

SŁOMA JAKO ALTERNATYWNE ŹRÓDŁO ENERGII LUB MATERII ORGANICZNEJ W GLEBIE

MAREK ZIELIŃSKI
WOJCIECH ZIĘTARA

Abstrakt

Podstawowym celem opracowania jest próba oceny skutków przeznaczania nadwyżki słomy występującej w polskim rolnictwie na cele energetyczne lub jako źródło dodatkowej materii organicznej w glebie. W związku z tym omówiono zagadnienie dotyczące znaczenia słomy jako alternatywnego źródła energii oraz zwrócono uwagę na rolę materii organicznej w poprawie potencjału produkcyjnego gleb i sekwestracji dwutlenku węgla (CO₂). Co więcej, oceniono poddane ekonomiczne skutki i możliwości rozwoju gospodarstw rolnych posiadających nieujemne saldo sekwestracji CO₂ na tle pozostałych gospodarstw. W opracowaniu wykorzystano dane literaturowe oraz dane z 2069 gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiatkowych, które prowadziły rachunkowość dla Polskiego FADN w 2015 roku.

Słowa kluczowe: słoma, energia, materia organiczna, sekwestracja CO₂, gospodarstwo rolne, alternatywa.

Kody JEL: Q42, Q52, Q56.

Wprowadzenie

Poglądy pracowników nauki i decydentów, jak i szeroko pojętej opinii publicznej są daleko zbieżne w kwestii wpływu zwiększonej emisji gazów cieplarnianych¹ na zmiany klimatyczne przejawiające się ociepleniem klimatu i nasileniem niekorzystnych zjawisk, takich jak okresowe susze, gwałtowne burze i huragany. Główne źródło emisji gazów cieplarnianych to spalanie kopalnych nośników energii: węgla kamiennego i brunatnego, ropy naftowej oraz wytwarzanych z niej olejów napędowych i benzyny. Burzliwy rozwój przemysłu zapoczątkowany w połowie dziewiętnastego wieku, rozwój motoryzacji, a także miast (ogrzewanie mieszkań, klimatyzacja itp.) spowodował wzrost zapotrzebowania i zużycia energii. Jednocześnie rośnie świadomość ograniczoności zasobów kopalnych źródeł energii. Rozwój energii jądrowej z powodu występujących katastrof wywołuje opór społeczny i z tego powodu to źródło energii stało się mniej atrakcyjne.

W tej sytuacji rozpoczęto poszukiwania alternatywnych źródeł energii, przyjaznych dla środowiska, takich jak: energia wiatrowa, wodna, słoneczna, geotermalna, etanol i oleje roślinne, biogazownie oraz spalanie biomasy². Jednym ze składników biomasy jest słoma ze zbóż, kukurydzy, rzepaku i roślin strączkowych. Może być ona źródłem energii cieplnej (spalanie w specjalnych piecach) lub elektrycznej (spalana w elektrowniach). W opinii wielu autorów słomę można traktować jako źródło energii, które w procesie spalania nie zwiększa emisji gazów cieplarnianych (dwutlenku węgla³). W tej sytuacji zasadnym staje się pytanie o wykorzystanie słomy na cele energetyczne, w sytuacji gdy według powszechnie stosowanej w Europie klasyfikacji około 90% polskich gleb charakteryzuje się bardzo niskim (<1%) i niskim (1-2%) udziałem materii organicznej (Kuś i Kopiński, 2012). Dodatkowo aktualnie powszechne tendencje w polskim rolnictwie, tj. uproszczenie produkcji, wysoki udział zbóż w powierzchni zasiewów, niski udział roślin motylkowatych i traw w uprawach polowych, obniżająca się obsada zwierząt oraz upowszechnianie się bezściółkowych form chowu zwierząt przyczyniają się do spadku nawożenia organicznego i tym samym do obniżania udziału materii organicznej w glebie. Co ważne, według Kusia i Kopińskiego przeciętny bilans substancji organicznej w polskich glebach użytkowanych rolniczo (bez przyorywanej słomy) w latach 2000 i 2009 był ujemny i wynosił odpowiednio: -0,16 i -0,14 t/ha (Kuś i Kopiński, 2012).

Cel, materiał i metoda badań

Podstawowym celem opracowania jest próba oceny skutków przeznaczania nadwyżki słomy występującej w polskim rolnictwie na cele energetyczne lub jako źródła dodatkowej materii organicznej w glebie, a także ocena jej roli w poprawie

¹ Gazy cieplarniane – gazowe składniki atmosfery ziemskiej wywołujące efekt cieplarniany, tj. podwyższenie temperatury powierzchni Ziemi. Zalicza się do nich: parę wodną (H₂O), dwutlenek węgla (CO₂), metan (CH₄), podtlenek azotu (N₂O), dwutlenek siarki (SO₂), ozon (O₃), fluorowęglowodory (HFC_s), perfluorkarbon (PFCs) i sześćfluorek siarki (SF₆).

² Biomasa – stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji.

