

Wpłynęło 02.07.2013 r.
Zrecenzowano 03.09.2013 r.
Zaakceptowano 02.12.2013 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

OCENA ZMIAN WIELKOŚCI EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH PO ZMIANIE PROFILU GOSPODARSTWA Z KONWENCJONALNEGO NA EKOLOGICZNY

Zuzanna JAROSZ^{ABCDEF}, **Antoni FABER**^{ABCD}, **Alina SYP**^{ABCD}

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

Streszczenie

W opracowaniu porównano szacunkowe ilości emisji gazów cieplarnianych (GHG) uwalniane z produkcji roślinnej i zwierzęcej na terenie gospodarstwa RZD Grabów w warunkach stosowania dwóch systemów produkcji (konwencjonalnego i ekologicznego). Uwzględniono emisję gazów ze źródeł bezpośrednich i pośrednich. Do oszacowania emisji poszczególnych gazów cieplarnianych wykorzystano model Holos 1.1.2. Model pozwala przewidzieć zmiany w wielkości emisji wywołane wprowadzonymi zmianami w systemie produkcji, a tym samym poznawać możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w gospodarstwie rolnym. Badania wykazały, że całkowita emisja GHG w systemie konwencjonalnym wyniosła $4,67 \text{ Mg eq CO}_2 \cdot \text{r}^{-1}$, a w ekologicznym $3,44 \text{ Mg eq CO}_2 \cdot \text{r}^{-1}$. Mniejsza ilość w systemie ekologicznym wynikała z ograniczenia emisji głównie w produkcji roślinnej z powodu braku stosowania azotu mineralnego i zmniejszenia liczby zabiegów agrotechnicznych (zmniejszenia ilości zużytego paliwa). W całkowitej emisji GHG dominujący udział miała produkcja zwierzęca.

Słowa kluczowe: emisja, gazy cieplarniane, system ekologiczny, system konwencjonalny

WSTĘP

Od dawna znany jest problem zwiększającego się stężenia gazów cieplarnianych (GHG) w atmosferze i ich wpływ na ocieplenie klimatu. Według metodyki IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) dzieli się źródła zanieczyszczeń antropogenicznych na sektory (przemysł wytwórczy, energia, transport, rol-

Do cytowania For citation: Jarosz Z., Faber A., Syp A. 2013. Ocena zmian wielkości emisji gazów cieplarnianych po zmianie profilu gospodarstwa z konwencjonalnego na ekologiczny. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 4(44) s. 43–53

nictwo itp.). Rolnictwo odpowiada za 14% światowej emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Stanowi to 6,8 mld t ekwiwalentu dwutlenku węgla [STEINFELD i in. 2006]. Zanieczyszczeniami emitowanymi ze źródeł rolniczych są metan (CH_4), tlenek azotu (I) – (N_2O) powszechnie określany mianem „podtlenku azotu” i dwutlenek węgla (CO_2). Choć gazy te są naturalnymi składnikami atmosfery, to zwiększenie ich ilości w ostatnich czasach jest wynikiem działalności ludzi. Udział rolnictwa w globalnej emisji omawianych gazów jest zróżnicowany w poszczególnych krajach. Zależy zarówno od znaczenia rolnictwa w gospodarce narodowej danego kraju, stosowanych technologii produkcji, jak i wielkości emisji z pozostałych sektorów gospodarki. Polskie rolnictwo emituje znikome ilości CO_2 , natomiast ma znaczący wkład w emisję N_2O , generując 73,4% ogółu krajowej jego emisji [IOŚ 2010]. Sektor ten jest również drugim pod względem wielkości krajowym źródłem emisji CH_4 (35%).

Najważniejszym wyzwaniem dla ochrony klimatu w rolnictwie jest wprowadzanie metod produkcji, które będą sprzyjać zmniejszaniu emisji GHG. Sposobem na ograniczenie emisji z produkcji roślinnej jest modyfikacja stosowanych metod agrotechnicznych:

- zastosowanie ulepszonej technologii stosowania azotu, dostosowanie zaopatrzenia w azot do zapotrzebowania roślin, dostosowanie systemów produkcji do maksymalizacji wykorzystywania odchodów zwierzęcych w uprawie roślin, lepsze zagospodarowanie resztek poźniwnych czy wreszcie zmniejszenie zużycia nawozów azotowych;
- przestrzeganie właściwego płodozmiaru i wprowadzanie wsiewek międzyplonowych, które powodują wiązanie węgla i mogą ograniczać zapotrzebowanie na nawozy azotowe;
- stosowanie technik uprawy bezorkowej, co umożliwia zmniejszenie strat węgla z gleby i ogranicza emisję N_2O ;
- wspieranie upraw wieloletnich.

