

**OCENA EKONOMICZNYCH SKUTKÓW REDUKCJI EMISJI
GAZÓW CIEPLARNIANYCH NA PRZYKŁADZIE GOSPODARSTW
SPECJALIZUJĄCYCH SIĘ W UPRAWACH POŁOWYCH***

JAN PAWLAK

Abstrakt

W artykule przedstawiono ekonomiczne skutki zastosowania w modelowym gospodarstwie rolnym technologii powodującej redukcję emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Zastąpienie tradycyjnej uprawy zastosowaniem agregatu do uprawy i siewu bezpośredniego (w formie usługi) spowodowało zwiększenie rocznych kosztów eksploatacji w modelowym gospodarstwie rolnym o 308,5%. Łączne koszty eksploatacji środków mechanizacji rolnictwa w modelowym gospodarstwie rolnym (z uwzględnieniem sprzętu zaangażowanego w formie usług) zwiększyły się o 25,2% w skali roku, mimo zmniejszenia zużycia oleju napędowego o 26,8%. Zastąpienie tradycyjnego wariantu technologii produkcji roślinnej energooszczędnym powoduje zmniejszenie emisji CO₂ w przeliczeniu na jednostkę wartości uzyskanej produkcji o 22,6%. Zmiana technologii, uzasadniona z punktu widzenia ochrony środowiska, nie jest wykonalna z uwagi na zwiększenie kosztów eksploatacji środków mechanizacji i zmniejszenie wartości uzyskiwanej produkcji roślinnej w modelowym gospodarstwie rolnym. Przezwyciężenie tej bariery wymagałoby zastosowania odpowiedniego wsparcia finansowego, z odpowiednimi konsekwencjami dla budżetu państwa.

Słowa kluczowe: emisja gazów cieplarnianych, redukcja, gospodarstwo rolne, koszt.

Kody JEL: C51, O13, O33, Q51.

Prof. dr hab. inż. Jan Pawlak, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Zakład Analiz Ekonomicznych i Energetycznych, Oddział w Warszawie; ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa, p. 217 (j.pawlak@itp.edu.pl).

* Artykuł opracowany w ramach programu wieloletniego „Przedsięwzięcia technologiczno-przyrodnicze na rzecz innowacyjnej, efektywnej i niskoemisyjnej gospodarki na obszarach wiejskich na lata 2016-2020”.

Wstęp

Biologiczny charakter rolnictwa powoduje, że jest ono silnie uzależnione od stanu środowiska naturalnego. Jednym z czynników wpływających, a niekiedy decydujących o plonowaniu roślin uprawnych, jest pogoda. Niekorzystne warunki pogodowe w okresie zimowym, a także podczas kwitnienia czy zbioru roślin, takie jak: susze, gradobicia oraz ulewne deszcze i następujące po nich powodzie, są przyczyną zmniejszenia lub wręcz utraty plonów. Inna kwestia to że rolnictwo oddziałuje w rozmaity sposób na środowisko naturalne. Stosowane w produkcji rolniczej silniki spalinowe emitują podczas pracy szkodliwe związki chemiczne, w tym gazy cieplarniane do atmosfery. Źródłem gazów cieplarnianych są też produkcja zwierzęca i gospodarstwa domowe. Nieobojętne dla środowiska naturalnego są również stosowane w rolnictwie nawozy i środki ochrony roślin, a także odchody zwierzęce, powodujące zanieczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych. Ciężkie maszyny i pojazdy stosowane w produkcji rolniczej powodują zagęszczenie gleby, a tym samym pogarszanie warunków wegetacji roślin. Nie można też nie wspomnieć o tym, że produkcja używanych w rolnictwie środków produkcji wiąże się z nakładami energii, co pozostaje w związku z oddziaływaniem na środowisko naturalne. W świetle powyższych faktów konieczne jest zapewnienie zrównoważonego rozwoju rolnictwa, z uwzględnieniem aspektów społecznych, ekonomicznych, energetycznych i ekologicznych (Pawlak, 2015). Znaczne zmniejszenie nakładów energii można uzyskać, stosując uproszczone metody uprawy roli (Golka i Ptaszyński, 2014).

Stosując odpowiednio zmodyfikowane technologie produkcji rolniczej, można zmniejszyć ogólny poziom emisji gazów cieplarnianych o 1/3 (Parton, Del Grosso, Marx i Swan, 2011). Na poziom tych emisji w produkcji rolniczej wpływa sposób wykonywania prac polowych. Badania wykazały, że całkowita emisja dwutlenku węgla w przeliczeniu na jednostkę uzyskanej produkcji wyniosła w przypadku: uprawy tradycyjnej – 915 g·kg⁻¹, uprawy minimum – 817 g·kg⁻¹, a systemu bezuprawowego – 855 g·kg⁻¹. Większy poziom emisji na jednostkę produkcji w przypadku zastosowania systemu bezuprawowego w porównaniu z uprawą minimum był spowodowany obniżeniem plonowania roślin, średnio o 10% (Sørensen, Halberg, Oudshoorn, Petersen i Dalgaard, 2014). Około 50-60% emisji gazów cieplarnianych jest powodowana mineralizacją substancji organicznej w glebie. Dlatego uprawa roli powinna stwarzać warunki glebowe ograniczające mineralizację i utlenianie substancji organicznej.

Stosowanie siewu bezpośredniego powoduje nie tylko zmniejszenie nakładów energii, ale też inne korzyści. Wyeliminowanie zabiegów uprawowych powodujących przesuszanie gleby umożliwia poprawę gospodarki wodnej w glebie, tym bardziej że resztki poźniwe pozostawione na powierzchni pola ograniczają parowanie wody. Ma to szczególne znaczenie w rejonach z deficytem wody. Badania przeprowadzone w Hiszpanii wykazały nawet wzrost plonu w wyniku zastosowania tej metody (Sánchez i in., 2016). Ponadto na terenach falistych i narażonych na występowanie intensywnych ruchów powietrza w warunkach suchego klimatu pozostawie-

nie okrywy resztek poźniwnych chroni skutecznie przed erozją wodną i wietrzną. Wyeliminowanie czasochłonnych zabiegów uprawowych, zwłaszcza orki, umożliwia też skrócenie czasu między zbiorem przedplonu a siewem rośliny następczej. W warunkach spiętrzenia prac zwiększa to możliwość terminowego wykonania siewu i umożliwia uzyskanie wysokiego plonu, co ma szczególne znaczenie w przypadku rzepaku ozimego, którego optymalny termin siewu przypada wcześniej.

Stosując ścieżki technologiczne, ogranicza się występowanie nadmiernego zagęszczenia gleby oraz tworzenia kolein. Z tego powodu wykorzystywanie ich w systemach siewu bezpośredniego zyskuje coraz większe znaczenie.

W przypadku, gdy w wyniku zastosowania technologii produkcji powodującej zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych następuje obniżenie plonów bądź zmniejszenie efektywności ponoszonych nakładów, pojawia się ekonomiczna bariera hamująca ich wdrażanie. Autorzy zagraniczni podejmujący ten temat postulują stosowanie subsydiów finansowych, umożliwiających przezwycięzenie tej bariery (Beach i in., 2015; Horovitz i Gotlieb, 2010; Paustian, Antle, Sheehan i Paul, 2006; Parton i in., 2011).

We wcześniejszej pracy opublikowanej w *Zagadnieniach Ekonomiki Rolnej* (Pawlak, 2017) przedstawiono propozycję metody szacowania skutków ekonomicznych zastąpienia tradycyjnej technologii produkcji roślinnej technologią umożliwiającą zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych. Niniejsza praca ma na celu zastosowanie wspomnianej metody oraz ocenę kosztów i efektów takiego działania na przykładzie modelu gospodarstwa rolnego o powierzchni 30 ha UR.

