

Wpłynęło 16.03.2015 r.
Zrecenzowano 15.04.2015 r.
Zaakceptowano 29.06.2015 r.

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

Możliwości ograniczenia emisji rolniczych z uprawy pszenicy przeznaczanej na cele paliwowe

Zuzanna JAROSZ^{ABCDF}, Antoni FABER^{ABCDF}

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

Do cytowania For citation: Jarosz Z., Faber A. 2015. Możliwości ograniczenia emisji rolniczych z uprawy pszenicy przeznaczanej na cele paliwowe. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Z. 2(88) s. 75–83.

Streszczenie

W opracowaniu porównano emisje polowe N_2O z czterech systemów uprawy pszenicy przeznaczanej do produkcji bioetanolu, oszacowane metodą IPCC oraz symulowane za pomocą modelu DNDC. Uzyskane wyniki wykorzystano do oszacowania emisji rolniczych z zastosowaniem kalkulatora Biograce v. 4 public, który został uznany przez Komisję Europejską za oficjalne narzędzie do obliczania emisji gazów cieplarnianych (GHG) zgodnie z wymaganiami dyrektywy 2009/28/WE. Oszacowane emisje rolnicze z upraw pszenicy były mniejsze od standardowej wartości podanej w dyrektywie. Uwzględnienie wartości emisji polowych oszacowanych metodą IPCC w obliczeniach emisji rolniczych wykazało ograniczenie emisji GHG w stosunku do paliw konwencjonalnych $\geq 50\%$ we wszystkich województwach z wyjątkiem podlaskiego. Po wprowadzeniu do obliczeń wartości emisji polowych N_2O symulowanych za pomocą modelu DNDC okazało się, że bazę surowcową do produkcji bioetanolu można rozszerzyć również o województwo podlaskie.

Słowa kluczowe: model DNDC, emisja rolnicza, ograniczenie emisji, zrównoważona produkcja biopaliw

Wstęp

Rozwój produkcji i stosowania biopaliw jest kształtowany przez politykę Unii Europejskiej, a szczególnie dyrektywę 2009/28/WE (RED) [Dyrektywa 2009]. Biokomponenty i biopaliwa płynne powinny spełniać kryteria zrównoważonej produkcji. Podstawowym wymogiem jest ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (ang. GHG – *greenhouse gases*) szacowane metodą cyklu życia (LCA). Metoda ta pozwala określić emisyjność całego cyklu produkcji biopaliw, obejmującego: pozyskanie surowca, zabiegi uprawowe, zbiór, transport, proces konwersji w energię oraz zagospodarowanie odpadów powstających w procesie produkcji. Szacunki emisji i jej ograniczeń muszą wykonać wszystkie podmioty uczestniczące w produkcji biopaliw. W tych

szacunkach należy uwzględniać emisje rolnicze, powstające w produkcji surowców przeznaczonych na cele paliwowe. W tym celu można wykorzystać standardowe wartości emisji rolniczych z poszczególnych upraw, podane w dyrektywie, bądź oszacować wartości rzeczywiste. Tylko biopaliwa, których produkcja spełnia kryteria zrównoważonego rozwoju mogą być zaliczone do odnawialnych źródeł energii.

Emisje rolnicze obejmują emisje z produkcji materiału siewnego, nawozów (N, P, K, Ca) i środków ochrony roślin, zużycia paliwa do wykonywania zabiegów polowych, emisję spowodowaną akumulacją węgla w glebie oraz emisję polową N_2O .

Dyrektywa szczegółowo określa metodykę szacowania wartości emisji GHG i jej ograniczeń. W przypadku szacowania emisji podtlenku azotu oraz obliczania zasobów węgla organicznego w glebie zaleca ona stosowanie metodyki IPCC (poziom 1), pozostawiając krajom członkowskim inicjatywę, co do stosowania metod dokładniejszych – modeli (poziom 3).