Emisję gazów cieplarnianych z produkcji zwierzęcej można z kolei ograniczyć poprzez:

- lepsze wykorzystanie pasz, poprawę technik karmienia zwierząt;
- doskonalenie systemów utrzymania zwierząt gospodarskich, zmniejszenie powierzchni parowania odchodów z legowisk i ściółki;
- właściwe przechowywanie obornika i gnojowicy.

Powyższe przykłady działań nie wyczerpują wszystkich możliwych sposobów ograniczenia emisji GHG w działalności rolniczej, wskazują jednak, jak szeroki jest zakres możliwych działań w tym sektorze, których wdrożenie może przyczynić się do ograniczenia emisji i skutecznego przeciwdziałania zmianom klimatu.

Celem opracowania była ocena zmian w wielkości emisji gazów cieplarnianych na poziomie gospodarstwa w zależności od prowadzonego systemu gospodarowania – konwencjonalnego i ekologicznego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Podstawą do przeprowadzenia badań były dane dotyczące produkcji roślinnej i zwierzęcej prowadzonej w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym (RZD) Grabów (woj. mazowieckie) w latach 2000–2002 systemem konwencjonalnym oraz w latach 2007–2009 systemem ekologicznym. Podstawowe dane o produkcji roślinnej zamieszczono w tabeli 1., a zwierzęcej w tabeli 2. W tradycyjnym systemie produkcji nawożenie mineralne, organiczne i środki ochrony roślin stosowano w zależności od potrzeb, natomiast w systemie ekologicznym nie stosowano środków ochrony roślin i syntetycznych nawozów mineralnych (z wyjątkiem nawozów potasowych dopuszczonych do stosowania w uprawach ekologicznych). W latach 2007–2009 gospodarstwo zachowało mleczny profil produkcji. Produkcję zwierzęcą prowadzono w cyklu rocznym. Obsada bydła i sposób utrzymania zwierząt gospodarskich były takie same we wszystkich latach. Do oszacowania emisji po-

Tabela 1. Produkcja roślinna w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Grabów

Table 1. Plant production in the Agricultural Experimental Station in Grabów

Wyszczególnienie Specification	Produkcja w systemie / Production in system											
	konwencjonalnym / conventional						ekologicznym / organic					
	2000		2001		2002		2007		2008		2009	
	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P
Powierzchnia gospodarstwa, ha Farm area, ha	81,4						62,4					
Pszenica ozima Winter wheat	19,4	7,3	20,1	5,9	20,4	4,3	6,4	2,8	6,2	3,3	–	–
Jęczmień jary Spring barley	20,9	5,0	19,0	3,6	18,4	3,8	6,2	3,2	7,5	4,2	–	–
Kukurydza Maize	15,1	49,5	16,3	37,4	15,5	34,6	–	–	–	–	–	–
Pszenżyto Triticale	–	–	–	–	1,1	3,1	–	–	–	–	7,3	4,7
Żyto Rye	–	–	–	–	–	–	–	–	5,9	5,0	6,5	3,9
Koniczyna i trawy Clover and grasses	–	–	–	–	–	–	7,5	66,4	12,1	55,5	13,4	64,6
Mieszanka zbożowo- strączkowa (ziarno) Cereal and legume mixture (grain)	–	–	–	–	–	–	5,9	3,1	6,4	2,6	–	–
Mieszanka zbożowo- strączkowa (zielonka) Cereal and legume mixture (green fodder)	–	–	–	–	–	–	12,1	28,4	–	–	10,9	28,8

Objaśnienie: A – powierzchnia zasiewów, ha; P – plon, t·ha⁻¹.

Explanation: A – sown area, ha; P – yield, t·ha⁻¹.

Źródło: opracowanie własne. Source: own studies.

Tabela 2. Produkcja zwierzęca w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Grabów**Table 2.** Animal production in the Agricultural Experimental Station in Grabów

Wyszczególnienie Specification	Produkcja w systemie konwencjonalnym Production in system conventional			Production in system ekologicznym organic		
	2000	2001	2002	2007	2008	2009
	Stan inwentarza, szt. Livestock, heads					
– krowy mleczne dairy cattle	52,0	53,0	52,0	52,0	53,0	53,0
– jałówki ≥ 2 lat heifers ≥ 2 years	6,0	8,0	9,0	8,0	8,0	7,0
– jałówki >1 rok heifers > 1 year	18,0	17,0	18,0	17,0	18,0	17,0
– jałówki 0,5–1 rok heifers 0.5–1 year	9,0	9,0	10,0	10,0	11,0	11,0
– cielęta calves	14,0	13,0	14,0	13,0	14,0	14,0
– opasy slaughter cattle	3,0	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Obsada zwierząt, DJP·ha ⁻¹ UR Livestock density, LU·ha ⁻¹ AL	81,8	81,5	80,4	80,6	81,4	81,5
Średnia waga, kg Average weight, kg		500			500	
Wydajność mleka, l·rok ⁻¹ Milk production of, l·year ⁻¹		5 600			5 700	

Źródło: opracowanie własne. Source: own studies.

