

Alina Syp

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach*

## OCENA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ I ŚRODOWISKOWEJ UPRAWY PSZENICY OZIMEJ

### *ASSESSMENT OF ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF WINTER WHEAT CULTIVATION*

**Słowa kluczowe:** analiza danych granicznych (DEA), efektywność techniczna, emisja N<sub>2</sub>O, pszenica ozima

*Key words:* Data Envelopment Analysis (DEA), technical efficiency, N<sub>2</sub>O emission, winter wheat

**Abstrakt.** Celem badań była ocena efektywności ekonomicznej i środowiskowej produkcji pszenicy ozimej w regionie Wielkopolska i Śląsk w 2010 roku. Analizą objęto 17 gospodarstw znajdujących się w bazie Polski FADN o powierzchni uprawy pszenicy ozimej od 21 do 50 ha. Do badania efektywności zastosowano nieparametryczny model analizy danych granicznych (DEA), ukierunkowany na nakłady. W grupie analizowanych gospodarstw 59% było nieefektywnych technicznie. Średnia efektywność techniczna dla całej próby gospodarstw wynosiła 0,91, natomiast w podgrupie gospodarstw nieefektywnych – 0,84. W celu osiągnięcia pełnej efektywności technicznej gospodarstwa nieefektywne powinny zmniejszyć poziom nakładów średnio o 16%, utrzymując jednocześnie tę samą wielkość produkcji. Wyniki analizy ekonomicznej na podstawie cen środków produkcji z 2014 roku wskazują, że ich koszty mogą zmniejszyć się od 366,52 do 1020,56 zł/ha i od 0,07 do 0,21 zł/kg ziarna, jeśli gospodarstwa działające nieefektywnie poprawią swoją efektywność. Może to nastąpić przez zmianę sposobu zarządzania gospodarstwem i stosowanie nowych technologii produkcji. Optymalizacja nawożenia azotem w gospodarstwach nieefektywnych spowoduje spadek emisji podtlenku azotu (N<sub>2</sub>O) o 5,1 kg.

## Wstęp

Pszenica jest jednym z trzech najczęściej po kukurydzy i ryżu produkowanych zbóż na świecie. Może być uprawiana w różnych warunkach środowiskowych. Obecnie około 65% zbiorów pszenicy przeznaczane jest na żywność, 17% na pasze dla zwierząt, a 12% wykorzystywane jest w przemyśle do produkcji biopaliw [FAO Statistical... 2013]. Prognozuje się, że wzrost liczby ludności na świecie wpłynie na zwiększenie popytu na pszenicę. W 2013 roku produkcja pszenicy w 28 krajach Unii Europejskiej (UE) kształtowała się na poziomie 305,5 mln t i stanowiła 1/8 światowej produkcji [http://faostat.fao.org, dostęp 2015]. Główni producenci pszenicy w UE to Francja, Niemcy i Wielka Brytania. Polska, z produkcją 9,4 mln t i średnim plonem kształtującym się na poziomie 4140 kg/ha zajmowała 4. miejsce wśród producentów pszenicy w UE [Rocznik statystyczny... 2013]. W ostatnich latach odnotowuje się wzrost plonów, który wynika ze zwiększonego zużycia środków produkcji. Wśród rolników rozpowszechniony jest pogląd, że większa ilość nakładów powoduje wzrost produkcji. Wielu z nich uważa, że zastosowanie większych ilości nawozów ma wpływ na zwiększenie plonów i dochodów z gospodarstwa. Jednakże w procesie produkcji ważne jest uzyskanie odpowiedniego stosunku nakładów do efektów produkcyjnych, co odpowiada właściwemu stosunkowi wartości produkcji do poniesionych kosztów [Barczak 2011].

