

**Dionizy Niezgoda**

*Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej*

## **EKONOMICZNOŚĆ SUBSTYTUCJI UŻYTKÓW ROLNYCH NAWOZAMI MINERALNYMI W PROCESIE PRODUKCJI ROŚLINNEJ TOWAROWYCH GOSPODARSTW ROLNYCH**

*ECONOMIC EFFECTS OF SUBSTITUTION BETWEEN LAND AND MINERAL  
FERTILIZERS IN CROP PRODUCTION PROCESS OF COMMODITY FARMS*

**Słowa kluczowe:** towarowe gospodarstwa rolne, produkcja roślinna, substytuty, funkcja Cobb-Douglasa

*Key words:* cash crop farms, plant production, substitutes, Cobb-Douglas function

**Abstrakt.** Celem opracowania była analiza substytucji użytków rolnych nawozami mineralnymi w towarowych gospodarstwach rolnych realizujących proces produkcji roślinnej w latach 2010 i 2012. Oba te czynniki są rodzajami kapitału o różnym spektrum oddziaływań bezpośrednich na wzrost roślin. Posłużono się danymi liczbowymi z gospodarstw prowadzących książki rachunkowe dla potrzeb PL FADN. Potwierdzono celowość substytucji ziemi nawozami mineralnymi w towarowych gospodarstwach rolnych.

### **Wstęp**

Podstawą substytucji są wybory indywidualne dokonywane przez producentów oraz konsumentów. Krugman i Wells wskazali, że są one w sferze produkcji i konsumpcji podejmowane w oparciu o następujące zasady: „1) zasoby są ograniczone; 2) rzeczywistym kosztem czegoś jest wartość tego, z czego zrezygnowałeś, aby to zdobyć; 3) odpowiedzią na pytanie ile, jest decyzja krańcowa; 4) ludzie zwykle wykorzystują okazję, aby poprawić swoją sytuację” [2012]. Podkreśla to ścisły związek między mechanizmem substytucji a teorią ekonomii neoklasycznej. Porter udowodnił że „substytucja jest jedną z pięciu sił konkurencji determinujących poziom rentowności branży, (...) jak też określających górny poziom cen” czynników i produktów na rynku [2006]. Szczególną rolę w procesie substytucji odgrywają wiedza i przedsiębiorcza postawa rolników. Dzięki nim dokonuje się włączanie substytutów w proces produkcyjny w gospodarstwach rolnych. Z reguły sprzyja to obniżaniu kosztów produkcji. Ma to istotne znaczenie, ponieważ właściciele bioproduktów roślinnych są „cenobiorcami”. „Cenodawcy” zmieniając cenę bioproduktu roślinnego wywołują zmianę wielkości podaży. Oznacza to, że „cenodawcy” ograniczając zmiany podaży powodują stabilizację rynku, co przy nadwyżce podaży nad popytem nie sprzyja wykorzystywaniu rynku do wzrostu nadwyżki producenta. Ogranicza to możliwość akumulacji kapitału w gospodarstwach oraz podważa jedną z głównych zasad gospodarki rynkowej, w myśl której właściciel produktu jest „cenodawcą”. W wyniku wdrożenia innowacji w rolnictwie osiągnięto wysoki poziom wzrostu podaży<sup>1</sup>. Spowodowało to obniżenie dochodów i ograniczyło możliwości intensyfikacji substytucyjności między czynnikami produkcji. Zdaniem Czyżewskiego [2007] mechanizm ten prowadzi do dyskryminacji rolników w wymianie rynkowej.

<sup>1</sup> „Popyt na produkty rolnictwa ma tendencję do wzrostu powolniejszego od imponującego wzrostu podaży generowanego przez postęp techniczny. W rezultacie konkurencyjne ceny produktów rolniczych mają tendencję do spadku. Co więcej, przy cenowej nieelastyczności popytu dochody w rolnictwie spadają przy wzroście podaży” [Samuelson, Nordhaus 2004].