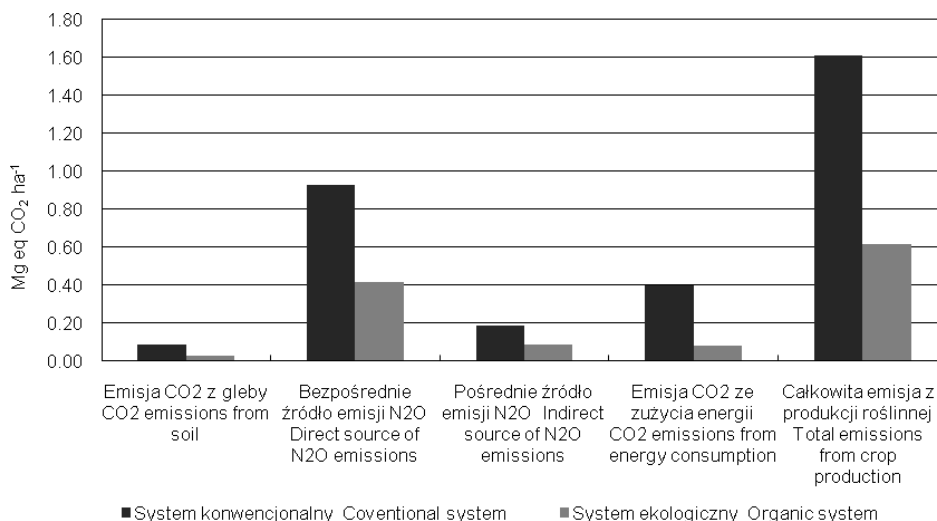
szczególnych gazów cieplarnianych wykorzystano model Holos 1.1.2. Został on stworzony przez zespół naukowy z Agriculture and Agri-Food w Kanadzie [JANZEN i in. 2008a]. Model jest narzędziem (programem komputerowym) umożliwiającym oszacowanie wielkości emisji poszczególnych gazów na poziomie gospodarstwa w zależności od wybranego scenariusza. Pozwala przewidzieć zmiany w wielkości emisji wywołane wprowadzonymi zmianami w systemie produkcji, a tym samym poznawać możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w gospodarstwie rolnym. Metodyka wykorzystywana w Holos bazuje na standardach IPCC [IPCC 2006a, b]. W modelu obliczane są także emisje generowane w procesach przemysłowych (np. produkcja nawozów, środków ochrony roślin, zużycie paliw) z wykorzystaniem standardowych wskaźników dla Kanady [BFIN niedatowane; DYER, DESJARDINS 2006]. Wartości te nie zostały skorygowane w odniesieniu do realiów Polski. Brak możliwości modyfikacji wskaźników powoduje, że wyniki uzyskane z zastosowaniem modelu są obciążone dużymi błędami i należy do nich podchodzić z dużą dozą ostrożności.

Źródła i przyczyny emisji gazów cieplarnianych do środowiska są na ogół wystarczająco poznane i opisane, jednak ich ocena ilościowa nadal stwarza wiele trudności. Brak jednolitej metodologii szacowania emisji, jak również prezentacja uzyskanych wyników (wielkość emisji wyrażona na jednostkę powierzchni, produkcji lub dużą jednostką przeliczeniową) ogranicza możliwość porównania uzyskanych wyników z badaniami innych autorów. Mimo tych trudności, podejmowanie działań mających na celu ograniczenie emisji GHG jest ważne.