Model gospodarstwa rolnego

Oceny ekonomicznych skutków zastosowania w rolnictwie technologii produkcji rolniczej umożliwiającej zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w porównaniu z technologią tradycyjną dokonano na podstawie modelu gospodarstwa rolnego o powierzchni 30 ha użytków rolnych (UR), prowadzącego produkcję roślinną. Jest to areał zbliżony do średniej powierzchni gospodarstw towarowych zaliczanych do typu rolniczego „uprawy polowe”, prowadzących rachunkowość dla Polskiego FADN w 2015 roku, która wyniosła 29,1 ha UR (Polski FADN, 2017). Uzasadnia to wybór powierzchni gospodarstwa modelowego.

Przyjęto założenie, że w gospodarstwie tym uprawiane są wyłącznie zboża i rośliny technologicznie podobne (do zbóż), na sześciu prostokątnych polach o wymiarach 167x300 m i powierzchni po 5 ha każde. Stosowany jest następujący płodozmian:

- pszenica ozima,
- groch,
- rzepak ozimy,
- pszenica ozima,
- gryka,
- groch.

Największy udział w strukturze zasiewów modelowego gospodarstwa rolnego (po 33%) mają pszenica i groch. Duży udział grochu jako rośliny, która dzięki symbiozie z bakteriami brodawkowatymi ma zdolność wiązania wolnego azotu, jest

korzystny dla środowiska naturalnego z uwagi na zmniejszone zapotrzebowanie na nawozy azotowe. Poza tym groch jest bardzo dobrym przedplonem dla rzepaku i pszenicy występujących w płodozmianie.

Porównywano dwa warianty technologii produkcji: tradycyjny i energooszczędny (bezorkowy), powodujący zmniejszoną emisję gazów cieplarnianych. Większość wyników badań polowych prowadzonych w różnych krajach świata wykazuje, że stosowanie siewu bezpośredniego powoduje obniżenie plonów uprawianych roślin. Badania przeprowadzone w Iranie wykazały zmniejszenie plonu pszenicy o 21,6% (Akbarnia i Fahrani, 2014), a badania tureckie – zmniejszenie zbieranej masy kukurydzy na kiszonkę o 14% (Barut, Ertekin i Karaaga, 2011). Podobne zjawisko potwierdzają wyniki badań prowadzonych w Polsce. Według Biskupskiego, Sekutowskiego, Włodka, Smagacza i Owsiaka (2014) plon kukurydzy w przypadku zastosowania siewu bezpośredniego był – zależnie od rodzaju przedplonu i warunków pogodowych w poszczególnych latach – w większości przypadków mniejszy niż w przypadku stosowania uprawy tradycyjnej (średnio o 11,8%). Żyłowski (2017) stwierdził zmniejszenie plonu o 9,9%, z tym, że przez dodatkowe działania w zakresie technologii produkcji istnieje możliwość obniżenia tego spadku nawet do 2,5%. W niniejszej pracy przyjęto, że w przypadku zastosowania technologii bezorkowej plony uprawianych roślin są mniejsze o 10%. Taką samą wartość dla warunków duńskich przyjmują Sørensen i in. (2014).

Dla obu wariantów technologii opracowano karty technologiczne, które zamieszczono na końcu artykułu (tab. 5-12).

W energooszczędnym wariantcie technologii przewidziano większą liczbę zabiegów ochrony roślin z uwagi na zwiększone ryzyko wystąpienia zachwaszczenia, samosiewów, szkodników, a także czynników chorobotwórczych, których nośicielami są resztki poźniwne pozostające na powierzchni pola. Aby ułatwić przyorywanie resztek poźniwnych w tradycyjnym wariantcie technologii oraz bezpośredni siew roślin w wariantcie energooszczędnym, kombajn zbożowy stosowany w obu wariantach jest wyposażony w rozdrabniacz słomy. Dodatkowo, aby ograniczyć zagęszczanie gleby podczas wykonywania prac, na polach gospodarstwa modelowego stosuje się ścieżki technologiczne, ułatwiające też wykonywanie nawożenia pogłównego oraz zabiegów pielęgnacyjnych i ochrony podczas wegetacji roślin uprawnych.

Przyjęto dla wszystkich czynności średni czas pracy w ciągu dnia w wymiarze 8 godzin.

Na całość prac transportowych składają się: załadunek, przejazd z ładunkiem do miejsca jego przeznaczenia oraz wyładunek i powrót. W przypadku transportu produktów zbioru roślin kolejność jest odwrotna. W niniejszej pracy przyjęto, że średnia odległość do środka pola w gospodarstwie modelowym wynosi 400 m, a średnia prędkość agregatu ciągnik-przyczepa wynosi $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Przy pełnym wykorzystaniu ładowności przyczepy wydajność eksploatacyjna podczas przejazdu tam i z powrotem wynosi $12,5 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$.

Wydajności eksploatacyjne podczas prac przewozowych, odniesione do masy przewożonych produktów, zostały zróżnicowane. Czas wykonywania przewozów

zależy przede wszystkim od odległości, prędkości jazdy i liczby przejazdów. Przyjęto założenie, że przeciętna odległość i prędkość jazdy podczas wykonywania transportu technologicznego w modelowym gospodarstwie rolnym jest stała. Natomiast wydajność eksploatacyjna W_{07} odniesiona do tony przewożonego ładunku wówczas, gdy mieści się on na przyczepie o ładowności 5 ton, zależy od ilości przewożonej masy i jest największa wtedy, gdy masa ta jest równa ładowności przyczepy. W przypadku, gdy masa ładunku jest mniejsza od ładowności przyczepy wydajność obliczono według wzoru:

$$W_t = \frac{W_p \cdot B_c}{W_p \cdot \mathcal{L}} \quad (1)$$

gdzie:

W_t – wydajność eksploatacyjna podczas wykonywania t -tego rodzaju transportu technologicznego ($t \cdot h^{-1}$);

W_p – wydajność eksploatacyjna w przypadku, gdy masa ładunku do przewiezienia jest równa ładowności przyczepy ($t \cdot h^{-1}$);

B_c – masa ładunku do przewiezienia (t);

\mathcal{L} – ładowność przyczepy (t).

Liczba przejazdów w przypadku, gdy masa do przewiezienia jest większa niż ładowność przyczepy, stanowi iloraz między tą masą a ładownością przyczepy:

$$np = \frac{B_c}{W_p \cdot \mathcal{L}} \quad (2)$$

gdzie:

np – liczba przejazdów (wartość całkowita).

W przypadku, gdy masa ładunku do przewiezienia jest większa niż ładowność przyczepy, przeciętną masę ładunku oblicza się, dzieląc łączną masę ładunku do przewiezienia przez liczbę przejazdów i wynik wstawia się do wzoru (1) jako podstawę określenia wydajności eksploatacyjnej.

Czas pracy przyczepy stanowi sumę czasu załadunku, przejazdów i postoju (z przyczyn organizacyjnych) na polu podczas siewu nawozów i roślin uprawnych. Natomiast w przypadku transportu produktów zbioru roślin przyjęto, że czas pracy przyczepy jest równy czasowi pracy kombajnu zbożowego i jej wydajność obliczono z uwzględnieniem tego założenia.