³ Spalanie słomy powoduje zerowe saldo emisji CO₂. Podczas spalania słomy emisja CO₂ wynosi bowiem tyle, ile jego akumulacja w okresie wegetacji roślin (Jarosz, 2016).

potencjału produkcyjnego gleb oraz w sekwestracji CO₂. Dodatkowo celem pracy jest ocena sytuacji ekonomicznej i możliwości rozwoju gospodarstw rolnych z nieujemnym saldem sekwestracji CO₂.

Dla zrealizowania podstawowego celu badań wykorzystano dane literaturowe. Z kolei do oceny sytuacji ekonomicznej i możliwości rozwoju gospodarstw rolnych z nieujemnym saldem sekwestracji CO₂ wykorzystano dane z 2069 gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiałkowych prowadzących rachunkowość dla Polskiego FADN w 2015 roku. Aby dostarczyć niezbędnych liczb do tej analizy, w pierwszym etapie gospodarstwa podzielono na dwie grupy. Pierwszą grupę stanowiły 1702 gospodarstwa z nieujemnym saldem sekwestracji CO₂. Natomiast drugą 367 gospodarstw pozostałych. Następnie w drugim etapie dokonano podziału grupy gospodarstw z nieujemnym saldem sekwestracji CO₂ na dwie podgrupy. Pierwszą podgrupę stanowiło 851 gospodarstw z saldem sekwestracji powyżej mediany nieujemnego salda sekwestracji CO₂, zwanych dalej gospodarstwami z saldem nieujemnym I, natomiast drugą pozostałe 851 gospodarstw z saldem sekwestracji równym bądź mniejszym od mediany nieujemnego salda sekwestracji CO₂ (gospodarstwa z saldem nieujemnym II). Ostatecznie analizą porównawczą objęto gospodarstwa z nieujemnym saldem sekwestracji CO₂ I i II oraz gospodarstwa pozostałe. Saldo sekwestracji CO₂ obliczono przy zastosowaniu współczynników reprodukcji i degradacji substancji organicznej w wyniku uprawy roślin. Ponadto współczynniki te uwzględniały masę odzwierzęcych nawozów naturalnych produkowanych bądź zakupywanych⁴, a także masę przyorywanej słomy, pozostałych resztek poźniwnych i nawozów zielonych⁵ (Fotyma i Mercik, 1995; Harasim, 2006). W analizie uwzględniono również masę słomy sprzedanej z gospodarstwa rolnego. Następnie wiedząc, że w 1 tonie materii organicznej znajduje się przeciętnie 580 kg węgla organicznego, przeliczono jego ilość na ilość CO₂, każdorazowo mnożąc ilość węgla organicznego przez 3,67. Współczynnik ten wynika z faktu, że masa cząsteczkowa CO₂ wynosi 44 unity⁶, a masa węgla organicznego 12 unitów (Harasim, 2006).

Słoma jako alternatywne źródło energii

Przeprowadzone szacunki wskazują, że w Polsce roczna produkcja słomy w latach 2010-2014 zawarta była w przedziale od 28,9 mln ton w 2011 roku do 35,6 mln ton w 2014 roku. Według prognozy w latach 2020 i 2030 produkcja słomy powinna wynosić około 30,5 mln ton (Madej, 2016; Jarosz, 2016). Nadwyżka słomy po pokryciu potrzeb rolnictwa (pasza, ściółka, podłoże pod grzybnie i na przyoranie zapewniające reprodukcję prostą materii organicznej w glebie) szaco-

⁴ Dane Polskiego FADN umożliwiły określenie zużycia odzwierzęcych nawozów naturalnych z zakupu jedynie w ujęciu wartościowym (zł/gospodarstwo). W celu oszacowania ilości zużytych odzwierzęcych nawozów naturalnych z zakupu posłużono się więc ustaleniami Zachodniopomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Barzkowicach dotyczącymi ceny 1 t obornika w 2015 roku (www.zodr.pl).

⁵ W przypadku przeliczenia powierzchni nawozów zielonych w gospodarstwie rolnym na masę wniesionej materii organicznej do gleby wykorzystano stały współczynnik stosowany w IUNG-PIB wynoszący 0,7 t/ha.

⁶ Masa cząsteczkowa wyrażana jest powszechnie w atomowych jednostkach masy, gdzie 1 unit = $1,66 \cdot 10^{-24}$ g.

wana jest na około 13,5 mln ton (Madej 2016). Nadwyżka ta może być przeznaczona na potrzeby energetyczne. W celu określenia wartości energetycznej nadwyżki słomy w tabeli 1 podano jej wartość opałową i inne cechy w porównaniu z drewnem i węglem kamiennym.

Tabela 1

Porównanie składu i wartości opałowej biomasy i węgla kamiennego wydobywanego w Polsce

Nazwa paliwa	Zawartość pierwiastka ^a (% masy)				Udział wilgoci (%)	Wartość opałowa (MJ/kg)	Udział części lotnych (%)	Udział popiołu (%)
	C _{śr}	N	S	CL				
Słoma	48	0,28-0,8	0,05-0,16	0,15-0,8	12-20	12-17,3	70-75	4-6
Drewno	52,5	0,08-0,3	0,02-0,12	<0,11	30-55	6-13	70-87	0,2-0,4
Węgiel kamienny	82	0,6-2,0	0,53-2,5	śr. 0,12 (maks. 0,2)	6-13	18,3-25	35	20-27

^a w stanie roboczym, w którym paliwo jest użytkowane – spalane.