Wyniki badań opracowano statystycznie z zastosowaniem analizy wariancji. Istotność różnic testowano testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Oszacowana emisja dwutlenku węgla uwalnianego z gleby w warunkach konwencjonalnego systemu gospodarowania wyniosła $0,09 \text{ Mg eq CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{r}^{-1}$ (rys. 1), tj. 5,6% całkowitej emisji GHG z produkcji roślinnej. W systemie produkcji ekologicznej wartość ta wynosiła $0,03 \text{ Mg eq CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{r}^{-1}$, czyli 4,8%. W produkcji roślinnej CO_2 uwalniany jest przede wszystkim z mineralizacji substancji organicznej gleb. W procesach obróbki gleby, takich jak orka, podorywka, kultywowanie, bronowanie i inne zwiększa się ilość tlenu docierającego do jej głębszych warstw, co intensyfikuje proces utleniania i rozkładu materii organicznej. Zwiększa się ilość uwalnianego CO_2 . Emisja ta może być kompensowana przez absorpcję i akumulację węgla w biomase roślinnej, która trafiając do gleb zwiększa retencję tego pierwiastka w postaci próchnicy. Badania przeprowadzone przez FREIBAUER i in. [2000] wykazały, że gleby mineralne w warunkach Europy nie są znaczącym źródłem emisji dwutlenku węgla. Również gleby w USA i Kanadzie nie są źródłem emisji CO_2 i miejscem retencji węgla [BRUCE i in. 1999]. Na trudności w oszacowaniu wielkości emisji CO_2 wskazali FABER [2001], KRASOWICZ i in. [2011] oraz TURBIAK [2013].



Rys. 1. Emisja gazów cieplarnianych z produkcji roślinnej w zależności od systemu produkcji; źródło: wyniki własne

Fig. 1. GHG emissions from crop production in conventional and organic systems; source: own studies

W konwencjonalnym systemie gospodarowania stosowano uproszczone trójpolowe zmianowanie zbożowe: kukurydza – jęczmień jary – pszenica ozima. Kluczową zmianą w organizacji produkcji roślinnej w systemie ekologicznym było zastąpienie w uprawie kukurydzy mieszankami zbożowo-strączkowymi i mieszanką koniczyny z trawami. Dodatkowo w składzie wysiewanych mieszanek zwiększono udział roślin motylkowatych, które mają dodatni wpływ na bilans glebowej substancji organicznej i węgla w glebie. Uważa się, że skutkiem wprowadzonych zmian było nieznaczne ograniczenie emisji dwutlenku węgla w systemie ekologicznym. Zazwyczaj osiągnięcie równowagi między emisją CO₂ i retencją węgla jest możliwe po kilku latach od wprowadzonych zmian [JANZEN i in. 2008b; SMITH i in. 2007].

Emisja CO₂ ze zużycia energii jest szacowana z dwóch źródeł – bezpośredniego i pośredniego. Emisja bezpośrednia obejmuje zużycie paliw wykorzystywanych do zabiegów agrotechnicznych (np. orka, siew, ochrona, zbiór). Natomiast pośrednim źródłem jest emisja powstająca podczas produkcji nawozów mineralnych i środków ochrony roślin. Energia zużyta w gospodarstwie jest przeliczana na emisję CO₂ z wykorzystaniem odpowiednich wskaźników w zależności od rodzaju użytego paliwa (olej napędowy, prąd, węgiel). W warunkach produkcji konwencjonalnej emisja dwutlenku węgla utrzymywała się na stałym poziomie 0,40 Mg eq CO₂·ha⁻¹, co stanowiło 24,8% całkowitej emisji GHG z produkcji roślinnej. Ograniczenie liczby zabiegów agrotechnicznych, spowodowane brakiem stosowania nawozów mineralnych i środków ochrony roślin w systemie ekologicznym, wpłynęło na istotne zmniejszenie emisji dwutlenku węgla z tego źródła (rys. 1). Średnia z lat emisja CO₂ w systemie ekologicznym wyniosła 0,08 Mg eq CO₂·ha⁻¹, a udział w całkowitej emisji z produkcji roślinnej wynosił 12,9%.

Źródłem bezpośredniej emisji N₂O w produkcji roślinnej jest emisja występująca w wyniku wnoszenia azotu do gleby w postaci nawozów mineralnych, naturalnych, wiązania przez rośliny motylkowate oraz przyorywania bogatych w azot resztek poźniwnych. Za pomocą modelu szacuje się również emisję pośrednią N₂O, która pochodzi z depozytu utleniającego się azotu w formie tlenkowej NO_x i amonowej NH₃ oraz wymywania azotu pochodzącego z nawozów mineralnych i organicznych. Wielkość emisji N₂O zależy od przebiegu procesów nityfikacji i denityfikacji [FREIBAUER i in. 2000; JANZEN i in. 1999; SAPEK 2008]. Oszacowane wielkości emisji bezpośredniej i pośredniej tego gazu w latach 2000–2002 w systemie uprawy konwencjonalnej wyniosły odpowiednio: 0,93 i 0,19 Mg eq CO₂·ha⁻¹ (rys. 1). Istotne znaczenie w ograniczaniu emisji tlenu azotu (I) ma poziom nawożenia azotem, który wykazuje liniową zależność z poziomem tej emisji z gleby [HELLEBRAND 2005]. Ocenia się, że realne możliwości zmniejszenia emisji N₂O wynoszą 20–40% w wyniku zwiększenia efektywności nawożenia organicznego i zmniejszenia dawek oraz 15–20% w wyniku zmian technologicznych w produkcji [GIELEN i in. 1999]. Ograniczenie stosowania nawozów mineralnych zgodnie

z zasadami rolnictwa ekologicznego skutkowało istotnym zmniejszeniem emisji N_2O – 54,8%.