Na podstawie danych z kart technologicznych obliczono wykorzystanie roczne poszczególnych środków mechanizacji w produkcji czterech gatunków roślin uprawnych w gospodarstwie modelowym. Wyniki tych obliczeń stanowią podstawę oszacowania kosztów amortyzacji. Ciągnik oraz środki transportowe są w gospodarstwach rolnych wykorzystywane również w pracach ogólnogospodarczych oraz przy wykonywaniu różnych czynności w zagrodzie. Dlatego do obliczania jednostkowych kosztów amortyzacji wymienionych środków ich wykorzystanie zwiększono o narzut, który w przypadku ciągnika wyniósł 20%. Przy wyznaczaniu

rocznych kosztów eksploatacji środków mechanizacji rolnictwa jednostkowe koszty eksploatacji w złotych na godzinę mnożono przez liczbę godzin rocznego wykorzystania obliczoną na podstawie kart technologicznych, czyli bez narzutu.

Przyjęto, że przy wykonywaniu zbioru w obu wariantach oraz siewu nasion w wariantcie energooszczędnym gospodarstwo korzysta z usług. Zbyt małe wykorzystanie roczne kombajnu zbożowego (37 godzin w przypadku wariantu tradycyjnego i 33 godziny w przypadku wariantu energooszczędnego) oraz ciągnika o mocy 120 kW z zestawem do uprawy i siewu bezpośredniego o szerokości roboczej 3 m (30 godzin) nie uzasadniają posiadania tych drogich maszyn w gospodarstwie.

Koszt amortyzacji obliczano według wzoru:

$$Ka_m = \frac{C_m}{Wr_m \cdot T_m} \quad (3)$$

gdzie:

Ka_m – koszt amortyzacji m -tego środka mechanizacji rolnictwa (zł),

C_m – cena detaliczna m -tego środka mechanizacji rolnictwa (zł),

Wr_m – wykorzystanie roczne m -tego środka mechanizacji rolnictwa (godzin \cdot rok $^{-1}$),

T_m – okres żywotności m -tego środka mechanizacji rolnictwa (lat).

W przypadku maszyn usługodawców zakłada się, że ich roczne wykorzystanie gwarantuje przepracowanie w ciągu okresu żywotności liczby godzin równej potencjałowi eksploatacyjnemu tych maszyn. Wówczas koszt amortyzacji obliczano według formuły:

$$Ka_m = \frac{C_m}{Tr_m} \quad (4)$$

gdzie:

Tr_m – potencjał eksploatacyjny m -tego środka mechanizacji rolnictwa (godzin).

Według wzoru (4) liczono też koszt amortyzacji opryskiwacza w wariantcie energooszczędnym, gdyż iloczyn liczby godzin pracy tej maszyny w ciągu roku i liczby lat okresu jej żywotności jest większy niż potencjał eksploatacyjny.

Maksymalne liczby lat okresu żywotności środków mechanizacji rolnictwa, ich potencjał eksploatacyjny oraz wartości wskaźników kosztów napraw w relacji do cen maszyn przyjęto według Muzalewskiego (2010).

Zmiana technologii produkcji w gospodarstwie rolnym wiąże się z zaprzestaniem użytkowania pewnej liczby środków mechanizacji rolnictwa, których potencjał eksploatacyjny oraz liczba lat uzasadnionego ekonomicznie okresu żywotności nie zostały osiągnięte. Środki te nie zostały zatem w pełni zamortyzowane. Zgodnie z opublikowaną wcześniej metodyką (Pawlak, 2017) o straty z tytułu niepełnego ich zamortyzowania należy powiększyć wartość nakładów inwestycyjnych, ponoszonych w związku ze zmianą technologii. Wartość strat oblicza się według formuły:

$$W_s = \sum_{m=1}^k C_m \cdot \frac{(T_m - W_m)}{T_m} \quad (5)$$

gdzie:

W_s – wartość niewykorzystanego potencjału eksploatacyjnego w wyniku zaprzestania użytkowania środków mechanizacji rolnictwa z powodu zmiany technologii produkcji roślinnej w modelowym gospodarstwie rolnym (zł),

W_m – wiek środka mechanizacji rolnictwa wyłączonego z eksploatacji (lat).

W przypadku, gdy w samym gospodarstwie dodatkowe inwestycje nie występują, a czynności związane ze stosowaniem energooszczędnego wariantu technologii są wykonywane w formie usług z zewnątrz, w kalkulacji kosztów, cenę maszyny zastosowanej podczas świadczenia usługi powiększa się o wartość wspomnianych strat. Kwotę tych strat pomniejsza się o wartość sprzedaży zbędnego sprzętu, a w przypadku braku potencjalnych nabywców o wartość złomu, liczoną jako ilość masy złomowanych środków mechanizacji i ceny złomu.

Wyniki badań i ich analiza

W wyniku zmiany technologii produkcji w modelowym gospodarstwie zaprzestano użytkowania: siewnika rządowego w wieku 11 lat, pługa trzyskibowego do orki (8 lat), pięcioskibowego pługa podorywkowego, brony uprawowej pięciopolowej i pielnika (po 10 lat) oraz agregatu uprawowego (5 lat). Wymieniona maszyna oraz narzędzia nie zostały w pełni zamortyzowane. Z uwagi na brak potencjalnych nabywców o straty z tytułu niepełnego wykorzystania potencjału należałoby powiększyć wartość nakładów inwestycyjnych ponoszonych w związku ze zmianą technologii. Ponieważ jednak w samym gospodarstwie nie było dodatkowych inwestycji, o wartość strat powiększono cenę zestawu do uprawy i siewu bezpośredniego, stanowiącą podstawę kalkulacji kosztów jego eksploatacji.

Szacunek strat z powodu niewykorzystania potencjału zdolności przerobowej środków mechanizacji, których użytkowania zaprzestano w modelowym gospodarstwie rolnym wskutek zmiany technologii produkcji, przedstawiono w tabeli 1.

W modelowym gospodarstwie rolnym, będącym przedmiotem niniejszych badań, dodatkowe inwestycje nie występują, a czynności związane ze stosowaniem energooszczędnego wariantu technologii są wykonywane w formie usług z zewnątrz. Dlatego w kalkulacji kosztów cenę zestawu do uprawy i siewu bezpośredniego zastosowaną podczas świadczenia usługi powiększa się o wartość strat z tytułu niewykorzystanego potencjału eksploatacyjnego środków mechanizacji rolnictwa nieprzydatnych w gospodarstwie po zmianie technologii. Przyjęto, że z uwagi na brak potencjalnych nabywców tych środków wartość podaną w tabeli 1 pomniejszamy o wartość złomu. Wartość złomu kasowanych środków mechanizacji rolnictwa o łącznej masie 2500 kg wynosi ok. 1600 zł. Po pomniejszeniu sumy niewykorzystanej wartości potencjału eksploatacyjnego tych środków z tabeli 1 o tę kwotę cenę zestawu do uprawy i siewu bezpośredniego, podaną w tabelach 9-12, powiększono o 22 183 zł i odpowiednią wartość (391 183 zł) zamieszczono w tabeli 3 jako podstawę kalkulacji kosztów jego eksploatacji.

Tabela 1

Ekonomiczne skutki niepełnego wykorzystania potencjału eksploatacyjnego środków mechanizacji rolnictwa, wyłączonych z produkcji w modelowym gospodarstwie rolnym

nazwa	Maszyna lub narzędzie			Liczba przepracowanych godzin (h)			Wartość niewykorzystana (zł)
	cena (zł)	wiek (lat)	okres żywotności (lat)	w roku (h·rok ⁻¹)	dotychczas (h)	potencjalnie (h)	
Pług podorywkowy	5 350	10	20	47	470	940	2 675
Brona uprawowa	2 310	10	20	66	660	1 320	1 155
Pług trzyskibowy	5 000	8	20	72	576	1 440	3 000
Agregat uprawowy	8 496	5	20	12	60	240	6 372
Siewnik rzędowy	21 290	11	20	30	180	600	9 581
Pielnik	3 000	10	15	5	50	75	1 000
Razem							23 783

Źródło: obliczenia własne.