Źródło: Janka (2012).

Wartość opałowa słomy wynosząca średnio 14,6 MJ/kg jest około 53% wyższa od wartości opałowej drewna, jednak o 32% niższa od wartości opałowej węgla kamiennego, która wynosi średnio 21,6 MJ/kg. Oznacza to, że jedna tona węgla kamiennego pod względem wartości opałowej może być zastąpiona przez 1,48 tony słomy. Przeznaczenie 13,5 mln ton słomy na cele energetyczne może zastąpić 9,1 mln ton węgla, co stanowi 12,6% całkowitego zużycia węgla na cele energetyczne w 2015 roku (GUS, 2016a). Jednocześnie spalanie słomy emituje do atmosfery dwukrotnie więcej substancji lotnych niż spalanie węgla, które negatywnie wpływa na zdrowie człowieka. Większa jest również w słomie zawartość chloru, który w procesie spalania powoduje korozję kotłów (Janka, 2012).

Słoma zawiera makro- i mikroelementy, a w tabeli 2 podano zawartość podstawowych makroelementów w różnych rodzajach słomy. Przyjmując średnią zawartość suchej masy w słomie na poziomie 85%, na podstawie danych z tabeli 2 obliczono zawartość makroelementów w jednej tonie spalanej słomy, które wynoszą odpowiednio w przypadku: azotu (N) – 5,88 kg; fosforu (P₂O₅) – 2,36 kg; potasu (K₂O) – 11,65 kg; wapnia (CaO) – 4,83 kg i magnezu (MgO) – 0,56 kg. Przy średnim plonie słomy 4 tony na ha, spalając ją w celach energetycznych, tracimy bezpowrotnie z 1 ha zbóż i rzepaku: 23,52 kg N, 9,44 kg P₂O₅, 46,4 kg K₂O, 19,32 kg CaO i 2,24 kg MgO. W skali kraju przy założeniu, że nadwyżka słomy wynosząca 13,5 mln ton zostanie w pełni wykorzystana na cele energetyczne (spalanie) straty wyniosą: 79 380 ton N⁷, 31 860 ton P₂O₅, 157 275 ton K₂O. Łączne straty NPK (w czystym składniku) wyniosą 268 515 ton, co stanowi 15% całkowitego zużycia NPK w roku 2014/2015, które wynosiło 1 729 300 ton (GUS, 2016a).

⁷ Wykorzystując współczynnik emisji podtlenku azotu z 1 kg N (0,01) ustalonego przez Intergovernmental Panel on Climate Change, oszacować można, że strata ta równa się emisji 236,6 t podtlenku azotu (N₂O) wyrażonego w ekwiwalencie CO₂.

Oprócz NPK w zużytej na cele energetyczne słomie znajduje się 65 205 ton CaO, co stanowi 11,5% zużytego wapna nawozowego w 2014/2015 roku i 7560 ton MgO. Niezależnie od wskazanych powyżej makroelementów słoma zawiera również mikroelementy, takie jak: bor, miedź, mangan, molibden i cynk, które odgrywają istotną rolę w procesie wzrostu i rozwoju roślin.

Tabela 2

Zawartość podstawowych makroelementów w słomie

Składnik	Gatunek roślin						
	Pszenica oz.	Pszenżyto oz.	Żyto	Owies	Jęczmień jary	Rzepak	Kukurydza
Makroelementy (% suchej masy)							
N	0,64	0,61	0,58	0,73	0,75	0,72	1,19
P ₂ O ₅	0,23	0,25	0,25	0,34	0,25	0,30	0,48
K ₂ O	1,26	1,28	1,20	1,29	1,61	2,12	1,25
CaO	0,38	0,35	0,32	0,44	0,63	2,18	0,48
MgO	0,15	0,13	0,13	0,18	0,20	0,21	0,48

Źródło: Kuś i Kopiński (2012).

Straty makroelementów można wyrazić również wartościowo, przyjmując jednostkową⁸ wartość wymienionych makroelementów w nabywanych przez rolników nawozach mineralnych. Straty te wynoszą:

Azotu	–	79 380 ton x 3600 zł/tonę	= 285 768 000 zł
Fosforu	–	31 860 ton x 4060 zł/tonę	= 129 351 600 zł
Potasu	–	157 275 ton x 2570 zł/tonę	= 404 196 750 zł
Wapnia	–	65 205 ton x 3220 zł/tonę	= 209 960 100 zł
Magnezu	–	7 560 ton x 4160 zł/tonę	= 31 449 600 zł
Razem	–		1 060 726 050 zł

Rola materii organicznej w glebie

O żyzności gleby rozumianej jako zdolności do „wydawania plonów” decyduje zespół jej właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. Właściwości te są uzależnione od zawartości próchnicy (humusu), która jest głównym składnikiem (70-80%) glebowej materii organicznej (Kuś i Kopiński, 2012). Materia ta decyduje o:

- zdolności gleby do zatrzymywania i uwalniania składników mineralnych do roztworu glebowego (pojemność sorpcyjna gleby); koloidalna struktura tej materii

⁸ Jednostkowy koszt 1 kg czystego składnika obliczono na podstawie cen nawozów z sierpnia 2017 r. (Zalewski, 2017).