Całkowita emisja gazów cieplarnianych z produkcji roślinnej w systemie tradycyjnym wyniosła średnio $1,61 \text{ Mg eq CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{r}^{-1}$, a w systemie ekologicznym $0,62 \text{ Mg eq CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{r}^{-1}$. Jest to wynik zbliżony do uzyskanego we wcześniejszych badaniach własnych [FABER, JAROSZ 2006] oraz mieszczący się w granicach wartości uzyskanych dla Europy przez FREIBAUER i in. [2000], wynoszących 0,5–4,0 $\text{Mg eq CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{r}^{-1}$. Największy udział w całkowitej emisji GHG z produkcji roślinnej w obu systemach gospodarowania miała bezpośrednia emisja N_2O i wyniosła ona odpowiednio 57,7 i 67,7%.

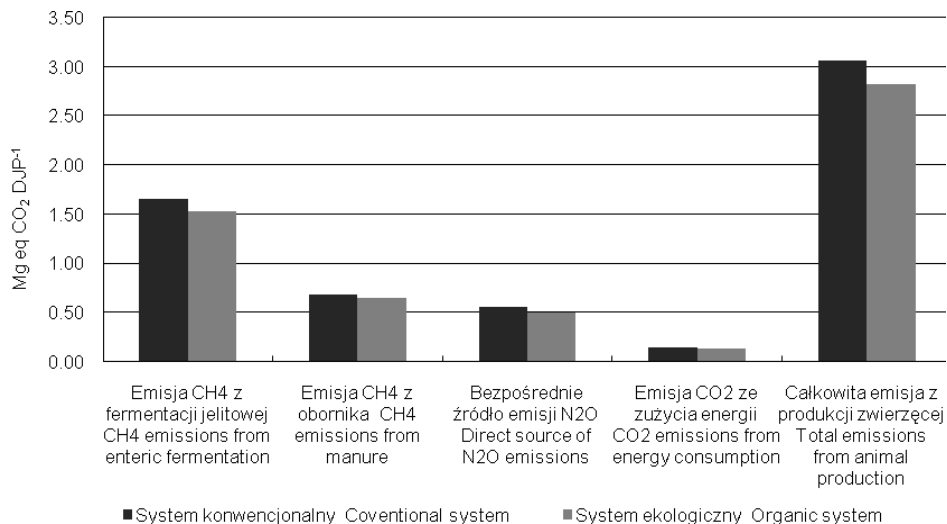
Do głównych gazów cieplarnianych emitowanych z produkcji zwierzęcej należą metan i tlenek azotu (I). Wielkość emisji zależy zarówno od pogłowia poszczególnych gatunków zwierząt, jak i poziomu wydajności oraz systemu utrzymania. Metan emitowany jest głównie przez zwierzęta gospodarskie jako efekt procesów trawiennych. Ograniczenie emisji tego gazu z fermentacji jelitowej jest najtrudniejsze, gdyż w tym przypadku przechwytywanie CH_4 jest stosunkowo mało skuteczne. Uważa się, że zmniejszenie ilości metanu w atmosferze można uzyskać poprzez właściwy dobór składników pokarmowych dla przeżuwaczy czy stosowanie odpowiednich filtrów, co obecnie jednak jest zbyt drogim sposobem. Emisja tego gazu następuje również podczas składowania odchodów zwierzęcych. Sposobem jej ograniczenia jest optymalizacja systemów przechowywania, transportu i rozprządzenia odchodów zwierzęcych na polu.

W gospodarstwach rolnych z udziałem produkcji zwierzęcej źródłem emisji N_2O są:

- budynki inwentarskie, w których emisja zależy od systemu utrzymania i rodzaju zwierząt;
- składowanie obornika na płytach obornikowych – emisja zależy od sposobu i powierzchni składowania oraz szczelności zbiorników;
- grunty orne i użytki zielone – emisja następuje po zastosowaniu naturalnych i mineralnych nawozów azotowych, a jej intensywność zależy od rodzaju uprawy i nawozów, dawki i techniki ich aplikacji;
- emisja z odchodów pozostawionych na pastwiskach i wybiegach dla zwierząt.