## Material i metodyka badań

Celem opracowania była ekonomiczna ocena substytucji między dwoma składnikami kapitału, tj. użytkami rolnymi i nawozami mineralnymi. Czynniki ziemi jest dość stabilny jedynie w pojedynczym gospodarstwie, natomiast w badanej próbie może być traktowany jako czynnik zmienny. Nawozy mineralne są bez wątpienia czynnikiem zmiennym nie tylko w badanej próbie gospodarstw, ale także w każdym z nich. Ogólne prawo substytucji wskazuje, że „im rzadsze jest dobro, tym większa jego wartość jako substytutu; jego użyteczność krańcowa rośnie w stosunku do krańcowej użyteczności dobra, które występuje w obfitości” [Samuelson, Nordhaus 2004].

Ziemia ze względu na szczególne jej użyteczności, np. formy, czasu, miejsca i posiadania [Dębińska 2011], jest tym czynnikiem, o który „toczy się intensywna konkurencja między różnymi jej użytkownikami” [Niezgoda 2014]. Uwarunkowanie to wskazuje na potrzebę oszczędnego gospodarowania zasobami ziemi przeznaczonymi na potrzeby ludzi i zwierząt<sup>2</sup>. Innym czynnikiem ograniczającym zakres substytucji w produkcji roślinnej są zmiany klimatyczne<sup>3</sup> i nasilające się problemy braku wody, co istotnie obniża poziom i jakość plonów roślin, a przez to i przychodów rolników.

Badania przeprowadzono w latach 2010 i 2011 w towarowych gospodarstwach rolnych w Polsce prowadzących książki rachunkowe dla potrzeb FADN. Gwarantowało to wysoki poziom reprezentatywności danych liczbowych. Ponieważ te dane uzyskano w gospodarstwach bardzo dobrych, wyniki analizy mogą być przydatne jako wsparcie decyzji dla gospodarstw o niższym poziomie intensywności produkcji roślinnej. Badana próba towarowych gospodarstw rolnych liczyła w 2010 roku 8583, a w 2011 roku 8378 gospodarstw. W opracowaniu posłużono się symbolami cech nadanymi przez polski FADN.

W badaniach substytucji między czynnikami produkcji posłużono się następującymi metodami:

- 1) studiami literaturowymi z zakresu mikroekonomii;
- 2) modelem funkcji Cobba-Douglasa<sup>4</sup>; estymacji parametrów tej funkcji dokonano przy pomocy programu statystycznego GRETL, dzięki któremu oszacowano równania regresji, w których zmienną zależną była produkcja roślinna (w zł) – SE135, a cechami niezależnymi – powierzchnia użytków rolnych (w ha) – SE025, nawozy mineralne (w zł) – SE295 oraz środki ochrony roślin (w zł) – SE300;
- 3) analizy jakościowej;
- 4) analizy porównawczej poziomej i pionowej.

Dużą zaletą funkcji Cobba-Douglasa jest możliwość ustalenia racjonalnego kierunku substytucji między substytutami. Sposób analizy substytucji między SE025 i SE295 przy ustalonym poziomie SE135 i SE300 przedstawiono w wynikach badań.

## Wyniki badań

Spośród wielu czynników procesu produkcji roślinnej wybrano kilka, które mają decydujący wpływ na przyrost produkcji SE135. Podstawą analizy substytucji w badanych gospodarstwach były dane liczbowe zestawione w tabeli 1, a odnoszące się do przeciętnego gospodarstwa w obydwu próbach.

<sup>2</sup> W Polsce w 2000 roku na jednego mieszkańca przypadało 0,4 ha gruntów ornych, a w 2010 roku tylko 0,3 ha [Rocznik statystyczny 2013, s. 369].

<sup>3</sup> W ciągu około dziesięciu lat na skutek zmian klimatycznych o charakterze lokalnym i krajowym wyróżnia się nasilenie następujących rodzajów ryzyk coraz intensywniej oddziaływujących na obniżenie efektywności gospodarstw, w tym substytucji: „1) ryzyko dla łańcuchów dostaw; 2) ryzyko produktowe i technologiczne; 3) ryzyko odpowiedzialności prawnej; 4) ryzyko utraty reputacji; 5) ryzyko fizyczne; 6) ryzyko regulacyjne” [Lash, Wellington 2008].