- pozwala na sorpcję składników pokarmowych roślin w stopniu 4-12 razy większym niż frakcje mineralne gleby, dodatkowo są one łatwo dostępne dla roślin;
- zdolności gleby do zatrzymywania i gromadzenia wody, gdyż próchnica zatrzymuje od 3- do 5-krotnie więcej wody dostępnej dla roślin w stosunku do swojej masy;
 - strukturze gruzełkowej gleby ułatwiającej mechaniczną uprawę roli i zmniejszającej jej podatność na erozję, ponieważ stanowi lepsze dla fazy stałej gleby;
 - ciemnej barwie i właściwościach cieplnych gleby (szybkości ogrzewania się wiosną);
 - zdolności do absorpcji na swojej powierzchni metali ciężkich i toksycznych substancji (np. pestycydów) aż do czasu ich rozkładu przez mikroorganizmy glebowe;
 - aktywności biologicznej gleby, gdyż materia organiczna jest źródłem węgla i innych składników pokarmowych, a szczególnie azotu, fosforu i mikroelementów;
 - zdolnościach buforowych gleby.

Jak już wspomniano wcześniej, udział gleb o niskiej zawartości materii organicznej (poniżej 2%) w Polsce jest bardzo wysoki i wynosi około 90%. Gospodując zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej, możemy jednak w pewnym stopniu zwiększyć zawartość materii organicznej w glebie, a tym samym poprawić nie tylko jej zdolności plonotwórcze, lecz także przyczynić się do sekwestrowania w niej dodatkowego CO₂ z atmosfery. Należy podkreślić, że w gospodarstwie rolnym ważnym sposobem zwiększania zawartości materii organicznej w glebie jest przyorywanie słomy⁹.

Przyorywanie słomy jako praktyka służąca sekwestracji CO₂ w obszarze LULUCF¹⁰

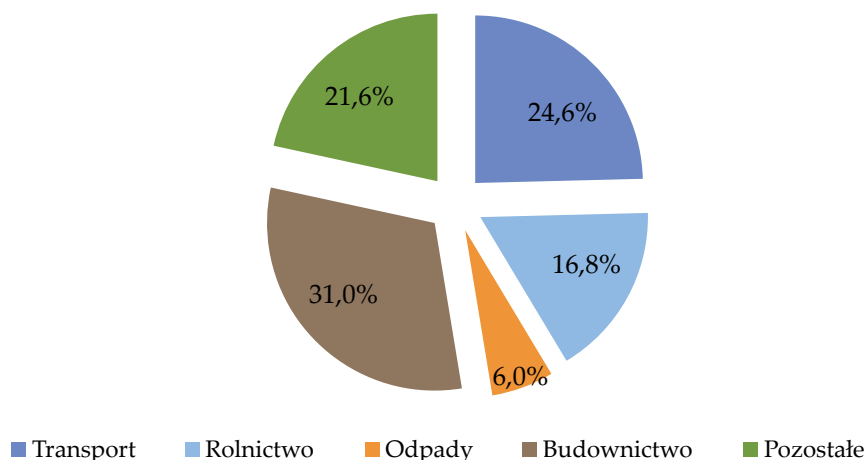
Według wniosku Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 października 2017 roku Polska powinna ograniczyć emisję gazów cieplarnianych w ramach obszaru Effort Sharing Regulation (ESR)¹¹ do 2030 roku o 7% w porównaniu z poziomem z roku 2005 (Rada Unii Europejskiej, 2017). Mając na uwadze, że w krajach członkowskich redukcje emisji gazów cieplarnianych w ramach obszaru ESR powinny dotyczyć wszystkich sektorów, Polska będzie musiała podjąć wysiłek ograniczania emisji gazów cieplarnianych również w sek-

⁹ Warto pamiętać, że zmniejszanie zawartości substancji organicznej w wyniku prowadzonej działalności rolniczej szczególnie na glebach lekkich prowadzi w krótkim okresie do zauważalnej obniżki plonów. W Polsce obniżka ta może wynieść do 20% (Faber i Jarosz, 2016). Sytuacja tym bardziej niepokoi, gdyż według ustaleń Zakładu Ekonomiki Gospodarstw Rolnych IERiGŻ-PIB możliwości gospodarowania na tego typu glebach bez straty dla zasobów substancji organicznej są ograniczone (*Bilans substancji...*, 2018).

¹⁰ Obszar *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF, czyli użytkowanie gruntów, zmiana użytkowania gruntów i leśnictwo). Według metodyki Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) w obszarze LULUCF szacowane jest saldo pochłaniania CO₂ z atmosfery łącznie z sektora gruntów leśnych, zalesionych, wylesionych, trwałych użytków zielonych oraz gruntów uprawnych, podmokłych i zamieszkałych.