Podtlenek azotu (N<sub>2</sub>O) jest jednym z głównych gazów cieplarnianych (GHG) odpowiedzialnych za efekt cieplarniany zanieczyszczeniami antropogenicznymi. Jego udział w ogólnej emisji GHG stanowi 8% [Climate change... 2007]. Szacuje się, że około 60% zanieczyszczeń powoduje emisja N<sub>2</sub>O z rolnictwa, w której główny udział ma emisja bezpośrednia z upraw rolniczych [Mosier i in. 1998]. Na wielkość emisji wpływa m.in. ilość stosowanych nawozów [Syp, Faber 2012]. Ostatnie pół wieku charakteryzuje 10-krotny wzrost zużycia nawozów azotowych, które uznawane są za główny czynnik

plonotwórczy. Stężenie  $N_2O$  w atmosferze wzrasta szybko i utrzymuje się do 120 lat [*Climate change...* 2007]. Jedną z metod ograniczenia emisji jest optymalizacja stosowania nawożenia azotowego.

Celem badań była ocena efektywności produkcji pszenicy ozimej gospodarstw w regionie Wielkopolski i Śląska w 2010 roku na podstawie stosowanych dawek wysiewu nasion, ilości nawozów, środków ochrony roślin i oleju napędowego. Oszacowano także ekonomiczne korzyści, które mogą być osiągnięte po zastosowaniu optymalnych nakładów środków produkcji oraz redukcję emisji  $N_2O$  przy zastosowaniu optymalnych dawek nawozów azotowych.

### Material i metodyka badań

Gospodarstwa do badań wybrano w sposób celowy z reprezentatywnej próby gospodarstw, która znajdowała się w polu obserwacji systemu polskiego FADN. Analizą objęto 17 gospodarstw z Regionu Wielkopolska i Śląsk o powierzchni uprawy pszenicy ozimej od 21 do 50 ha. Dane do badań na temat produkcji pochodziły z 2010 roku. Zebrano je na podstawie przeprowadzonej ankietyzacji dokonanej przez pracowników ośrodków doradztwa rolniczego z analizowanego regionu. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe statystyki z analizowanej próby. Zebrane dane wskazują na duże zróżnicowanie nakładów i plonów w badanych gospodarstwach. Do badania efektywności zastosowano model analizy danych granicznych (*Data Envelopment Analysis – DEA*). Model ten jest stosowany w różnych sektorach gospodarki [Lampe, Hilgers 2015]. W ostatnich latach często jest używany w ekonomice rolnictwa [Zhou i in. 2008]. DEA jest to nieparametryczny model do oceny efektywności obiektów tzw. jednostek decyzyjnych (*Decision Making Units – DMUs*) wykonujących te same procesy produkcyjne [Cooper i in. 2006]. W naszych badaniach jednostkami DMU są gospodarstwa uprawiające pszenicę.

Model DEA może być zorientowany na nakłady lub efekty. W ekonomice rolnictwa wykorzystuje się model ukierunkowany na nakłady, ponieważ opłacalność produkcji zależy od efektywności zabiegów [Bolandnazar i in. 2014]. Zmniejszenie ilości nakładów na produkcję jest zasadniczym celem racjonalnego działania gospodarstw pod względem korzyści ekonomicznych [Bieńkowski 2011]. W modelu DEA ukierunkowanym na nakłady dąży się do optymalizacji nakładów przez porównanie ich z nakładami gospodarstw referencyjnych [Cooper i in. 2006]. Efektywność ekonomiczna badanych gospodarstw wyznaczono na podstawie efektywności technicznej w odniesieniu do następujących nakładów: ilość wysianych nasion (kg), nawożenie azotem (N), fosforem ( $P_2O_5$ ), potasem ( $K_2O$ ) w kg czystego składnika, ilość substancji aktywnej środków ochrony roślin (kg) oraz zużycia oleju napędowego (l).

Wpływ badanych gospodarstw na środowisko określono na podstawie emisji  $N_2O$ , do obliczenia której wykorzystano poziom pierwszy (Tier 1) z metodyki opracowanej przez Międzynarodowy Zespół do Zmian Klimatu (IPPC) [*Guidelines for National...* 2006]. Zakłada on, że współczynnik emisji (EF) dla dawek N z nawozów mineralnych, obornika i resztek poźniwnych wynosi 1%, co oznacza, że 1% zastosowanego azotu jest wyemitowany w formie  $N_2O$ . Wszystkie obliczenia wykonano przy użyciu oprogramowania Excel 2010, Statistica 10 PL i Version 2.1.