<sup>4</sup> „Teoria przedsiębiorstwa ujęta jest za pomocą funkcji produkcji oraz równań produktywności krańcowej – jako konsekwencja maksymalizacji zysku. Zysk, produkcja i nakłady są mierzalnymi elementami tej teorii i możliwe jest szacowanie występujących między nimi zależności, które stanowią empiryczny odpowiednik równań stworzonych przez teorię ekonomii [Klein 1965].

Tabela 1. Statystyczna charakterystyka badanych cech w towarowych gospodarstwach rolnych w latach 2010 i 2011

*Table 1. The statistical characteristics of studied attributes in commodity farms in 2010 and 2011*

Symbol cechy według PL FADN/ <i>Symbol features of PL FADN</i>	Jedn. miary/ <i>Units</i>	2010		2011	
		średnia arytmetyczna/ <i>arithmetic average</i>	współczynnik zmienności/ <i>coefficient of variation</i>	średnia arytmetyczna/ <i>arithmetic average</i>	współczynnik zmienności/ <i>coefficient of variation</i>
SE135	zł/PLN	100 278,0	1,61	115 559,0	1,57
SE025	ha	36,3	1,18	36,4	1.17
SE295	zł/PLN	17 904,3	1,64	20 784,6	1,59
SE300		7 762,0	2,07	8 261,4	1.95

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych PL FADN

*Source: own calculations based on PL FADN*

Z tabeli 1 wynika, że produktywność całkowita w roku 2011 uległa poprawie w stosunku do roku 2010. W omawianym czasie zwiększony został poziom czynników zmiennych SE295 i SE300, tj. nawożenia i ochrony roślin. Z kolei ustabilizowany poziom powierzchni użytków rolnych (UR) wskazuje, że rolnicy poszukiwali możliwości poprawy swej sytuacji dochodowej nie przez koncentrację ziemi, lecz jej substytucję głównie czynnikiem SE295. Ponadto w drugim roku badań stopień zmienności badanych cech uległ ograniczeniu. Było to związane z przechodzeniem gospodarstw z okresu kryzysu do ożywienia gospodarczego.

Przedstawiona w tabeli 1 statystyczna charakterystyka nasilenia badanych cech nie wyjaśnia jak kształtowała się elastyczność produkcji względem analizowanych czynników, a to istotnie utrudnia możliwość oceny substytucji i jej zmian w badanych latach. W związku z tym oszacowano równania regresji typu Cobba-Douglasa:

Rok 2010:

$$SE135 = 151,0484 \cdot SE025^{0,2056} \cdot SE295^{0,1561} \cdot SE300^{0,4704}$$

$$P \quad \quad \quad 0,0000 \quad \quad \quad 0,0000 \quad \quad \quad 0,0000$$

$$R^2 = 0,7060$$

Rok 2011:

$$SE135 = 233,6677 \cdot SE025^{0,3102} \cdot SE295^{0,1505} \cdot SE300^{0,3986}$$

$$P \quad \quad \quad 0,0000 \quad \quad \quad 0,0000 \quad \quad \quad 0,0000$$

$$R^2 = 0,7534$$

Na podstawie współczynnika determinacji ( $R^2$ ) nasuwa się uwaga, że stopień wyjaśnienia przyczyn zmienności SE135 w obu badanych latach był wysoki. Pośrednio potwierdza to duży poziom prawdopodobieństwa ( $P$ ) współczynników regresji.

Zwiększenie nakładu czynników zmiennych (SE295 i SE300) przyczyniło się do wzrostu stopnia elastyczności produkcji względem czynnika ziemi (SE025). Z kolei przyrost nakładu SE295 spowodował obniżenie współczynnika regresji tej cechy. Ogranicza to możliwość poprawy ekonomicznej efektywności substytucji ziemi nawozami mineralnymi. Bardziej skuteczny w tym względzie był czynnik SE300 – ciągle niedoceniany przez rolników substytut UR, o czym świadczył niższy jego przyrost względem nawozów mineralnych (tab. 1). W badanych gospodarstwach najskuteczniejszym czynnikiem wpływającym na wzrost przychodu (SE135) był SE300.