¹¹ W obszarze ESR ujęta jest emisja gazów cieplarnianych z następujących sektorów: transportu, odpadów, budownictwa (komunalno-bytowy i usługi), z wydobywania, przeróbki i transportu paliw, z procesów przemysłowych nie ujętych w obszarze ETS oraz rolnictwa (Ministerstwo Środowiska, 2016).

torze rolnictwa, którego roczna emisja gazów cieplarnianych stanowi ok. 17% (w 2015 roku – 16,8%) ogólnej emisji tych gazów w obszarze ESR¹² (Ministerstwo Środowiska, 2016) (rys. 1).



Rys. 1. Struktura emisji gazów cieplarnianych w obszarze ESR w Polsce w 2015 roku.

Źródło: opracowanie własne na podstawie KOBiZE (2017).

Należy mieć na uwadze, że w sektorze rolnictwa wiele możliwych obecnie do zastosowania praktyk ograniczających emisję gazów cieplarnianych może zwiększać koszty produkcji przy jednoczesnym braku pozytywnego wpływu na jej wartość (IZ-PIB, 2015). Biorąc powyższe pod uwagę, za słuszne należy zatem uznać ustalenia Parlamentu Europejskiego i Rady z 2016 i 2017 roku dotyczące możliwości uwzględnienia przez kraje członkowskie pewnego wkładu obszaru LULUCF w redukcję emisji gazów cieplarnianych z obszaru ESR do 2030 roku (Parlament Europejski, 2016; Rada Unii Europejskiej, 2017). Według tych ustaleń możliwości pochłaniania CO₂ z atmosfery w obszarze LULUCF, które mogą zostać w pewnym stopniu wykorzystane do ograniczania wysiłku redukcji emisji gazów cieplarnianych z obszaru ESR do 2030 roku, należy poszukiwać zarówno w sektorze zalesień i trwałych użytków zielonych, jak i w sektorze gruntów uprawnych. Jest to atut tego podejścia, gdyż w sektorze gruntów uprawnych istnieją również możliwości pochłaniania CO₂. W tym kontekście należy podkreślić przede wszystkim pozytywną rolę przyorowywania słomy w glebie.

Jak podano w poprzednim podrozdziale, nadwyżka słomy w polskim rolnictwie według dostępnych szacunków wynosi około 13,5 mln ton rocznie. Przyjmując założenie, że z 1 tony słomy o zawartości 85% suchej masy powstaje 180 kg materii organicznej, w której zawartość węgla organicznego wynosi 58%, można

¹² Potrzeba ambitniejszego włączenia sektora rolnictwa w ograniczanie emisji gazów cieplarnianych ujęta została również w Komunikacie Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów na temat Przyszłości rolnictwa i produkcji żywności.

obliczyć potencjalną wielkość pochłoniętego CO₂. Wyniesie ona 383,1 kg (gdyż: 180 kg x 0,58 x 3,67 = 383,1 kg). Biorąc jednak pod uwagę, że przeciętnie tylko około 20% pochłoniętego CO₂ ulega trwałej sekwestracji w glebie (Faber i in., 2012; Jarosz, 2016), należy podkreślić, że w skali kraju łączna sekwestracja CO₂ w wyniku przyorania nadwyżki słomy wyniosłaby 1034,6 tys. ton i stanowiłaby ok. 3,5% łącznej sekwestracji CO₂ w obszarze LULUCF (KOBiZE, 2017).

Sytuacja ekonomiczna gospodarstw z nieujemnym saldem sekwestracji CO₂ na tle gospodarstw pozostałych

Mając na uwadze, że znane są zależności między wielkością substancji organicznej powstającej z 1 tony przyoranej słomy roślin uprawnych a zawartością w niej węgla organicznego, warto wskazać kierunek i siłę wpływu salda sekwestracji CO₂ na wyniki ekonomiczne i możliwości rozwoju gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiałkowych¹³. W analizie zdecydowano się scharakteryzować gospodarstwa specjalizujące się w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiałkowych, gdyż zdaniem autorów specjalizacja w uprawie tych roślin, mimo wielu zalet, niesie również zagrożenia. Ważnym zagrożeniem w tego typu gospodarstwach rolnych jest brak lub niedostatek odzwierzęcych nawozów naturalnych, których podstawową funkcją jest poprawa bilansu substancji organicznej w glebie. W gospodarstwach tych występuje w związku z tym zagrożenie obniżenia potencjału plonotwórczego ziemi, a także dodatkowa emisja CO₂ z mineralizującej się substancji organicznej w glebie.