Wyniki obliczeń rocznego wykorzystania środków mechanizacji rolnictwa oraz zużycia nośników energii w modelowym gospodarstwie rolnym zastosowano podczas kalkulacji kosztów eksploatacji ciągników, maszyn, narzędzi i urządzeń w tym gospodarstwie. Koszty eksploatacji tych środków w przypadku zastosowania tradycyjnego wariantu technologii produkcji roślinnej przedstawiono w tabeli 2, a dla energooszczędnego – w tabeli 3.

W tabelach 2 i 3 przedstawiono zestawy środków mechanizacji rolnictwa, będące na wyposażeniu gospodarstwa modelowego przed i po modernizacji mającej na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Podano w nich także podstawowe parametry techniczne (moc silników oraz szerokości robocze), a także maksymalne wartości okresów żywotności (użytkowania) w latach i potencjał eksploatacyjny (liczbę godzin możliwą do przepracowania w ciągu okresu żywotności poszczególnych środków mechanizacji). Wartości te stanowiły podstawę obliczeń kosztów amortyzacji. W przypadku niskiego rocznego poziomu wykorzystania potencjał eksploatacyjny nie był w pełni użytkowany. Natomiast, gdy wykorzystanie roczne było wysokie – rzeczywista liczba lat była mniejsza od podanej w tabelach.

W wyniku zmiany technologii produkcji roślinnej w modelowym gospodarstwie rolnym zmniejszyło się o 31,5% wykorzystanie ciągnika będącego na wyposażeniu tego gospodarstwa. Spowodowało to z jednej strony zwiększenie jednostkowego kosztu eksploatacji tego ciągnika (w zł·h⁻¹) o 23,2%, z drugiej zaś – zmniejszenie rocznego kosztu jego pracy w gospodarstwie o 23,3%. Natomiast dzięki zwiększeniu o 265,7% rocznego wykorzystania opryskiwacza koszt jednostkowy eksploatacji zmniejszył się o 47,5%, jednak roczny koszt jego pracy w gospodarstwie wzrósł o 92,0%.

Zastąpienie tradycyjnej uprawy agregatem do uprawy i siewu bezpośredniego (w formie usługi) spowodowało zwiększenie rocznych kosztów eksploatacji sprzętu stosowanego podczas wykonywania tych zabiegów w modelowym gospodarstwie rolnym o 308,5%.

Tabela 2
Koszty eksploatacji środków mechanizacji rolnictwa w modelowym gospodarstwie rolnym – wariant tradycyjny

Wyszczególnienie	Moc (kW)	Szerokość robocza (m)	Cena (zł)	Wykorzystanie roczne (h)		Okres żywotności (lat)	Potencjał eksploatacyjny (h)	Współczynnik kosztu napraw k_n	Jednostkowy koszt eksploatacji (zł·h ⁻¹)			Roczny koszt eksploatacji (zł·gosp. ⁻¹)	
				ogółem	w tym w gospodarstwie				amortyzacja	naprawy	energia		razem
Ciągnik	37		107 900	435	435	20	12 000	0,9	12,40	11,16	23,10	46,66	16 939,17
Ładowacz samojezdny	36		70 000	73	73	16	4 800	0,7	59,93	41,95	23,56	125,45	250,89
Przyczepa			31 100	190	190	20	6 000	0,9	8,18	7,37		15,55	1 834,90
Plug 5-skiłbowy, podorywkowy		1,5	5 350	47	47	20	2 000	0,8	5,69	4,55		10,24	481,50
Brona 5-polowa		5,2	2 310	66	66	20	1 900	0,9	1,75	1,58		3,33	219,45
Plug 3-skiłbowy		1,2	5 000	72	72	20	2 000	1,0	3,47	3,47		6,94	500,00
Agregat uprawowy		3	8 496	12	12	20	1 600	0,8	35,40	28,32		63,72	764,64
Rozsiewacz nawozów		12	5 790	46	46	15	1 000	1,1	8,39	9,23		17,62	810,60
Zaprawiarka	1,4		4 450	3	3	15	1 000	1,1	98,89	108,78	0,90	208,56	625,69
Siewnik nasion		3	21 290	30	30	20	1 400	1,0	35,48	35,48		70,97	2 129,00
Pielnik		3	3 000	5	5	15	840	1,0	40,00	40,00		80,00	400,00
Opryskiwacz ze zbiornikiem 400 l		12	5 750	35	35	15	1 000	0,6	10,95	6,57		17,52	613,33
Kombajn zbożowy 4,2 m	99	4,2	476 030	300	36	20	3 000	0,8	158,68	126,94	73,92	359,54	12 943,37
Przenośnik ślimakowy	3,0		3 630	50	50	16	1 500	0,7	4,54	3,18	1,92	9,63	57,80
Ogółem													38 570,34

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3
Koszty eksploatacji środków mechanizacji rolnictwa w modelowym gospodarstwie rolnym – wariant energooszczędny

Wyszczególnienie	Moc (kW)	Szerokość robocza (m)	Cena (zł)	Wykorzystanie roczne (h)		Okres żywotności (lat)	Potencjał eksploatacyjny (h)	Współczynnik kosztu napraw K_n	Jednostkowy koszt eksploatacji (zł·h ⁻¹)			Roczny koszt eksploatacji (zł·gosp. ⁻¹)	
				ogółem	w tym w gospodarstwie				amortyzacja	naprawy	energia		razem
Ciągnik	37		107 900	298	298	20	12 000	0,9	18,10	16,29	23,10	57,50	12 994,47
Ciągnik	120		270 000	1 200	30	20	12 000	0,9	22,50	20,25	23,10	65,85	1 975,50
Ładowacz samojezdny	36		70 000	73	73	16	4 800	0,7	59,93	41,95	23,56	125,45	250,89
Przyczepa			31 100	187	187	20	6 000	0,9	8,32	7,48		15,80	1 816,94
Rozstawiacz nawozów	1,4	12	5 790	46	46	15	1 000	1,1	8,39	9,23		17,62	810,60
Zaprawiarka			4 450	3	3	15	1 000	1,1	98,89	108,78	0,90	208,56	625,69
Zestaw do uprawy i siewu bezpośredniego		3	391 183	140	30	10	1 400	1,0	279,42	279,42		558,83	16 764,99
Opryskiwacz ze zbiornikiem 400 l		12	5 750	128	128	15	1 000	0,6	5,75	3,45		9,20	1 177,60
Kombajn zbożowy	99	4,2	476 030	300	33	20	3 000	0,8	158,68	126,94	73,92	359,54	11 864,75
Przenośnik ślimakowy	3,0		3 630	50	50	16	1 500	0,7	4,54	3,18	1,92	9,63	57,80
Ogółem													48 339,23

Źródło: opracowanie własne.

Wskutek zmniejszenia plonów roślin roczne koszty ich zbioru kombajnem zbożowym w formie usługi zmniejszyły się o 8,3%. Z tego samego powodu zmniejszyły się o 1,6% wykorzystanie przyczepy, co spowodowało zwiększenie jednostkowego kosztu jej eksploatacji o 1,6% z jednoczesnym obniżeniem o 1,0% rocznych kosztów jej eksploatacji w pracach związanych bezpośrednio z produkcją roślinną gospodarstwa modelowego.

Łączne koszty eksploatacji środków mechanizacji rolnictwa w modelowym gospodarstwie rolnym (z uwzględnieniem sprzętu zaangażowanego w formie usług) zwiększyły się o 25,2% w skali roku, mimo zmniejszenia zużycia oleju napędowego o 26,8%.