Współczynniki regresji w ww. równaniach są zarazem miernikami elastyczności produkcji (SE135) względem wyszczególnionych zmiennych niezależnych, ale także krańcowymi stopami ich transformacji w roślinny bioprodukt. Celowe jest więc określenie udziału badanych cech w uzyskaniu określonego poziomu produkcji (tab. 2).

Tabela 2. Poziom i struktura elastyczności produkcji roślinnej (SE135) względem czynników SE025, SE295 i SE300 w towarowych gospodarstwach rolnych w Polsce w latach 2010 i 2011

Table 2. The level and structure of production elasticity (SE135) against the SE025, SE295 and SE300 factors in Polish commodity farms in 2010 and 2011

Łączny poziom współczynników elastyczności produkcji badanych czynników/ Total level of manufacturing flexibility indicators examined factors	Udział czynników produkcji w ogólnej wartości współczynnika elastyczności produkcji/The share of production factors in total indicator production flexibility [%]		
	SE025	SE295	SE300
	2010		
0,8593	36,10	17,51	46,39
	2011		
0,8321	24,71	18,76	56,53

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych PL FADN

Source: own calculations based on PL FADN

Struktura danych w tabeli 2 wskazuje, że największy wpływ na wzrost poziomu produkcji (SE135) miał czynnik poziomu ochrony roślin, a więc czynnik SE300 w obu badanych latach, a istotnie niższy był wpływ nawozów mineralnych. SE300 pośrednio oddziaływał na poprawę efektywności substytucji użytków rolnych nawozami mineralnymi. „Najogólniej biorąc, przy niskim poziomie produkcji, substytucja między czynnikami może wynikać głównie z przyczyn technicznych, a przy poziomie wysokim – z przyczyn ekonomicznych” [Niezgoda 1986]. Druga z wymienionych przyczyn, bazująca na substytucji dochodowej i cenowej uzasadnia analizę substytucji ziemi nawozami mineralnymi. Inną przyczyną jest brak w wolnym obrocie ziemi na powiększenie gospodarstwa.

Z tabeli 2. wynika, że łączny współczynnik elastyczności produkcji był niższy od jedności, czyli uzyskany przychód był mniej niż proporcjonalny względem kosztów<sup>5</sup>. Głównym tego powodem było pominięcie w równaniach innych rodzajów czynników, które uczestniczyły w procesie produkcji roślinnej. W dalszej analizie substytucji między czynnikami produkcji wykorzystuje się model równania zawierający trzy cechy zamiast czterech, co ułatwia prowadzenie obliczeń parametrów zestawionych w tabeli 3. W równaniach izokwant przyjęto przeciętny poziom SE135 w każdym z okresów badań, a także przeciętny poziom czynnika SE300. Analizy zmian technik wytwarzania określonych przez substytuty SE025 i SE295 dokonano na podstawie oszacowanych równań izokwant, na podstawie których ustalono współrzędne izokwant oddzielnie dla każdego roku (tab. 3):

Rok 2010:

$$SE295 = \left( \frac{SE135}{10208,74 \cdot SE025^{0,2056}} \right)^{\frac{1}{0,1561}}$$

Rok 2011:

$$SE295 = \left( \frac{SE135}{8510,02 \cdot SE025^{0,3102}} \right)^{\frac{1}{0,1505}}$$

Zamieszczone w tabeli 3 współrzędne pozwalają obliczyć krańcowe stopy substytucji (KSS). Określają one, o ile trzeba byłoby zwiększyć dodatkowo czynnik będący w liczniku, aby zastąpić nim jednostkę czynnika występującego w mianowniku. Krańcowa stopa substytucji kształtowana jest przez stosunek elastyczności produkcji względem substytutów oraz stopień ich **użycia określony** w oparciu o współrzędne izokwanty. Krańcowe stopy substytucji wskazują, że w miarę

<sup>5</sup> „Gdyby przedsiębiorstwo rozwinęło się do rozmiarów umożliwiających osiągnięcie korzyści skali, prawdopodobnie uzyskaloby pewną siłę rynkową. Byłoby wówczas w stanie obniżyć swoją cenę poniżej poziomu oferowanego przez mniejsze przedsiębiorstwa, które zostałyby w ten sposób doprowadzone do bankructwa. (...) Konkurencja doskonała może zatem istnieć tylko w tych gałęziach, w których nie ma lub prawie nie ma korzyści skali” [Sloman 1005].