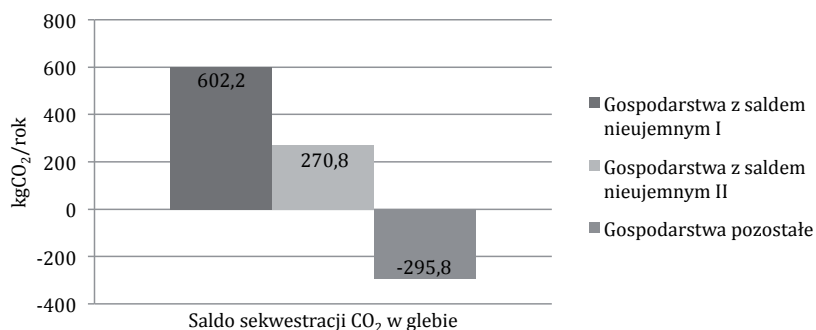
W przypadku gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiałkowych istnieją jednak inne możliwości poprawy bilansu substancji organicznej w glebie. Najważniejszą z nich jest przyorwanie odpowiednio spreparowanej słomy, które prowadzi do zwiększenia udziału substancji organicznej w glebie, a w rezultacie również do poprawy salda sekwestracji CO₂¹⁴. Ważne jest jednak to, czy w gospodarstwach specjalizujących się w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiałkowych przyorwanie słomy roślin uprawnych ma również pozytywne znaczenie dla ich efektów ekonomicznych i rozwoju?

W analizie porównawczej gospodarstw z saldem nieujemnym I i II oraz pozostałych w pierwszej kolejności wzięto pod uwagę ich przeciętne saldo sekwestracji CO₂. W dalszej kolejności ustalono ich potencjał produkcyjny, produktywności podstawowych czynników produkcji, dochód w przeliczeniu na 1 ha UR i na 1 FWU oraz możliwości rozwojowe.

W gospodarstwach z saldem nieujemnym I i II przeciętne saldo sekwestracji CO₂ wyniosło odpowiednio 602,2 i 270,8 kg/rok, podczas gdy w gospodarstwach pozostałych było ujemne i wyniosło -295,8 kg/rok (rys. 2).

¹³ Typ 15 (według Polskiego FADN).

¹⁴ Warto jednak pamiętać, że tempo rozkładu przyoranej słomy w glebie zależy od kilku warunków. Wśród nich warto wymienić właściwe jej rozdrobnienie, zastosowanie dodatku azotu (≈6-8 kg N/t słomy) oraz jak najlepsze jej wymieszanie z glebą.



Rys. 2. Saldo sekwestracji CO₂ z atmosfery w analizowanych gospodarstwach specjalizujących się w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiałkowych w 2015 roku.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Polskiego FADN za 2015 r.

Jak wynika z liczb zawartych w tabeli 3, gospodarstwa z saldem nieujemnym I i II na tle gospodarstw pozostałych miały większą powierzchnię UR odpowiednio o 17,7 i 21,9%. Nie inaczej było w przypadku nakładów pracy w przeliczeniu na gospodarstwo. W gospodarstwach z saldem nieujemnym I i II nakłady pracy w przeliczeniu na gospodarstwo kształtowały się bowiem na większym o 6,7% poziomie aniżeli w gospodarstwach pozostałych. Niemniej jednak w przeliczeniu na 1 ha UR były one mniejsze odpowiednio o 9,4 i 12,5%. Ważną przyczyną tych różnic było lepsze wyposażenie w maszyny, urządzenia rolnicze i budynki gospodarstw z saldem nieujemnym I i II, o czym informuje ich większa średnia wartość kapitału odpowiednio o 47,6 i 29,5%.

Tabela 3

Potencjał produkcyjny analizowanych gospodarstw specjalizujących się w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiałkowych na podstawie danych Polskiego FADN w 2015 roku

Wyszczególnienie	j.m.	Gospodarstwa		
		z saldem nieujemnym I	z saldem nieujemnym II	pozostałe
Powierzchnia UR	ha	65,1	67,4	55,3
Nakłady pracy ogółem w przeliczeniu na gospodarstwo	AWU	1,6	1,6	1,5
Nakłady pracy ogółem w przeliczeniu na 1 ha UR	godz.	52,1	50,3	57,5
Średnia wartość kapitału	tys. zł	797,8	699,7	540,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Polskiego FADN za 2015 rok.

Ważnych informacji dotyczących gospodarstw z saldem nieujemnym I i II oraz pozostałych dostarczają także produktywności ich podstawowych czynników produkcji. Zauważono, że w gospodarstwach z saldem nieujemnym I i II w porównaniu z gospodarstwami pozostałymi produktywność ziemi liczona wartością produk-

cji ogółem na 1 ha UR była większa odpowiednio o 70,4 i 29,6%. Ten sam kierunek różnic był w przypadku produktywności kapitału i wydajności pracy. Gospodarstwa z saldem nieujemnym I i II miały bowiem większą produktywność kapitału odpowiednio o 9,8 i 5,7 punktu procentowego (pkt. proc.), a wydajność pracy odpowiednio o 87,3 i 46,2% (tab. 4).

Wskazane wyżej różnice w produktywności podstawowych czynników produkcji między gospodarstwami z saldem nieujemnym I i II a gospodarstwami pozostałymi znalazły odzwierciedlenie w dochodzie w przeliczeniu na 1 ha UR i na 1 FWU. W pierwszym przypadku w gospodarstwach z saldem nieujemnym I i II dochód ten był większy odpowiednio o 111,1 i 44,4%, a w drugim odpowiednio o 133,5 i 65,3%. Trzeba jednak dodać, że wszystkie trzy analizowane grupy gospodarstw zapewniły opłatę pracy własnej właściciela i członków jego rodziny na poziomie parytetowym odpowiadającym średniej rocznej płacy netto w gospodarce narodowej¹⁵.