Wielu autorów, np. ERISMAN i in. [2008] oraz HELLSTEN i in. [2008], uważa, że są to jedne z najważniejszych źródeł emisji i zanieczyszczeń środowiska. W wielu krajach prowadzi się intensywne działania zmierzające do ograniczenia skali tego zjawiska. Na przykład Dania i Holandia uczyniły to dzięki upowszechnianiu i stosowaniu doglebowych technik aplikacji płynnych nawozów naturalnych [VAN JAARSVELD 2004].

Na podstawie wyników uzyskanych z modelu stwierdzono statystycznie istotną różnicę emisji między systemami produkcji wynoszącą 7,8% emisji CH_4 pochodzącej z fermentacji jelitowej. Nie stwierdzono natomiast różnic w emisji tego gazu z obornika w zależności od systemu gospodarowania (rys. 2). Zbliżona obsada



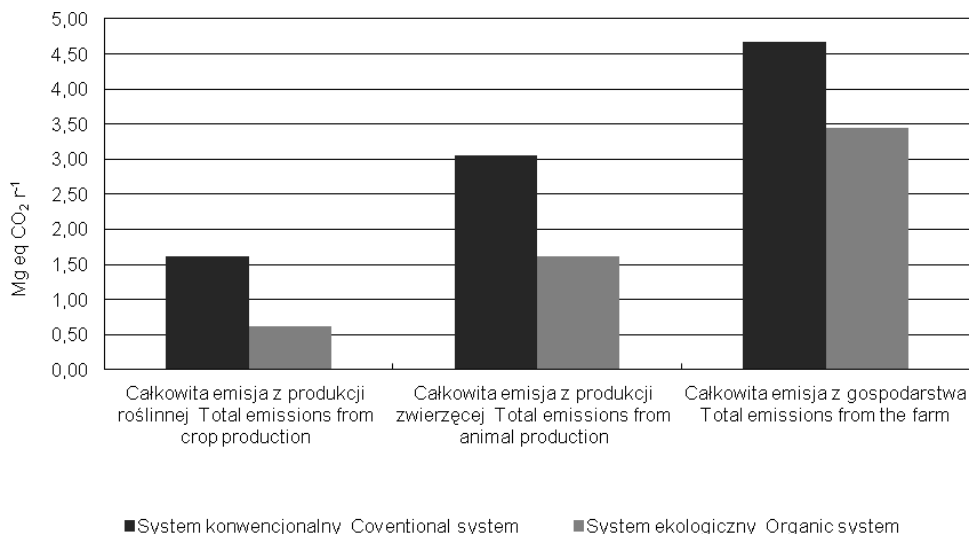
Rys. 2. Emisja gazów cieplarnianych z produkcji zwierzęcej w zależności od systemu produkcji; źródło: wyniki własne

Fig. 2. GHG emissions from animal production in conventional and organic systems; source: own studies

zwierząt gospodarskich i niezmienny sposób utrzymywania stada oraz składowania i rozprowadzania odchodów zwierzęcych na polu nie mogły wpłynąć na zmniejszenie emisji tego gazu. Nieznaczne ograniczenie jego emisji (5,8%) w systemie ekologicznym wynikało z mniejszej liczby opasów w strukturze inwentarza. Zmiany w strukturze stada w systemie ekologicznym w porównaniu z jego strukturą w systemie tradycyjnym wpłynęły także na ograniczenie emisji N₂O. W systemie konwencjonalnym (lata 2000–2002) wynosiła ona 0,56 Mg eq CO₂·DJP⁻¹, a w systemie ekologicznym (2007–2009) 0,50 Mg eq CO₂·DJP⁻¹ (rys. 2).

Całkowita emisja GHG z produkcji zwierzęcej w systemie konwencjonalnym wyniosła 3,06, natomiast w systemie ekologicznym – 2,82 Mg eq CO₂ w przeliczeniu na dużą jednostkę przeliczeniową. Obliczona wielkość emisji jest zbliżona do uzyskanej w badaniach własnych [FABER, JAROSZ 2006] oraz do uzyskanej przez FREIBAUER i in. [2000], która wynosiła 3–4 Mg eq CO₂·DJP⁻¹. Decydujący udział (54,2%) w całkowitej emisji gazów cieplarnianych z produkcji zwierzęcej miała emisja metanu z fermentacji jelitowej.