Zastosowanie energooszczędnego wariantu technologii w modelowym gospodarstwie rolnym spowodowało zmniejszenie emisji CO₂ wskutek spalania oleju napędowego z 6,0 do 4,2 ton, czyli o 30%. Badania litewskie wykazały, że zastosowanie różnych form uprawy uproszczonej powodują zmniejszenie emisji CO₂, związanej z mechanizacją, o 12-58% (Šarauskis i in., 2014). Jednocześnie wartość uzyskanej produkcji według cen skupu z 2016 roku zgodnie z danymi GUS (2017) w gospodarstwie modelowym zmniejszyła się o blisko 10% (tab. 4).

Tabela 4

Wyniki produkcji roślinnej w modelowym gospodarstwie rolnym w cenach z 2016 roku

Rodzaj produktu	Cena skupu (zł/t)	Zbiór (t) w przypadku zastosowania wariantu		Wartość produkcji (zł) w przypadku zastosowania wariantu	
		tradycyjnego	energooszczędnego	tradycyjnego	energooszczędnego
pszenica	620,2	50	45	31 010	27 909
groch	1 080,8	28	25	30 262,4	27 020
rzepak	1 616,7	17,5	16	28 292,25	25 867,2
gryka	1 586,7	11,5	10,5	18 247,05	16 660,35
Razem				107 811,70	97 456,55

Źródło: obliczenia własne.

Mimo spadku produkcji w następstwie zastąpienia tradycyjnego wariantu technologii produkcji roślinnej energooszczędnym, w modelowym gospodarstwie rolnym uzyskano zmniejszenie emisji CO₂, będącej wynikiem zużycia nośników energii podczas wykonywania prac w produkcji roślinnej w przeliczeniu na jednostkę wartości uzyskanej produkcji o 22,6%. Z punktu widzenia ochrony środowiska zmiana technologii jest uzasadniona. Inaczej przedstawia się obraz zmian z perspektywy gospodarstwa rolnego. Z powodu spadku plonów zmiana technologii produkcji powoduje w modelowym gospodarstwie rolnym zmniejszenie wartości uzyskiwanej produkcji o 10 355 zł z jednoczesnym zwiększeniem kosztów eksploatacji środków mechanizacji o 9769 zł. Wobec niezmiennych kosztów nawożenia oraz materiału siewnego oznacza to zmniejszenie rocznego dochodu rolnika o 20 124 zł, czyli o 670,80 zł w przeliczeniu na hektar użytków rolnych. Z ekono-

micznego punktu widzenia taka zmiana jest więc nieuzasadniona. Do zmiany technologii na energooszczędną rolnika mogłaby skłonić jedynie odpowiednia rekompensata poniesionych strat.

Podsumowanie

Zastąpienie tradycyjnej uprawy agregatem do uprawy i siewu bezpośredniego (w formie usługi) spowodowało zwiększenie rocznych kosztów eksploatacji sprzętu stosowanego podczas wykonywania tych zabiegów w modelowym gospodarstwie rolnym o 308,5%.

Łączne koszty eksploatacji środków mechanizacji rolnictwa w modelowym gospodarstwie rolnym (z uwzględnieniem sprzętu zaangażowanego w formie usług) zwiększyły się o 25,2% w skali roku, mimo zmniejszenia zużycia oleju napędowego o 26,8%.

W obliczeniach ekonomicznych skutków redukcji emisji gazów cieplarnianych w produkcji roślinnej uwzględniono niewykorzystany potencjał środków mechanizacji rolnictwa, stosowanych w tradycyjnej technologii produkcji.

Zastąpienie tradycyjnego wariantu technologii produkcji roślinnej energooszczędnym w modelowym gospodarstwie rolnym powoduje redukcję emisji CO₂ w przeliczeniu na jednostkę wartości uzyskanej produkcji o 22,6%.

Zmiana technologii, uzasadniona z punktu widzenia ochrony środowiska, nie jest wykonalna z uwagi na zwiększenie kosztów eksploatacji środków mechanizacji i zmniejszenie wartości uzyskiwanej produkcji roślinnej w modelowym gospodarstwie rolnym. Przewyciężenie tej bariery wymagałoby zastosowania odpowiedniego wsparcia finansowego, z odpowiednimi konsekwencjami dla budżetu państwa.

W tej sytuacji uzasadnionych ekonomicznie możliwości zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych należy poszukiwać przede wszystkim w upowszechnianiu stosowania praktyk optymalizujących aplikację nawozów mineralnych zawierających azot. Wiąże się to między innymi z wdrażaniem systemu rolnictwa precyzyjnego umożliwiającego uwzględnienie zmienności warunków siedliskowych. Fakt ten generuje potrzebę oceny ekonomicznych i ekologicznych skutków zastosowania środków mechanizacji dostosowanych do wymogów rolnictwa precyzyjnego, co jest kolejnym problemem badawczym do rozwiązania.

Przedstawiony przykład zastosowania metody opisanej we wcześniejszej publikacji potwierdza jej przydatność w zastosowaniu do oceny ekonomicznych i ekologicznych skutków wdrażania technologii produkcji roślinnej powodującej redukcję emisji CO₂.

Literatura

- Akbarnia, A., Fahrani, F. (2014). Study of fuel consumption in three tillage methods. *Research in Agricultural Engineering*, vol. 60, no. 4, s. 142-147.
- Barut, Z.B., Ertekin, C., Karaagac, H.A. (2011). Tillage effects on energy use for corn silage in Mediterranean Coastal of Turkey. *Energy*, vol. 36, issue 9, s. 5466-5475.
- Beach, R.H., Creason, J., Ohrel, S.B., Ragnauth, S., Ogle, S., Li, C., Ingraham, P., Salas, W. (2015). Global mitigation potential and costs of reducing agricultural non-CO₂ greenhouse gas emissions through 2030. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, vol. 12, issue sup. 1, s. 87-105.
- Biskupski, A., Sekutowski, T.R., Włodek, S., Smagacz, J., Owsiak, Z. (2014). Wpływ międzyplonów oraz różnych technologii uprawy roli na plonowanie kukurydzy. *Inżynieria Ekologiczna*, nr 38, s. 7-16.
- Golka, W., Ptaszyński, S. (2014). Nakłady na uprawę roli w technologii zachowawczej i tradycyjnej. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, nr 3(86), s. 31-47.
- GUS (2017). *Ceny w gospodarce narodowej w 2017 r.* Warszawa: GUS.
- Horovitz, J., Gottlieb, J. (2010). The role of agriculture in reducing greenhouse gas emissions. *Economic Brief*, no. 15. USDA Economic Research Service, Washington DC, s. 8.
- Muzalewski, A. (2010). *Koszty eksploatacji*. Falenty-Warszawa: ITP
- Parton, W.J., Del Grosso, S.J., Marx, E., Swan, A.L. (2011). Agriculture's role in cutting greenhouse gas emissions. *Issues in Science and Technology*, vol. 27, no. 4, s. 29-32.
- Paustian, K., Antle, J.M., Sheehan, J., Paul, E.A. (2006). *Agriculture's role in greenhouse gas mitigation*. PEW Center on Global Climate Change.
- Pawlak, J. (2015). Rolnictwo a środowisko naturalne. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, nr 1(87), s. 17-28.
- Pawlak, J. (2017). Założenia metodyczne do oceny ekonomicznych skutków redukcji emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, nr 2(351), s. 138-151.
- Polski FADN (2017). *Wyniki Standardowe Polskiego FADN (rok obrachunkowy 2015)*. Warszawa: IERiGŻ-PIB. Pobrane z: <http://fadn.pl/wp-content/uploads/2017/01/WS-R2015-WS.pdf> (data dostępu: 10.01.2018).
- Sánchez, B., Iglesias, A., McVittie, A., Álvaro-Fuentes, J., Ingram, J., Mills, J., Lesschen J.P., Kuikman, P.J. (2016). Management of agricultural soils for greenhouse gas mitigation: Learning from a case study in NE Spain. *Journal of Environmental Management*, vol. 170, s. 37-49.
- Sørensen, C.G., Halberg, N., Oudshoorn, F.W., Petersen, B.M., Dalgaard, R. (2014). Energy inputs and GHG emissions of tillage systems. *Biosystems Engineering*, vol. 120, s. 2-14.
- Šarauskis, E., Buragiene, S., Masilionyte, L., Romaneckas, K., Avizienyte, D., Sakalauskas, A. (2014). Energy balance, costs and CO₂ analysis of tillage technologies in maize cultivation. *Energy*, vol. 69, s. 227-235.
- Żyłowski, T. (2017). Efektywność środowiskowa i ekonomiczna rolnictwa konserwującego. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, vol. 52, z. 6, s. 119-138.