Tabela 3. Współrzędne izokwant określone przez czynniki SE025 i SE295 oraz ich krańcowe stopy substytucji przy przeciętnym poziomie produkcji roślinnej SE135 oraz SE300 w towarowych gospodarstwach rolnych w Polsce w latach 2010 i 2011

*Table 3. Isoquant's coordinates specified by SE025 and SE295 factors and their extreme rate of substitution at an average level of crop production SE135 and SE300t in commodity farms in Poland in the years 2010 and 2011*

2010				2011			
współrzędne izokwanty [zł]/ coordinates isoquants [PLN]		KSS [zł/PLN]*	opłacalność technik wytwarzania [zł]/ effectiveness of manufacturing techniques [PLN]	współrzędne izokwanty [zł]/ coordinates isoquants [PLN]		KSS [zł/PLN]*	opłacalność technik wytwarzania [zł]/ effectiveness of manufacturing techniques [PLN]
SE025	SE295			SE295	SE300		
5	272 814,94	71 864,91	0,36	5	1 220 860,75	503 263,22	0,09
15	64 187,38	5 636,08	1,38	15	126 840,34	17 428,71	0,82
25	32 753,04	1 725,56	2,14	25	44 258,67	3 648,86	1,68
35	21 027,41	791,29	2,45	35	22 121,25	1 302,69	2,04
45	15 101,88	442,02	2,47	45	13 177,97	603,58	2,01
55	11 594,32	277,65	2,34	55	8 714,07	326,56	1,84
65	9 304,40	188,53	2,17	65	6 175,68	195,83	1,65
75	7 706,07	102,75	1,99	75	4 598,22	126,36	0,73
36,33	20 019,45	725,78	2,47	36,4	20 426,48	1 156,62	2,06

\* – krańcowe stopy substytucji/marginal rate of substitution

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych PL FADN

Source: own calculations based on PL FADN

zwiększania się powierzchni gospodarstwa potrzeba było coraz mniej czynnika SE295, aby uzyskać ustalony poziom SE135 przy przeciętnej wielkości SE300. Krańcowa stopa substytucji powierzchni UR nawozami mineralnymi malała. Główną przyczyną jest zróżnicowanie jakości gleb w badanych gospodarstwach położonych na terenie całego kraju oraz możliwości uprawy na nich roślin zróżnicowanych pod względem poziomu ceny.

W tabeli 3 przedstawiono również opłacalność technik wytwarzania określonych przez stosunek wartości SE135 do kosztu substytutów, przy czym koszt jednostki czynnika ziemi oszacowano w oparciu o poziom krańcowego przychodu tego czynnika w danym roku. Poziom wskaźnika opłacalności wskazuje, że najkorzystniejsza relacja między SE025 a SE295 wystąpiła w 2010 roku w gospodarstwach o powierzchni od 35 do 55 ha UR.

W roku 2011 nastąpiła zmiana stosunku między substytutami polegająca na zwiększeniu nakładów czynnika SE295, szczególnie w gospodarstwach o powierzchni UR od 15 do 25 ha. Wskazuje to na wzrost postaw przedsiębiorczych w dominującej liczbie gospodarstw towarowych w Polsce. W drugim roku badań konieczne stało się zwiększenie poziomu użycia nawozów mineralnych, aby zrównoważyć ubytek powierzchni UR o 1 ha. Ogólną tego przyczyną była zmiana poziomu opłacalności produkcji określona nożycami cen<sup>6</sup>. Były one mniej korzystne względem 2010 roku, ponadto uległy zmianie współczynniki elastyczności produkcji wobec obu substytutów, w tym obniżenie jej poziomu w przypadku SE295. Ogólnym efektem zmiany krańcowych stóp substytucji był spadek opłacalności technik wytwarzania określonych przez substytuty w warunkach *ceteris paribus*.

<sup>6</sup> W 2010 roku wskaźnik nożyc cen wynosił 110,1%, a w 2011 roku 108,3% [Rocznik statystyczny... 2013, s. 156].