Lepsza sytuacja ekonomiczna obydwu grup gospodarstw z saldem nieujemnym pozwoliła ich kierownikom na większą skalę inwestować środki finansowe w majątek trwały. W gospodarstwach z saldem nieujemnym I i II stopa inwestycji netto wyniosła bowiem odpowiednio 31,4 i 59,1%, podczas gdy w gospodarstwach pozostałych 15,2% (tab. 4).

Tabela 4

Produktywność czynników produkcji, dochód oraz możliwości rozwojowe analizowanych gospodarstw specjalizujących się w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiałkowych na podstawie danych Polskiego FADN w 2015 roku

Wyszczególnienie	j.m.	Gospodarstwa		
		z saldem nieujemnym I	z saldem nieujemnym II	pozostałe
Produktywność ziemi	tys. zł/ha	4,6	3,5	2,7
Produktywność kapitału	%	37,4	33,3	27,6
Wydajność pracy	tys. zł/AWU	186,6	145,6	99,6
Dochód w przeliczeniu na 1 ha UR	tys. zł/ha	1,9	1,3	0,9
Dochód w przeliczeniu na 1 FWU	tys. zł/FWU	78,0	55,2	33,4
Stopa inwestycji netto	%	31,4	59,1	15,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Polskiego FADN za 2015 rok.

Podsumowanie

Szacuje się, że w polskim rolnictwie występuje nadwyżka słomy wynosząca około 13,5 mln ton. Może być ona przeznaczona na cele energetyczne lub jako źródło dodatkowej materii organicznej w glebie. Analiza wykazała, że:

¹⁵ W 2015 roku przeciętne wynagrodzenie netto w gospodarce narodowej wyniosło 31,2 tys. zł (Żekało, Abramczuk, Czułowska i Jabłoński, 2016).

- Przeznaczenie występującej w polskim rolnictwie nadwyżki słomy na cele energetyczne może ograniczyć zużycie węgla kamiennego o 12,6%, aczkolwiek spowoduje większą emisję do atmosfery substancji lotnych, które negatywnie wpływają na zdrowie człowieka. Co więcej, słabą stroną takiego rozwiązania są również znaczące straty makroelementów zawartych w słomie. Szacuje się, że w skali kraju przeznaczenie nadwyżki słomy na cele energetyczne spowoduje straty azotu, fosforu i potasu ogółem w wysokości około 268 515 ton, co stanowi 15% całkowitego zużycia nawozów mineralnych NPK w roku 2014/2015. Natomiast w przypadku wapnia straty te wyniosą 65 205 ton, co odpowiada 11,5% zużytego wapnia nawozowego w roku 2014/2015. Z kolei w przypadku magnezu straty te wyniosą 7560 ton. W ujęciu wartościowym straty ogółem makroelementów będą zatem na poziomie około 1,06 mld zł. Nie bez znaczenia są również straty zawartych w słomie mikroelementów, takich jak: bor, miedź, mangan, molibden i cynk, które odgrywają istotną rolę w procesie wzrostu i rozwoju roślin.
- Przeznaczenie występującej w polskim rolnictwie nadwyżki słomy na przyoranie jest w stanie poprawić potencjał plonotwórczy polskich gleb, których przeciętna jakość należy do najniższych w UE. Należy bowiem pamiętać, że w Polsce ponad 3,7 mln ha potencjalnej powierzchni użytków rolnych¹⁶ posiada przeciętny wskaźnik Waloryzacji Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej (WWRPP) na poziomie niższym niż 52 pkt. na 120 pkt. możliwych do osiągnięcia¹⁷. Oznacza to, że w Polsce istnieje znaczący obszar potencjalnych UR o szczególnie niekorzystnej strukturze fizycznej gleb i o często śladowej zawartości materii organicznej. Co więcej, przyoranie nadwyżki słomy pozwoli w ciągu roku dodatkowo zakumulować 1034,6 tys. ton CO₂. Tym samym przyoranie wpłynęłoby pozytywnie na wkład obszaru LULUCF, w tym sektora gruntów uprawnych, w celu ograniczenia wysiłku redukcji emisji gazów cieplarnianych z obszaru ESR do 2030 roku. Ponadto badania wykazały, że gospodarstwa przyorujące słomę, w ilości pozwalającej uzyskać im nieujemne saldo sekwestracji CO₂ w porównaniu z gospodarstwami pozostałymi, uzyskują wyższy poziom produktywności podstawowych czynników produkcji i w rezultacie są w lepszej sytuacji ekonomicznej oraz mają większe możliwości rozwojowe.
- W związku z tym, że w Polsce występują obszary o szczególnie niekorzystnej jakości gleb, które wymagają pilnych działań w zakresie co najmniej podtrzymania ich funkcji produkcyjnych oraz biorąc pod uwagę możliwość wniesienia wkładu sektora LULUCF w ograniczenie wysiłku redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorze ESR do 2030 roku, należy podkreślić, że występujące w polskim rolnictwie nadwyżki słomy powinny służyć jako dodatkowe źródło materii organicznej w glebie.

¹⁶ Według powierzchni ewidencyjno-geodezyjnej (peg).

