewu i środków ochrony roślin, koszty specjalistyczne), metoda ta może być wykorzystywana na przykład do oceny opłacalności technologii produkcji roślinnej w gospodarstwie rolniczym (tab. 8). Należy jednak zaznaczyć, iż Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB w Warszawie w celu typologii gospodarstw rolnych według unijnych standardów, polegającej m.in. na określaniu wielkości ekonomicznej gospodarstwa, podjął próbę oszacowania współczynników standardowej nadwyżki bezpośredniej dla czterech homogenicznych regionów Polski: Pomorze i Mazury, Wielkopolska i Śląsk, Mazowsze i Podlasie oraz Małopolska i Pogórze (18).

Tabela 8

Obliczanie nadwyżki bezpośredniej w zakresie produkcji roślinnej (pszenica ozima)

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostki miary	Działalność: produkcja pszenicy oz.		
			liczba jednostek	cena* (zł)	wartość (zł)
I. Produkcja potencjalnie towarowa					
1.	Plon główny	t	5,5	762	4191
2.	Plon uboczny	t	4,0	150	600
3.	Dopłaty bezpośrednie	zł	x	x	985
Razem wartość prod. potencjalnie towarowej			x	x	5776

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostki miary	Działalność: produkcja pszenicy oz.		
			liczba jednostek	cena* (zł)	wartość (zł)
II. Koszty zmienne					
1.	nasiona	kg	250	2,0	500
2.	Nawozy mineralne:		x	x	1011
	- N	kg	120	4,1	492
	- P ₂ O ₅	kg	60	4,3	258
	- K ₂ O	kg	90	2,9	261
3.	Środki ochrony roślin:		x	x	450
	- herbicydy	kg, l			
	- fungicydy	kg, l			
	- zoocydy	kg, l			
	- retardanty	kg, l			
4.	Usługi:		x	x	605
	- opryski	h	-	-	-
	- kombajnowanie	kmh	1,3	350	455
	- prasowanie słomy	cnh	1	150	150
5.	Siła pociągowa	cnh	18	60	1080
6.	Najem siły roboczej	rbh	5	8	40
7.	Nakłady siły roboczej własnej	rbh	30	x	x
Razem koszty zmienne		zł	x	x	3686
III. Nadwyżka bezpośrednia:					
	- na 1 ha	zł	x	x	2090
	- na 1 rbh własną	zł	x	x	70
	- na 1 zł kosztów zmiennych	zł	x	x	0,6
IV.	Koszty zmienne na 1 t produktu	zł	x	x	670
V.	Wskaźnik opłacalności bezpośredniej	%			157

* wg cen z 2014 r.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych IERiGŻ-PIB (12, 13)

Wartość nadwyżki bezpośredniej w przeliczeniu na 1 ha w uprawie pszenicy ozimej według cen z 2014 r. wyniosła 2090 zł·ha⁻¹, a wskaźnik opłacalności bezpośredniej dla tej technologii produkcji kształtował się na poziomie 157%. Technologia produkcji pszenicy ozimej charakteryzowała się wielkością nadwyżki na 1 roboczogodzinę pracy własnej na poziomie 70 zł·rbh⁻¹.

Narzędziem pozwalającym uzyskać odpowiedź na pytanie, czy zastąpienie jednej działalności produkcyjnej drugą, jednej technologii kolejną, czy też jednej skali produkcji inną, bądź też czy efekty finansowe tej zamiany pogorszą się czy polepszą, jest **kalkulacja różnicowa** (tab. 9). Jest to kalkulacja niepełna, uwzględniająca koszty zmienne lub specjalne ponoszone na osiągnięcie planowanych efektów produkcyjnych lub ekonomicznych, w której pomija się koszty o charakterze stałym.

Tabela 9

Kalkulacja różnicowa opłacalności zastąpienia nawożenia mineralnego azotem w formie nawozów stałych nawozami płynnymi (RSM) na przykładzie uprawy pszenicy ozimej

Wyszczególnienie	Wartość (zł·ha ⁻¹)	
	nawożenie N w formie stałej	nawożenie N w formie płynnej (RSM)
I. Koszty zmienne (A):		
1. Nasiona	500	500
2. Nawozy mineralne	1011	915*
3. Środki ochrony roślin	450	450
4. Usługi zewnętrzne	605	500
5. Siła pociągowa	1080	1080
Razem	3646	3445
II. Wartość produkcji (B)	4791	4791
III. Nadwyżka bezpośrednia (B – A)	1145	1346