Tabela 1. Podstawowe statystyki dla nakładów i produkcji dla pszenicy ozimej

Table 1. Basic statistics of inputs and output used for winter wheat production

Wyszczególnienie/Item	Średnia/ Average	Odchylenie standarowe/ Standard deviation	Min.	Max.
1. Nakłady/Inputs				
Nasiona/Seeds [kg]	188	29	140	240
N nawóz/N fertilizer [kg]	151	42	59	231
$P_2O_5$ nawóz/fertilizer [kg]	47	22	0	100
$K_2O$ nawóz/fertilizer [kg]/	45	39	0	150
Środki ochrony/Pesticides [kg]	2	1	1	4
Olej napędowy/Diesel [l]	95	6	82	107
2. Wyniki/Output				
Plon [kg]/Yield [kg]	6719	1011	4876	8527

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

## Wyniki badań

W tabeli 2 przedstawiono efektywność techniczną ( $\theta$ ) badanych gospodarstw. W wyniku zastosowania metody DEA zorientowanej na nakłady w badanej próbie składającej się z 17 gospodarstw stwierdzono, że 7 (41%) gospodarstw posiadało efektywność techniczną równą 1, czyli gospodarowało efektywnie, pozostałe 10 (59%) nieefektywnie. Efektywność techniczna dla całej próby gospodarstw wynosiła 91%, a dla grupy gospodarstw zarządzanych nieefektywnie 84%. Oznacza to, że rolnicy w gospodarstwach nieefektywnych muszą ograniczyć nakłady o 16%, aby osiągnąć ten sam poziom produkcji co gospodarstwa wzorcowe mające efektywność techniczną 1. Inna interpretacja tego wskaźnika mówi, że obecny poziom plonów w gospodarstwach nieefektywnych może zostać osiągnięty przy 84% stosowanych obecnie nakładów. Otrzymane wyniki wskazują, że nie wszyscy rolnicy stosują właściwą technologię w uprawie pszenicy lub zabiegi wykonywane są w niewłaściwym terminie. W celu przekształcenia gospodarstw nieefektywnych w efektywne należy zmniejszyć średnie nakłady poszczególnych czynników produkcji, tj.: nasion o 32%, azotu – o 33%, fosforu – o 24%, potasu – o 48%, środków ochrony roślin – o 27% i oleju napędowego – o 32% (tab. 2). Najniższą techniczną efektywność obliczono dla gospodarstwa 16., które wymaga największej redukcji nakładów.

Poprawa efektywności uprawy pszenicy wynikająca z mniejszej wielkości poszczególnych nakładów w gospodarstwach działających nieefektywnie mogłaby wpłynąć na zmniejszenie kosztów produkcji. Finansowe korzyści z proponowanych zmian obliczono na podstawie średnich cen na poszczególne środki produkcji (nasiona, nawozy, środki ochrony roślin i oleju napędowego) w 2014 roku. Ceny te uzyskano z ośrodka doradztwa rolniczego, który wykorzystuje je do sporządzania kalkulacji kosztów produkcji.

Tabela 2. Efektywność techniczna ( $\theta$ ) i operacyjne procentowe redukcje nakładów w nieefektywnych gospodarstwach uprawiających pszenicę ozimą

Table 2. Efficiency scores ( $\theta$ ) and operational reduction percentages for the inefficient winter wheat farms.