Tabela 5
Karta technologiczna produkcji pszenicy ozimej na polu o glebie średniej (powierzchnia 2x5 ha, plon ziarna 5 t·ha⁻¹, przedplon – rzepak ozimy, groch wariant tradycyjny)

Czynności	Do wyko-		Maszyna, narzędzie lub urządzenie			Źródło napędu			Ob- sługa (osób)	Wydaj- ność W ₀₇ (j.m.·h ⁻¹)	Okres agrotechniczny miesiąca, dekada	
	(ha)	(t)	nazwa	cena (zł)	(szt.)	nazwa	moc (kW)	cena (zł)				
Podorywka	10		Plug 5-skibowy, podorywkowy	5 350	1	Ciągnik	37	107 900	1	0,65	VII,2-VIII,1	5
Bronowanie uprawowe	30		Brona zębata, 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	VII,1-IX,2	5
Orka	10		Plug 3-skibowy	5 000	1	Ciągnik	37	107 900	1	0,42	IX, 1-2	10
Załadunek nawozów	7,0		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	IX, 1-2	10
Przewóz nawozów	7,0		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	8,75	IX, 1-2	10
Siew nawozów	10		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,25	IX, 1-2	10
Przygotowanie nasion	1,6		Zaprawiarka nasion	4 450	1	Silnik	1,4		1	2,00	IX, 3	6
Załadunek nasion	1,6		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	IX, 3	5
Przewóz nasion	1,6		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	4,00	IX, 3	5
Siew pszenicy	10		Siewnik zbożowy o szer. roboczej 3 m	21 290	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,00	IX, 3	5
Bronowanie posiewne	10		Brona 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	IX,3	5
Opryskiwanie	10		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	III, 3-IV, 1	6
Załadunek nawozów	2,0		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	III, 3-IV, 1	6
Przewóz nawozów	2,0		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	5,00	III, 3-IV, 1	6
Siew nawozów	10		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,40	III, 3-IV, 1	6
Bronowanie pielęgnacyjne	10		Brona 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	III, 3-IV,2	6
Opryskiwanie	10		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	V, 2	4
Zbiór ziarna	10		Kombajn zbożowy 4,2 m z rozdrabniaczem słomy	476 030	1	Silnik	99		1	0,90	VIII; 1-2	6
Transport ziarna	50		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	4,50	VIII; 1-2	6
Załadunek ziarna	50		Przenośnik ślimakowy	3 630	1	Silnik	3		1	20,00	VIII; 1-2	6
Magazynowanie ziarna	50		Silos zbożowy o pojemności 57 t	12 100	1							

Objaśnienie: j.m. – jednostka miary.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6
Karta technologiczna produkcji grochu na polu o glebie średniej (powierzchnia 2x5 ha, plon ziarna 2,8 t·ha⁻¹), przedplon – pszenica ozima, gryka wariant tradycyjny

Czynności	Do wyko-		Maszyna, narzędzie lub urządzenie			Źródło napędu			Ob- sługa (osób)	Wydaj- ność W ₀₇ (j.m.·h ⁻¹)	Okres agrotechniczny miesiąc, dekada	
	nia (j.m.) (ha)	(t)	nazwa	cena (zł)	(szt.)	nazwa	moc (kW)	cena (zł)				
Podorywka	10		Plug 5-skiibowy, podorywkowy, brona	5 350	1	Ciągnik	37	107 900	1	0,65	VIII,1-IX,2	6
Bronowanie uprawowe	20		Brona zębata, 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	VIII,3-IX,2	15
Załadunek nawozów	4,0		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	X, 1-3	20
Przewóz nawozów	4,0		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	8,75	X, 1-3	20
Siew nawozów	10		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,25	X, 1-3	20
Orka	10		Plug 3-skiibowy	5 000	1	Ciągnik	37	107 900	1	0,42	X, 1-3	20
Bronowanie uprawowe	20		Brona zębata, 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	III, 2-3	55
Załadunek nawozów	1,0		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	III, 3-IV, 1	5
Przewóz nawozów	1,0		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	5,00	III, 3-IV, 1	5
Siew nawozów	10		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,40	III, 3-IV, 1	5
Uprawa przedsiewna	10		Agregat uprawowy	8 496	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,30	III, 3-IV, 1	5
Przygotowanie nasion	2,0		Zaprawiarka nasion	4 450	1	Silnik	1,4		1	2,00	III, 3-IV, 1	5
Załadunek nasion	2,0		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	III, 3-IV, 1	5
Przewóz nasion	2,0		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	4,00	III, 3-IV, 1	5
Siew grochu	10		Siewnik zbożowy o szerokości roboczej 3 m.	21 290	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,00	III, 3-IV, 1	5
Bronowanie posiewne	10		Brona 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	III, 3-IV, 1	5
Opryskiwanie	10		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	III, 3-IV, 1	5
Bronowanie pielęgnacyjne	10		Brona 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	IVI, 1-3	5
Opryskiwanie	30		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	IV, 2-VII, 1	8
Zbiór ziarna	10		Kombajn zbożowy 4,2 m z rozdrabniaczem słomy	476 030	1	Silnik	99		1	0,90	VII, 2-3	
Transport ziarna	28		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,52	VII, 2-3	6

Objaśnienie: j.m. – jednostka miary.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7
Karta technologiczna produkcji rzepaku ozimego na polu o glebie średniej (powierzchnia 5 ha, plon ziarna 3,5 t·ha⁻¹), przedplon – groch wariant tradycyjny