* cena RSM (32% N) – 1050 zł·t⁻¹ (16); cena 1 kg N – 3,28 zł·kg⁻¹

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IERiGŻ-PIB (12, 13)

W przypadku porównania dwóch form nawożenia mineralnego azotem (tab. 9) można stwierdzić, że stosowanie nawozów w formie płynnej daje wyższą nadwyżkę bezpośrednią na 1 ha powierzchni uprawy (1346 zł·ha⁻¹), co wskazuje na wyższą opłacalność tej techniki mineralnego nawożenia azotem niż nawozów aplikowanych w formie stałej.

Podsumowanie

Wskaźnik produktywności przeciętnej brutto oprócz wykorzystania do oceny efektywności nawożenia w doświadczeniach nawozowych, ze względu na charakter i zakres danych do jego obliczenia, może być także stosowany do oceny przestrzennej efektywności nawożenia na różnych poziomach (kraj, region, województwo, powiat, gmina), w zależności od stopnia dostępności danych statystycznych. Województwami o najwyższej produktywności przeciętnej brutto dla średniego nawożenia mineralnego NPK obliczonego dla lat 2011–2013 były małopolskie i podkarpackie, stosujące najniższe nawożenie mineralne i charakteryzujące się najniższym wykorzystaniem potencjału produkcyjnego rolnictwa w Polsce. Natomiast województwa, gdzie poziom stosowanego nawożenia mineralnego NPK był najwyższy (opolskie, kujawsko-pomorskie, wielkopolskie, dolnośląskie), charakteryzowały się produktywnością przeciętną brutto nawożenia mineralnego na poziomie zbliżonym do średniego dla Polski. Trzecią grupę województw, o najniższej produktywności przeciętnej brutto nawożenia mineralnego, stanowiły województwa: lubuskie, zachodniopomorskie, łódzkie i pomorskie, stosujące nawożenie na poziomie wyższym niż średnio w Polsce, ale osiągające stosunkowo niskie plony przeliczeniowe w jednostkach zbożowych. Relacje między

poszczególnymi województwami w zakresie przeciętnej produktywności nawożenia mineralnego należy wiązać z prawem malejących przyrostów plonu, gdyż wielkość plonu nie wzrasta proporcjonalnie do wzrostu poziomu nawożenia (dawki nawozu).

Wskaźniki produktywności przeciętnej netto i produktywności krańcowej (ze względu na formę obliczania) mogą być wykorzystywane do oceny efektywności nawożenia przede wszystkim w doświadczeniach, gdzie występuje zarówno obiekt kontrolny (bez nawozu), jak i obiekty z różnymi poziomami nawożenia, co pozwala na określenie produktywności krańcowej.

Wykorzystując wzór na produktywność (efektywność) krańcową wyrażoną stosunkiem przyrostu plonu na jednostkę przyrostu nakładu (np. nawożenia), równoważny stosunkowi jednostkowej ceny nawozu do ceny produktu, możemy ustalić optymalny poziom nawożenia mineralnego. Stosunek ten przedstawia zarazem cenę 1 kg składnika nawozowego wyrażoną w kilogramach wybranego produktu rolniczego (np. ziarno pszenicy). W latach 2000–2014 najkorzystniejsza relacja ceny NPK do ceny ziarna pszenicy występowała w roku 2000 (relacja 1:2,8). Natomiast najmniej korzystna relacja była w roku 2009, kiedy to cenę 1 kg NPK równoważyło aż 8,5 kg ziarna pszenicy, tj. ponad 2,4 razy więcej niż w stosunkowo korzystnym roku 2007 (1:3,5).

W przypadku stopnia opłacalności ocenianego na podstawie kalkulacji, czy też obliczeń wartości ekonomicznych bazujących na rzeczywistych danych pochodzących z gospodarstwa rolnego, można przeprowadzić analizę służącą do celów porównań relatywnych. Ważne jest jednak, by pamiętać, iż wielkość tak obliczonego wskaźnika nie będzie porównywalna do wyników oceny w wybranych technologiach produkcji roślinnej.