¹⁷ Dane IUNG-PIB.

Literatura

- Bilans substancji organicznej na glebach Polski* (2018). Maszynopis. Warszawa: Zakład Ekonomiki Gospodarstw Rolnych, IERiGŻ-PIB.
- Faber, A., Borek, R., Borzęcka-Walker, M., Jarosz, Z., Kozyra, J., Pudełko, R., Syp, A., Zaliwski, A. (2012). *Bilans węgla i emisji gazów cieplarnianych (CO₂, CH₄ oraz N₂O) w polskim rolnictwie*. J.S. Zegar (red.), Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym (15). Program Wieloletni 2011-2014, nr 50, s. 9-37. Warszawa: IERiGŻ-PIB.
- Faber, A., Jarosz, Z. (2016). *Jak zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych w uprawie surowców przeznaczonych na cele produkcji biopaliw płynnych*. Puławy: IUNG-PIB.
- Fotyma, M., Mercik, S. (1995). *Chemia rolna*. Warszawa: PWN.
- Gonet, S.S. (2007). Materia organiczna w Tematycznej Strategii Ochrony Gleb Unii Europejskiej. *Roczniki gleboznawcze*, nr 58(3/4), s. 15-26.
- GUS (2016a). *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. Warszawa.
- GUS (2016b). *Zużycie paliw i nośników energii w 2015 r.* Warszawa.
- Harasim, A. (2006). *Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie*. Puławy: IUNG-PIB.
- IZ-PIB (2015). *Potencjał redukcji emisji gazów cieplarnianych w polskim rolnictwie z uwzględnieniem efektów Wspólnej Polityki Rolnej*. Ekspertyza wykonana dla MRiRW. Warszawa: Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ITP, SGGW, IERiGŻ-PIB.
- Janka, R.M. (2012). Ocena ekologiczno-energetyczna wybranych technologii spalania słomy. *Proceedings of ECOpole*, z. 6, nr 1, s. 325-330.
- Jarosz, Z. (2016). Potencjał techniczny słomy w Polsce i efekty środowiskowe jej alternatywnego wykorzystania. *Roczniki Naukowe SERiA*, t. XVIII, z. 1, s. 84-89.
- KOBiZE (2017). *Poland's National Inventory Report 2017*. IOŚ-PIB.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów nt. Przyszłości rolnictwa i produkcji żywności. Komisja Europejska, 29.11.2017 r.
- Kuś, J., Kopiński, J. (2012). Gospodarowanie glebową substancją organiczną we współczesnym rolnictwie. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, nr 2(68), s. 5-27.
- Madej, A. (2016). Bilans słomy w Polsce w latach 2010-2014 oraz prognoza do 2030 roku. *Roczniki Naukowe SERiA*, t. XVIII, z. 1, s. 163-168.
- Ministerstwo Środowiska (2016). *Sytuacja emisyjna w sektorach non-ETS w perspektywie roku 2030 w odniesieniu do potencjalnego celu redukcyjnego dla Polski*. Warszawa.
- Parlament Europejski (2016). Wniosek Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie włączenia emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych pochodzących z działalności związanej z użytkowaniem gruntów, zmianą użytkowania gruntów i leśnictwem do ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030 i zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 525/2013 w sprawie mechanizmu monitorowania i sprawozdawczości w zakresie emisji gazów cieplarnianych oraz zgłaszania innych informacji mających znaczenie dla zmiany klimatu.
- Rada Unii Europejskiej (2017). Wniosek Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 października 2017 r. w sprawie włączenia emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych pochodzących z działalności związanej z użytkowaniem gruntów, zmianą użytkowania gruntów i leśnictwem do ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030 i zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 525/2013 w sprawie mechanizmu monitorowania i sprawozdawczości w zakresie emisji gazów cieplarnianych oraz zgłaszania innych informacji mających znaczenie dla zmiany klimatu – podejście ogólne.
- Zalewski, A. (2017). Rynek środków produkcji dla rolnictwa. *Rynek Rolny*, nr 9(319), s. 77-80.
- Żekało, M., Abramczuk, Ł., Czułowska, M., Jabłoński, K. (2016). *Produkcja, koszty i dochody z wybranych produktów rolniczych w latach 2014-2015*. Warszawa: IERiGŻ-PIB.
- www.zodr.pl.

STRAW AS ALTERNATIVE ENERGY SOURCE OR ORGANIC MATTER IN THE SOIL

Abstract

The paper aims, above all, at assessment of the effects of allocating straw surplus from the Polish agriculture to energy purposes or as a source of additional organic matter in the soil. Consequently, the authors discuss the issue of significance of straw as an alternative energy source and draw attention to the role of organic matter in improving the production potential of soils and carbon dioxide (CO₂) sequestration. Additionally, the paper analyses economic effects and development possibilities of farms having non-negative balance of CO₂ sequestration at the backdrop other farms. The study used literature data from 2,069 farms specialising in cereal, oilseed crop and high protein crop farming and running accountancy for the Polish FADN in 2015.

Keywords: straw, energy, organic matter, CO₂ sequestration, farm, alternative.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 15.06.2018.