Czynności	Do wyko-		Maszyna, narzędzie lub urządzenie		Źródło napędu			Ob- stuga (osób)	Wydaj- ność W ₀₇ (j.m.·h ⁻¹)	Okres agrotechniczny miesiąc, dekada	(dni)	
	(ha)	(t)	nazwa	cena (zł)	(szt.)	nazwa	moc (kW)					
Podorywka	5		Plug 5-skitbowy, podorywkowy	5 350	1	Ciagnik	37	107 900	1	0,65	VII, 2-3	5
Bronowanie uprawowe	15		Brona zębata, 5-polowa	2 310	1	Ciagnik	37	107 900	1	2,60	VII, 2-VIII, 3	5
Orka	5		Plug 3-skitbowy	5 000	1	Ciagnik	37	107 900	1	0,42	VII, 3-VIII, 1	6
Załadunek nawozów	5,0		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	VII, 3-VIII, 1	6
Przewóz nawozów	5,0		Przyczepa rolnicza samowytładowca	31 100	1	Ciagnik	37	107 900	1	8,75	VII, 3-VIII, 1	6
Siew nawozów	5		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciagnik	37	107 900	1	1,25	VII, 3-VIII, 1	6
Przygotowanie nasion	0,4		Zaprawiarka nasion	4 450	1	Silnik	1,4		1	2,00	VIII, 1-3	6
Załadunek nasion	0,4		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	VIII, 1-3	5
Przewóz nasion	0,4		Przyczepa rolnicza samowytładowca	31 100	1	Ciagnik	37	107 900	1	4,00	VIII, 1-3	5
Siew rzepaku	5		Siewnik zbożowy o szerokości roboczej 3 m	21 290	1	Ciagnik	37	107 900	1	1,00	VIII, 1-3	5
Bronowanie posiewne	5		Brona 5-polowa	2 310	1	Ciagnik	37	107 900	1	2,60	VIII, 1-3	5
Uprawa międzyrzędowa	5		Pielnik	3 000	1	Ciagnik	37	107 900	1	1,00	IX, 3-X, 1	12
Załadunek nawozów	3,0		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	III, 3-IV, 1	6
Przewóz nawozów	3,0		Przyczepa rolnicza samowytładowca	31 100	1	Ciagnik	37	107 900	1	5,00	III, 3-IV, 1	6
Siew nawozów	5		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciagnik	37	107 900	1	1,40	III, 3-IV, 1	6
Bronowanie pielęgnacyjne	5		Brona 5-polowa	2 310	1	Ciagnik	37	107 900	1	2,60	III, 3-IV, 1	6
Opryskiwanie	10		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciagnik	37	107 900	1	1,45	IV, 3-V, 1	6
Bronowanie pielęgnacyjne	5		Brona 5-polowa	2 310	1	Ciagnik	37	107 900	1	2,60	III, 3-IV, 1	6
Opryskiwanie desykacyjne	5		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciagnik	37	107 900	1	1,45	VII, 1	5
Zbiór ziarna	5		Kombajn zbożowy 4,2 m z rozdrabniaczem słomy	476 030	1	Silnik	99		1	0,59	VII; 1-2	5
Transport ziarna	17,5		Przyczepa rolnicza samowytładowca	31 100	1	Ciagnik	37	107 900	1	2,06	VII; 1-2	5

Objaśnienie: j.m. – jednostka miary.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 8
Karta technologiczna produkcji gryki na polu o glebie średniej (powierzchnia 5 ha, plon ziarna 2,3 t·ha⁻¹), przedplon – pszenica o zima wariant tradycyjny

Czynności	Do wyko-		Maszyna, narzędzie lub urządzenie		Źródło napędu			Wydaj- ność W ₀₇ (j.m.·h ⁻¹)	Okres agrotechniczny miesiąca, dekada			
	(ha)	(t)	nazwa	cena (zł)	(szt.)	nazwa	moc (kW)			cena (zł)	Ob- sługa (osób)	
Podorywka	5		Plug 5-skbkowy, podorywkowy, brona	5 350	1	Ciągnik	37	107 900	1	0,65	VIII,1-2	6
Bronowanie uprawowe	10		Brona zębata, 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	VIII,3-IX,3	15
Załadunek nawozów	3,5		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	X, 1-3	20
Przewóz nawozów	3,5		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	8,75	X, 1-3	20
Siew nawozów	5		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,25	X, 1-3	20
Orka	5		Plug 3-skbkowy	5 000	1	Ciągnik	37	107 900	1	0,42	X, 1-3	20
Bronowanie uprawowe	10		Brona zębata, 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	III, 2-3	55
Załadunek nawozów	1,0		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	III, 3-V, 1	5
Przewóz nawozów	1,0		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	5,00	III, 3-V, 1	5
Siew nawozów	5		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,40	III, 3-V, 1	5
Uprawa przedsiwina	5		Agregat uprawowy	8 496	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,30	V, 1-2	5
Przygotowanie nasion	0,34		Zaprawiarka nasion	4 450	1	Silnik	1,4		1	2,00	V, 2-3	5
Załadunek nasion	0,34		Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	V, 2-3	5
Przewóz nasion	0,34		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	4,00	V, 2-3	5
Siew gryki	5		Siewnik zbożowy o szerokości roboczej 3 m	21 290	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,00	V, 2-3	5
Bronowanie postiewne	5		Brona 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	V, 2-3	5
Bronowanie pielęgnacyjne	5		Brona 5-polowa	2 310	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,60	VI, 1-3	5
Opryskiwanie desykacyjne	5		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	IX, 1	6
Zbiór ziarna	5		Kombajn zbożowy 4,2 m z rozdrabniaczem słomy	476 030	1	Silnik	99		1	0,90	IX, 2	6
Transport ziarna	11,5		Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,07	IX, 2	6

Objaśnienie: j.m. – jednostka miary.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 9
Karta technologiczna produkcji pszenicy ozimej na polu o glebie średniej (powierzchnia 2x5 ha, plon ziarna 4,5 t·ha⁻¹), przedplon – rzepak ozimy, groch wariant energooszczędny

Czynności	Do wyko- nania (j.m.)		Maszyna, narzędzie lub urządzenie		Źródło napędu			Ob- sługa (osób)	Wydaj- ność W ₀₇ (j.m.·h ⁻¹)	Okres agrotechniczny miesiąc, dekada		
	(ha)	(t)	nazwa	cena (zł)	(szt.)	nazwa	moc (kW)				cena (zł)	
Opryskiwanie	20		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	VII,1-IX,2	20
Załadunek nawozów		7,0	Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	IX, 1-2	10
Przewóz nawozów		7,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	8,75	IX, 1-2	10
Siew nawozów	10		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,25	IX, 1-2	10
Przygotowanie nasion		1,6	Zaprawiarka nasion	4 450	1	Silnik	1,4		1	2,00	IX, 3	6
Załadunek nasion		1,6	Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	IX, 3	5
Przewóz nasion		1,6	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	4,00	IX, 3	5
Siew pszenicy	10		Zestaw do uprawy i siewu bezpośredniego	369 000	1	Ciągnik	120	319 800	1	1,00	IX, 3	4
Opryskiwanie	20		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	III, 3-IV, 1	3
Załadunek nawozów		2,0	Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	III, 3-IV, 1	6
Przewóz nawozów		2,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	5,00	III, 3-IV, 1	6
Siew nawozów	10		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,40	III, 3-IV, 1	6
Opryskiwanie	20		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	IV, 3-V, 2	6
Zbiór ziarna	10		Kombajn zbożowy 4,2 m z rozdrabniaczem słomy	476 030	1	Silnik	99		1	1,00	VIII; 1-2	6
Transport ziarna		45	Przyczepa rolnicza samowyładowcza 5 t	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	4,50	VIII; 1-2	6
Załadunek ziarna		45	Przenośnik ślimakowy	3 630	1	Silnik	3		1	20,00	VIII; 1-2	6
Magazynowanie ziarna		45	Silos zbożowy o pojemności 57 t	12 100	1							

Objaśnienie: j.m. – jednostka miary.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 10
Karta technologiczna produkcji grochu na polu o glebie średniej (powierzchnia 2x5 ha, plon ziarna 2,5 t·ha⁻¹), przedplon – pszenica ozima, gryka wariant energooszczędny