Podobnie jak w przypadku produktywności przeciętnej brutto nawożenia mineralnego NPK województwami o najwyższym wskaźniku opłacalności brutto produkcji roślinnej były woj. małopolskie i podkarpackie, stosujące najniższe nawożenie mineralne. Natomiast najniższy wskaźnik opłacalności miały województwa zachodniopomorskie i lubuskie. Województwa o najwyższym poziomie nawożenia mineralnego NPK, tj. opolskie i kujawsko-pomorskie, mimo wysokich plonów przeliczeniowych, charakteryzowały się wskaźnikiem opłacalności produkcji roślinnej na poziomie nieznacznie niższym niż przeciętnie dla Polski.

Innym sposobem wyboru bardziej opłacalnej gałęzi produkcji w gospodarstwie może być rachunek nadwyżki bezpośredniej. Jednak z uwagi na fakt, iż do jej obliczenia potrzebne są dane o ponoszonych kosztach bezpośrednich, a ich oszacowanie może narażać na trudności, metoda ta może być wykorzystywana głównie do oceny opłacalności technologii produkcji roślinnej w gospodarstwie rolniczym. Natomiast zastosowanie kalkulacji różnicowej w rachunku ekonomicznym pozwala uzyskać odpowiedź na pytanie, czy zastąpienie technologii z nawożeniem mineralnym jest bardziej opłacalne w przypadku nawozów azotowych w postaci stałej, czy też płynnej (RSM). Analiza wykazała, iż nawożenie nawozami w formie płynnej daje o 17,5% wyższą nadwyżkę bezpośrednią na 1 ha powierzchni uprawy.

Literatura

1. D u e r I., F o t y m a M., M a d e j A. (red.): Kodeks dobrej praktyki rolniczej. MRiRW-MŚ, Wyd. FAPA Warszawa, 2002.
2. F o t y m a E.: Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. I. Zboża. Pam. Puł., 1988, **76**: 27-40.
3. H a r a s i m A.: Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie. IUNG-PIB Puławy, 2006.
4. H a r a s i m A.: Rachunek ekonomiczny w gospodarstwie rolniczym. Mat. szkol., IUNG-PIB Puławy, 2012, **99**.
5. H a r a s i m A.: Technologia jako czynnik kształtujący wykorzystanie potencjału produkcyjnego rolnictwa. Pam. Puł., 2003, **132**: 87-104.
6. J ó z w i a k W.: Efektywność nawożenia. Krzywa nawozowa. W: Encyklopedia agrobiznesu. A. Woś (red.), Fundacja Innowacja, Warszawa, 1998: 152.
7. K l e p a c k i B.: Wybrane pojęcia z zakresu organizacji gospodarstw, produkcji i pracy w rolnictwie. SGGW Warszawa, 1997.
8. K o p i ń s k i J.: Zróżnicowanie nawożenia jako miara intensywności produkcji roślinnej w regionach. Wieś Jutra, 2006, **6(95)**: 15-17.
9. K r a s o w i c z S., K o p i ń s k i J.: Wpływ warunków przyrodniczych i ekonomiczno-organizacyjnych na regionalne zróżnicowanie rolnictwa w Polsce. Raporty PIB, IUNG-PIB Puławy, 2006, **3**: 81-99.
10. K u ś J.: Specjalizacja gospodarstw rolnych i jej konsekwencje produkcyjne, ekonomiczne i siedliskowe. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2013, **32(6)**: 167-185.
11. Produkcja upraw rolnych i ogrodnich. GUS Warszawa, 2012-2014.
12. Rynek rolny. IERiGŻ-PIB Warszawa, 2000-2015; **1-12**.
13. Rynek środków produkcji dla rolnictwa. IERiGŻ-PIB Warszawa, 2000-2015; **17-42**.
14. S u ł e k A., P o d o l s k a G., L e s z c z y ń s k a D., N o w o r o l n i k K.: Reakcja zbóż na nawożenie azotem. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **9**: 29-36.
15. Środki produkcji w rolnictwie. GUS Warszawa, 2012-2014.
16. <http://agro-technika.pl/ceny-nawozow-mineralnych-w-grudniu/>
17. Ustawa z dnia 26 lipca 2000 r. o nawozach i nawożeniu. Dz. U. Nr 89, poz. 991 (z późn. zm.).
18. Z i ę t e k I: Współczynniki standardowej nadwyżki bezpośredniej „2004” dla typologii gospodarstw rolnych w Polsce. IERiGŻ-PIB Warszawa, 2008; **88**.

Adres do korespondencji:

dr inż. Andrzej Madej
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 809
e-mail: amjan@iung.pulawy.pl