Narastanie rzadkości ziemi uprawnej zwiększa jej wartość jako substytutu, co powoduje przyrost kosztów jej zastępowania innym rodzajem kapitału. W 2011 roku w stosunku do 2010 w przeciętnej wielkości gospodarstwie nastąpił przyrost krańcowej stopy substytucji o 59,4%. Było to spowodowane wzrostem ceny jednostki UR o 73,6%. Ponadto w 2011 roku zwiększono nakłady SE295 względem roku 2010 o 16,1%. Obie te zmiany przyczyniły się do podwyższenia współczynnika elastyczności produkcji czynnika SE025 o 50,9% i miały wpływ na pogorszenie opłacalności technik wytwarzania przez analizowane substytuty.

### Wnioski

1. Substytucja użytków rolnych nawozami mineralnymi jest uzasadniona, ponieważ zapewnia zaspokojenie potrzeb konsumpcyjnych ludzi i zwierząt w warunkach, gdy zmniejsza się powierzchnia UR służących wytwarzaniu produktów żywnościowych. Jest ona również celowa, gdy dokonuje się substytucja droższego rodzaju kapitału (SE025) tańszym (SE295). Sprzyja to wzrostowi intensywności produkcji roślinnej i poprawie efektywności gospodarowania, o ile nie następuje degradacja środowiska przyrodniczego.
2. Im wyższa wartość czynnika ziemi, tym niższa jest opłacalność jej substytucji nawozami mineralnymi. Wzrost kosztów substytucji, gdy rolnicy są „cenobiorcami”, powoduje obniżenie się poziomu dochodów rolników i wpływa na spowolnienie ulepszania technik produkcji.
3. Substytucja UR nawozami mineralnymi wystąpiła przy malejącej stopie substytucji. Było to spowodowane istotnym zróżnicowaniem właściwości substytutów. **Malejąca stopa substytucji i poziom opłacalności technik wytwarzania umożliwiły wskazanie racjonalnej wielkości gospodarstwa określonej powierzchnią UR. Zawierała się ona w przedziale od 35 do 55 ha.**

### Literatura

- Czyżewski A. (red.). 2007: *Uniwersalia polityki rolnej w gospodarce rynkowej. Ujęcie makro- i mikroekonomiczne*, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań, 20-21.
- Dębińska J. 2011: *Wieloaspektowość racjonalności decyzji w gospodarowaniu zasobami środowiska naturalnego*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 111, Polityka ekonomiczna, Wrocław.
- Klein L.R. 1965: *Wstęp do ekonomii*, PWE, Warszawa, 124-125.
- Krugman P., Wells R. 2012: *Mikroekonomia*, PWN, Warszawa, 10.
- Lash J., Wellington F. 2006: *Zmiany klimatyczne a przewaga konkurencyjna*, HBR Polska nr 64, 70-76.
- Niezgoda D. 1986: *Ekonomika substytucji w rolnictwie*, PWN, Warszawa, 77.
- Niezgoda D. 2014: *Zmiany kierunków gospodarowania ziemią jako sposobu kreowania przewagi w regionach Polski Wschodniej*, Studia Ekonomiczne i Regionalne nr 7, Wyd. PSW im. Papieża JP II w Białej Podlaskiej, Biała Podlaska.
- Porter M. E. 2006: *Przewaga konkurencyjna*, Wyd. Helion, Katowice, 333.
- Rocznik statystyczny rolnictwa*. 2013: GUS, Warszawa.
- Samuelson P.A., Nordhaus W.D. 2004: *Ekonomia t. I*, PWN, Warszawa, 125, 165.
- Słoman J. 1995: *Podstawy ekonomii*, PWE, Warszawa, 144.

### Summary

*The paper investigates into the effects of using mineral fertilizers on the output of commercial plant production farms in 2010 and 2012. Input for the analysis comes Polish Farm Accountancy Data Network. Arable land and fertilizers can be considered two types of capital of different scope of direct effects on plant growth. The land is substitutable by mineral fertilizers, and as comes from the analysis, such substitution in plant production farms is advantageous.*

Adres do korespondencji  
 prof. dr hab. Dionizy Niezgoda  
 Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II  
 ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska  
 tel. 606 333 477, e-mail: d.niezgoda@onet.pl