Czynności	Do wyko-		Maszyna, narzędzie lub urządzenie	Źródło napędu		Ob- sługa (osób)	Wydaj- ność W ₀₇ (j.m.·h ⁻¹)	Okres agrotechniczny miesiąc, dekada			
	(ha)	(t)		cena (zł)	nazwa (szt.)				moc cena (kW) (zł)		
Opryskiwanie	30		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37 107 900	1	1,45	VIII,1-IX,3	16
Załadunek nawozów		4,0	Ładownic samojedyny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36	1	25,00	X, 1-3	20
Przewóz nawozów		4,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37 107 900	1	8,75	X, 1-3	20
Siew nawozów	10		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37 107 900	1	1,25	X, 1-3	20
Załadunek nawozów		1,0	Ładownic samojedyny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36	1	25,00	III, 3-IV, 1	5
Przewóz nawozów		1,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37 107 900	1	5,00	III, 3-IV, 1	5
Siew nawozów	10		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37 107 900	1	1,40	III, 3-IV, 1	5
Przygotowanie nasion		2,0	Zaprawiarka nasion	4 450	1	Silnik	1,4	1	2,00	III, 3-IV, 1	5
Załadunek nasion		2,0	Ładownic samojedyny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36	1	25,00	III, 3-IV, 1	5
Przewóz nasion		2,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37 107 900	1	4,00	III, 3-IV, 1	5
Siew grochu	10		Zestaw do uprawy i siewu bezpośredniego	369 000	1	Ciągnik	120 319 800	1	1,00	III, 3-IV, 1	5
Opryskiwanie	20		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37 107 900	1	1,45	III, 3-IV, 1	5
Opryskiwanie	30		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37 107 900	1	1,45	IV, 2-VII, 1	8
Zbiór ziarna	10		Kombajn zbożowy 4,2 m z rozdrabniaczem słomy	476 030	1	Silnik	99	1	0,99	VII, 2-3	6
Transport ziarna		25,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37 107 900	1	2,48	VII, 2-3	6

Objaśnienie: j.m. – jednostka miary.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 11
Karta technologiczna produkcji rzepaku ozimego na polu o glebie średniej (powierzchnia 5 ha, plon ziarna 3,2 t·ha⁻¹), przedplon –
groch wariant energooszczędny

Czynności	Do wyko-		Maszyna, narzędzie lub urządzenie		Źródło napędu			Ob- sługa (osób)	Wydaj- ność W ₀₇ (j.m.·h ⁻¹)	Okres agrotechniczny miesiąc, dekada		
	(ha)	(t)	nazwa	cena (zł)	(szt.)	nazwa	moc (kW)				cena (zł)	(szt.)
Opryskiwanie	15		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem	400	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	VII, 2-VIII, 3	5
Załadunek nawozów		5,0	Ładowacz samojezdny, przyczepa			Silnik	36		1	25,00	VII, 3-VIII, 1	20
Przewóz nawozów		5,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza			Ciągnik	37	107 900	1	8,75	VII, 3-VIII, 1	20
Siew nawozów	5		Rozsiewacz nawozów zawieszany			Ciągnik	37	107 900	1	1,25	VII, 3-VIII, 1	20
Przygotowanie nasion		0,4	Zaprawiarka nasion			Silnik	1,4		1	2,00	VIII, 1-3	5
Załadunek nasion		0,4	Ładowacz samojezdny, przyczepa			Silnik	36		1	25,00	VIII, 1-3	5
Przewóz nasion		0,4	Przyczepa rolnicza samowyładowcza			Ciągnik	37	107 900	1	4,00	VIII, 1-3	5
Siew rzepaku	5		Zestaw do uprawy i siewu bezpośredniego			Ciągnik	120	319 800	1	1,00	VIII, 1-3	5
Opryskiwanie	20		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem	400	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	III, 3-V, 1	5
Załadunek nawozów		3,0	Ładowacz samojezdny, przyczepa			Silnik	36		1	25,00	III, 3-IV, 1	5
Przewóz nawozów		3,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza			Ciągnik	37	107 900	1	5,00	III, 3-IV, 1	5
Siew nawozów	5		Rozsiewacz nawozów zawieszany			Ciągnik	37	107 900	1	1,40	III, 3-IV, 1	5
Opryskiwanie desykacyjne	5		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem	400	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	VII, 1	5
Zbiór ziarna	5		Kombajn zbożowy 4,2 m z rozdrabniaczem słomy			Silnik	99	476 030	1	0,65	VII; 1-2	5
Transport ziarna		16	Przyczepa rolnicza samowyładowcza 5 t			Ciągnik	37	107 900	1	2,08	VII; 1-2	5

Objaśnienie: j.m. – jednostka miary.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 12
Karta technologiczna produkcji gryki na polu o glebie średniej (powierzchnia 5 ha, plon ziarna 2,1 t·ha⁻¹), przedplon – pszenica ozima wariant energooszczędny

Czynności	Do wyko-		Maszyna, narzędzie lub urządzenie			Źródło napędu			Ob- sługa (osób)	Wydaj- ność W ₀₇ (j.m.·h ⁻¹)	Okres agrotechniczny miesiąc, dekada	
	(ha)	(t)	nazwa	cena (zł)	(szt.)	nazwa	moc (kW)	cena (zł)				
Opryskiwanie	15		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	VIII,1-IX,3	16
Załadunek nawozów		3,5	Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	X, 1-3	20
Przewóz nawozów		3,5	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	8,75	X, 1-3	20
Siew nawozów	5		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,25	X, 1-3	20
Opryskiwanie	5		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	III,3-IV,1	10
Załadunek nawozów		1,0	Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	III, 3-V, 1	5
Przewóz nawozów		1,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	5,00	III, 3-V, 1	5
Siew nawozów	5		Rozsiewacz nawozów zawieszany	5 790	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,40	III, 3-V, 1	5
Przygotowanie nasion		2,0	Zaprawiarka nasion	4 450	1	Silnik	1,4		1	2,00	V, 2-3	5
Załadunek nasion		2,0	Ładowacz samojezdny, przyczepa	70 000	1	Silnik	36		1	25,00	V, 2-3	5
Przewóz nasion		2,0	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	4,00	V, 2-3	5
Siew gryki	5		Zestaw do uprawy i siewu bezpośredniego	369 000	1	Ciągnik	120	319 800	1	1,00	V, 2-3	5
Opryskiwanie desykacyjne	5		Opryskiwacz 12 m ze zbiornikiem 400 l	5 750	1	Ciągnik	37	107 900	1	1,45	VI, 3-VII, 1	8
Zbiór ziarna	5		Kombajn zbożowy 4,2 m z rozdrabniaczem słomy	476 030	1	Silnik	99		1	0,99	VII, 1-2	6
Transport ziarna		10,5	Przyczepa rolnicza samowyładowcza	31 100	1	Ciągnik	37	107 900	1	2,07	VII, 1-2	6

Objaśnienie: j.m. – jednostka miary.

Źródło: opracowanie własne.

ASSESSMENT OF ECONOMIC EFFECTS OF GHG EMISSION REDUCTION ON THE EXAMPLE OF FIELD CROP FARMS

Abstract

The paper presents economic effects of using GHG emission reduction technologies on model farms. Replacement of traditional tillage with aggregate for direct tillage and seeding (as contractor services) caused increase in annual operation cost of tillage on the model farm by 308.5%. Total annual operation costs of farm machinery on model farm (including costs of contractor services) increased by 25.2% in spite of a decrease in Diesel oil consumption by 26.8%. CO₂ emissions per value unit of production decreased by 22.6%. Replacement of traditional crop production technology with energy-efficient one causes reduction of CO₂ emission per value unit of obtained production by 22.6%. Change of technology, advisable from the ecological point of view, is not realistic because of the increase in the machinery operation costs and decrease in the production value on model farm. This barrier could be overcome with the use of relevant financial support, which however has adequate consequences for the state budget.

Keywords: emission of GHGs, reduction, farm, cost.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 27.03.2018.