Całkowita emisja gazów cieplarnianych oszacowana na poziomie gospodarstwa różniła się statystycznie istotnie w zależności od systemu produkcji. W systemie konwencjonalnym wyniosła ona 4,67 Mg eq CO₂·r⁻¹, a w systemie ekologicznym – 3,44 Mg eq CO₂·r⁻¹ (rys. 3). Zmniejszenie całkowitej emisji w gospodarstwie w warunkach systemu ekologicznego w stosunku do oszacowanej w warunkach systemu konwencjonalnego wyniosło 26,3% i wynikało przede wszystkim



Rys. 3. Całkowita emisja gazów cieplarnianych z gospodarstwa w zależności od systemu produkcji; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Total GHG emission from conventional and organic systems; source: own studies

z braku stosowania azotu mineralnego i zmniejszenia liczby zabiegów agrotechnicznych (zmniejszenia zużycia paliwa).

WNIOSKI

1. Emisja gazów cieplarnianych (GHG) z produkcji roślinnej w konwencjonalnym systemie gospodarowania w przeliczeniu na dwutlenek węgla wyniosła 1,61 Mg eq CO₂·ha⁻¹·r⁻¹, a w systemie ekologicznym 0,62 Mg eq CO₂·ha⁻¹·r⁻¹, zaś z produkcji zwierzęcej odpowiednio 3,06 i 2,82 Mg r⁻¹ eq CO₂·DJP⁻¹.

2. Całkowita emisja GHG w gospodarstwie w systemie konwencjonalnym wyniosła 4,67 Mg eq CO₂·r⁻¹, a w ekologicznym 3,44 Mg eq CO₂·r⁻¹. Mniejsza emisja w warunkach gospodarowania w systemie ekologicznym wynikała głównie z braku stosowania nawożenia azotowego i zmniejszenia liczby zabiegów agrotechnicznych (zmniejszenia ilości zużytego paliwa).

3. Decydujący udział w całkowitej emisji gazów cieplarnianych z produkcji roślinnej miała emisja N₂O, która wynosiła 57,7% w systemie konwencjonalnym i 67,3% w ekologicznym. Największy udział w całkowitej emisji GHG z produkcji zwierzęcej w obu systemach miała emisja CH₄ z fermentacji jelitowej (54,2%).

LITERATURA

- BFIN niedatowane. Energy conversion factors [online]. Bioenergy Feedstock Information Network [Dostęp: 05.05.2008]. Dostępny w Internecie: http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy_conv.html
- BRUCE J.P., FROME M., HAITES E., JANZEN H.H., LAL R., PAUSTIAN K. 1999. Carbon sequestration in soils. *Journal Soil and Water Conservation*. Vol. 54. No. 1 s. 382–389.
- DYER J.A., DESJARDINS R.L. 2006. An integrated index of electrical energy use in Canadian agriculture with implications for greenhouse gas emissions. *Biosystems Engineering*. Vol. 95. Iss. 3 s. 449–460.
- ERISMAN J., BLEEKER A., HANSEN A., VERMEULEN A. 2008. Agricultural air quality in Europe and the future perspectives. *Atmospheric Environment*. Vol. 42 s. 3209–3217.
- FABER A. 2001. Emisja gazów cieplarnianych oraz retencjonowanie węgla przez rolnictwo. *Fragmenta Agronomica*. Vol. 4 (72) s. 102–117.
- FABER A., JAROSZ Z. 2006. Emisja gazów cieplarnianych na poziomie gospodarstwa. *Fragmenta Agronomica*. Vol. 4 (92) s. 53–66.
- FREIBAUER A., KALTSCHMITT M. (red.). 2000. Emission rates and emission factors of greenhouse gas fluxes in arable and animal agriculture [online]. European summary report of the EU Concerted Action FAIR-CT96-1877, Stuttgart. [Dostęp 27.11.2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.citeulike.org/user/leipadr/article/6223800>
- GIELEN D.J., BOS A.J.M., DE FEBER M.A.P.C., GERLAGH T. 1999. Greenhouse gas emission reduction in agriculture and forestry. A Western European systems engineering perspective. *Journal Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*. Vol. 85. No. 6 s. 344–359.
- HELLEBRAND H.J., SCHOLZ V., KERN J., KAVDIR Y. 2005. N₂O release during cultivation of energy crops. *Agrartechnische Forschung*. Vol. 11. No. 5 s. 114–124.
- HELLSTEN S., DRAGOSITS U., PLACE C.J., VIENO M., DORE A.J., MISSELBROOK T.H., TANG Y.S., SYTON M.S. 2008. Modelling the spatial distribution of ammonia emissions in the UK. *Environmental Pollution*. Vol. 154 s. 370–379.
- IOŚ 2010. Piąty raport rządowy dla Konferencji Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu. Warszawa ss. 130.
- IPCC 2006a. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol. 4. Agriculture, forestry and other land use. Chapter 10. Emissions from livestock and manure management [online]. [Dostęp 17.12.2013]. Dostępny w Internecie: <http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol4.pdf>
- IPCC 2006b. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas Inventories. Vol. 4. Agriculture, forestry and other land use. Chapter 11. N₂O Emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application [online]. [Dostęp 17.12.2013]. Dostępny w Internecie: <http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol4.pdf>
- JANZEN H.H., DESJARDINS R.L., ASSELIN J.M.R., GRACE B. (red.). 1999. The health of our air: toward sustainable agriculture in Canada. Ottawa. Agriculture and Agri-Food Canada. ISBN 0-662-27170-X ss. 110.
- JANZEN H.H., DESJARDINS R.L., ROCHETTE P., BOEHM M., WORTH D. (red.). 2008b. Better farming, better air: A scientific analysis of farming practice and greenhouse gases in Canada. Ottawa. Agriculture and Agri-Food Canada. ISBN 978-0-662-4794-4 ss. 146.
- JANZEN H.H., LINDEMAN J., LITTLE S., MACLEAN K. 2008a. Holos: A tool to estimate and reduce GHGs from farms. Ottawa. Agriculture and Agri-Food Canada. ISBN 978-1-100-11424-8 ss. 168.