Jednostka decyzyjna/ <i>Decision making unit DMU</i>	Efektywność techniczna/ <i>Efficiency scores (<math>\theta</math>)</i>	Operacyjne redukcje/ <i>Operational reductions [%]</i>					
		nasiona/ <i>seeds</i>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	środki ochrony roślin/ <i>pesticides</i>	olej napędowy/ <i>diesel</i>
1	0,96	33	4	12	22	4	37
3	0,95	14	45	5	37	5	15
4	0,77	23	35	67	70	29	23
5	0,79	45	33	35	-	29	21
6	0,85	50	18	15	-	24	39
9	0,89	12	27	11	11	35	34
10	0,92	19	61	8	54	8	32
14	0,83	31	29	17	17	73	30
16	0,57	52	43	57	71	55	50
17	0,88	39	38	12	0	12	34
Średnia dla nieefektywnych gospodarstw/ <i>Mean of the inefficient farms</i>	0,84	32	33	24	48	27	32
Średnia dla całej próby gospodarstw/ <i>Mean of the farms of the whole sample</i>	0,91						

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Tabela 3. Ekonomiczne oszczędności wynikające z redukcji środków produkcji  
 Table 3. Economic savings linked to accomplishment of operational reductions

Jednostka decyzyjna/ Decision making unit DMU	Oszczędności ekonomiczne /Economic savings							
	nasiona/ seeds	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	środki ochrony roślin/ pesticides	olej napędowy/ diesel	ogółem/ total	oszczędność na kg ziarna/ saving per kg grain
	zł/PLN						zł/ha/ PLN/ha	zł/kg/PLN/kg
1	130,57	9,63	14,69	18,84	2,86	189,93	366,52	0,06
3	47,42	293,85	8,03	53,41	4,53	64,33	471,58	0,07
4	68,26	252,15	258,41	255,82	43,15	119,00	996,79	0,16
5	184,79	199,71	94,48	-	73,03	103,62	655,62	0,11
6	193,86	68,53	10,22	-	49,00	216,01	537,62	0,11
9	36,01	159,90	19,94	12,44	40,40	172,25	440,93	0,07
10	62,82	501,09	11,50	97,92	6,70	156,42	836,45	0,13
14	112,50	169,29	31,22	19,48	221,90	148,10	702,49	0,11
16	217,48	186,34	132,56	155,28	71,71	257,19	1 020,56	0,21
17	171,46	225,64	20,92	97,75	10,02	172,55	698,35	0,11
Średnia oszczędność/ Average savings	122,52	206,61	60,20	71,09	52,33	159,94	672,69	0,11

Źródło: opracowanie własne  
 Source: own study

Poprawa efektywności może spowodować oszczędność kosztów od 366,52 do 1020,56 zł/ha (tab. 3). Średnia oszczędność nakładów w przeliczeniu na kg ziarna mogłaby wynieść 0,11 zł. Na podstawie obliczonych średnich można zauważyć, że największy udział w ograniczeniu kosztów produkcji mogłyby mieć oszczędności pochodzące z optymalizacji stosowania dawek azotu (31%) i oleju napędowego (24%), natomiast najmniejszy stosowane środki ochrony (7%).

W 17 analizowanych gospodarstwach w uprawie pszenicy zastosowano 2436,4 kg N w czystym składniku (tab. 4). Optymalizacja produkcji spowodowała redukcję zużycia nawozów w gospodarstwach nieefektywnych o 508,8 kg N/ha. Mniejsze zużycie nawozów wpłynęło na ograniczenie emisji o 5,1 kg N<sub>2</sub>O/ha.

Tabela 4. Zużycie azotu i emisja N<sub>2</sub>O w kg N/ha  
 Table 4. Nitrogen use and N<sub>2</sub>O emissions in kg N/ha

Azot/Nitrogen [kg]		Różnica/ Difference [kg]	Emisje N <sub>2</sub> O/ Emissions N <sub>2</sub> O [kg N/ha]
na początku/at the beging	po redukcji/after reduction		
2436,4	1928	508,8	5,1

Źródło: opracowanie własne  
 Source: own study

## Wnioski

1. Z 17 analizowanych gospodarstw uprawiających pszenicę 7 (41%) zostało zidentyfikowanych jako efektywne.
2. Efektywność techniczna nieefektywnych gospodarstw wynosiła 0,84. Oznacza to, że wdrażając praktyki stosowane w gospodarstwach wzorcowych nakłady w tych gospodarstwach można zmniejszyć o 16%.