- KRASOWICZ S., OLESZEK W., HORABIK J., DĘBICKI R., JANKOWIAK J., STUCZYŃSKI T., JADCZYŃSKI J. 2011. Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski. Polish Journal of Agronomy. Vol. 7 s. 43–58.
- SAPEK A. 2008. Emisja tlenków azotu (NO_x) z gleb uprawnych i ekosystemów naturalnych do atmosfery. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 8. Z. 1 (22) s. 283–304.
- SENSI A. 1999. Agriculture and climate change. The Kyoto protocol: an overview [online]. The European Commission, Agriculture and Environment. [Dostęp 07.10.2013]. Dostępny w Internecie: http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/en/clima_en/report_en.htm
- SMITH P., MARTINO D., CAI Z., GWARY D., JANZEZ H., KUMAR P., MCCARL B., OGLE S., O'MARA F., RICE C., SCHOLLS B., SIROTENKO O. 2007. Agriculture. W: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pr. zbior. Red. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer [online]. Cambridge. Cambridge University Press. [Dostęp 17.12.2013]. Dostępny w Internecie: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter8.pdf>
- STEINFELD H., GERBER P., WASSENAAR T., CASTEL V., ROSALES M. 2006. Livestock's long shadow – environmental issues and options. Rome. FAO. ISBN 978-92-5-105571-7 ss. 390.
- TURBIAK J. 2013. Ocena ubytku masy organicznej w glebie murszowatej na podstawie pomiarów strumieni emisji dwutlenku węgla. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 2 (42) s. 147–159.
- VAN JAARSVELD J.A. 2004. The operational priority substances model: description and validation of OPS-pro 4.1. RIVM Report No. 500045001. Bilthoven. National Institute of Public Health and Environmental ss. 156.

Zuzanna JAROSZ, Antoni FABER, Alina SYP

AN ASSESSMENT OF CHANGES IN THE GREENHOUSE GAS EMISSION FOLLOWING A SWITCH FROM CONVENTIONAL TO ORGANIC FARMING

Key words: *conventional system, emission, greenhouse gases, organic system*

S u m m a r y

The paper presents an assessment of greenhouse gas release from plant and animal production in the Agricultural Experimental Station in Grabów. The study included gaseous emissions from direct and indirect sources. Obtained results allowed to determine the possibility of reduction of greenhouse gas emission from farms based on the production system e.g. conventional versus ecological one. To estimate various greenhouse gas emissions a Holos 1.1.2 model was used. The model allows to predict changes in emissions resulting from changes in the production system and thus to explore the possibility of reducing greenhouse gas emissions from farms. The study showed that the total GHG emissions were 4.67 and 3.44 Mg CO₂ eq·y⁻¹ in the conventional and ecological system, respectively. The lower value in the ecological system resulted mainly from reduced emissions in crop production due to a lack of fertilisation with mineral nitrogen and to limited number of agricultural treatments (lower fuel consumption). Emissions from livestock dominated in the total GHG emission.

Adres do korespondencji: dr Z. Jarosz, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, ul. Czarotoryskich 8, 24-100 Puławy; tel. +48 81 886-34-21 w. 210, e-mail: ZJarosz@iung.pulawy.pl