3. Poprzez optymalizację nakładów w gospodarstwach nieefektywnych można uzyskać średnią redukcję kosztów o 672,69 zł/ha i o 0,11 zł/kg nasion.
4. Zastosowanie optymalnych dawek nawożenia azotowego w gospodarstwach gospodarujących nieefektywnie może spowodować spadek emisji o 5,1 kg N<sub>2</sub>O/ha.
5. Model DEA ukierunkowany na nakłady jest polecany jako narzędzie do porównywania oraz poprawy efektywności ekonomicznej i środowiskowej uprawy pszenicy ozimej.

### Literatura

- Barczak A. 2011: *Wykorzystanie metody mnożników Lagrange'a do oceny efektywności produkcji na przykładzie wybranych grup gospodarstw rolnych*, Rozprawa doktorska, IERiGŻ-PIB, Warszawa, s. 57, 76-79, 81-82.
- Bieńkowski J. 2011. *Wielokryterialna analiza możliwości zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolniczych z uwzględnieniem czynników środowiskowych i ekonomicznych*, Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB Puławy, 29.
- Bolandnazar E., Keyhani A., Omid M. 2014. *Determination of efficient and inefficient greenhouse cucumber producers using Data Envelopment Analysis approach, a case study: Jiroft city in Iran*, Journal of Cleaner Production, 79, 108-115.
- Climate change 2007: Synthesis Report*. 2007: Core Writing Team, Pachauri R.K., Reisinger A. (eds.), Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland.
- Cooper W.W., Seiford L.M., Kaoru T. 2006. *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses*. New York. *FAO Statistical Yearbook – World food and agriculture*. 2013: FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAOSTAT: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>, data dostępu 28.04.2015.
- Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. 2006: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (eds.), IPCC, IGES, Hayama, Japan Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- Lampe H.W., Hilgers D. 2015. *Trajectories of efficiency measurement: A bibliometric analysis of DEA and SFA*, European Journal of Operation Research, 240, 1-21.
- Mosier A., Kroeze C., Nevison C., Oenema O., Seitzinger S., Cleemput O. van, 1998: *Closing the global N2O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle*, Nutrient Cycling in Agroecosystems, 52, 225-248.
- Rocznik statystyczny rolnictwa*. 2013: GUS, Warsaw.
- Syp A., Faber A. 2012: *Zastosowanie modelu DNDC do symulacji plonów roślin i oceny wpływu zmian na środowisko w zmieniających się warunkach klimatycznych i różnych systemach uprawy*. Roczn. Nauk. SE-RiA, 14(5), 183-187.
- Zhou P., Ang B.W., Poh K.L. 2008: *A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies*. European Journal of Operation Research, 189, 1-18.

### Summary

*The aim of this study was to assess an economic and environmental efficiency of winter wheat in Wielkopolska and Śląsk Region in 2010. The analysis comprised 17 agricultural holdings from Polish FADN database with cultivation winter wheat area ranging from 21 to 50 ha. The non-parametric input oriented model of Data Envelopment Analysis (DEA) was used to benchmark a productive efficiency. In the analyzed group of farms, 59% were technically inefficient. The average technical efficiency for the whole group was 0.91, whereas in the group of inefficient farms, it amounted to 0.84. In order to achieve full technical efficiency, inefficient farms should reduce inputs by an average of 16% while maintaining the same outputs. The results of the economic analysis showed that the total costs of production could decrease from 366,52 to 1020,56 PLN per ha, and from 0,07 to 0,21 PLN per kg of grains, if inefficient units were converted to an efficient operation. This could be achieved by modifying the farm management and applying of new production technologies. Optimization of nitrogen fertilization on inefficient farms will decrease its emissions by 5.1 kg N<sub>2</sub>O.*

Adres do korespondencji

dr inż. Alina Syp

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, tel. (81) 886 34 21, wew. 381

e-mail: asyp@iung.pulawy.pl