W strukturze emisji rolniczych największy udział mają emisje polowe N_2O . Emisje bezpośrednie N_2O powstają głównie wskutek stosowania nawozów azotowych, na pośrednie zaś mają wpływ emisje amoniaku (NH_3) oraz wymywanie azotu. Pozostawianie na polu dużej ilości stomy prowadzi do zwiększenia sekwestracji węgla, a tym samym ograniczenia emisji GHG. Z drugiej strony może prowadzić do zwiększenia emisji N_2O oraz ogranicza lub zwiększa wymywanie azotu i azotanów. Według niektórych źródeł sekwestracja węgla większa niż $0,3 \text{ t C}\cdot\text{ha}^{-1}$ może powodować duże straty azotu i fosforu [VDLUFA 2004].

Do symulowania w skali przestrzennej Polski emisji podtlenku azotu (N_2O) zastosowano mechanistyczny model Denitrification – Decomposition (DNDC). O wyborze modelu zdecydowało to, że Joint Research Centre European Commission, który jest Instytutem Komisji Europejskiej odpowiedzialnym m.in. za metodyki badań dotyczące biopaliw, wykorzystywał go do symulacji przemian węgla i azotu w skali regionalnej rolnictwa UE-15 [LEIP i in. 2007; 2008]. Model został także zastosowany do analizy sekwestracji węgla organicznego w glebach Polski [FABER i in. 2013]. Również brytyjska agencja RFA (Renewable Fuels Agency), rozliczająca m.in. emisje gazów cieplarnianych powstające podczas produkcji biopaliw płynnych, uznaje za obowiązujące w Wielkiej Brytanii wyniki symulacji emisji N_2O wykonywane w skali regionalnej z użyciem DNDC [RFA 2009]. Model DNDC zastosowano też skutecznie do symulacji bilansów azotu w rolnictwie europejskim [DE VRIES i in. 2011]. Dobre europejskie referencje, odnoszące się do stosowania modelu oraz wykorzystywania wyników symulacji uzyskiwanych z jego użyciem, skłoniły do zastosowania go w warunkach polskiego rolnictwa.

Celem opracowania było oszacowanie możliwych do osiągnięcia ograniczeń emisji rolniczych z upraw pszenicy przeznaczonej do produkcji bioetanolu dzięki stosowaniu różnych systemów uprawy oraz zastąpieniu wartości oszacowanych metodą IPCC dokładniejszymi szacunkami, symulowanymi za pomocą modelu DNDC.

Metody badań

Do symulacji emisji polowych N_2O zastosowano, skalibrowany i zweryfikowany dla warunków wysokoprodukcyjnych gospodarstw działających w Polsce, model DNDC. Symulację przeprowadzono dla 136 kwadratów o boku 50 x 50 km, pokrywających terytorium Polski.

Dane wejściowe do modelu powinny obejmować parametry meteorologiczne (co najmniej temperaturę minimalną i maksymalną oraz opad), a także charakteryzujące właściwości fizykochemiczne gleby oraz agrotechnikę (zmianowanie roślin, terminy, rodzaje oraz głębokości wykonywanych zabiegów uprawowych, dawki i terminy stosowania nawozów mineralnych i naturalnych, ilość pozostawianych na polu resztek poźniwnych) [Li 2007]. Dane meteorologiczne pozyskano z baz danych Joint Research Centre European Commission. Instytucja ta, w ramach systemu monitorowania wzrostu i plonów roślin uprawnych (Crop Growth Monitoring System), zgromadziła dane ze stacji meteorologicznych krajów członkowskich. Dane charakteryzujące właściwości gleb pochodziły z bazy danych IUNG–PIB. Dane dotyczące agrotechniki pozyskiwano, wykorzystując ankiety inwentaryzujące technologię produkcji pszenicy w gospodarstwach bezinwentarзовych, specjalizujących się w produkcji roślinnej (bez obornika). Ankiety objęto 272 gospodarstwa, które są głównymi dostawcami surowców do produkcji biopaliw w Polsce. Obliczenia wykonano na podstawie parametrów agronomicznych uśrednionych dla województw.

Symulacje prowadzono dla czterech systemów uprawy:

- płużnej (pełnej) ze zbiorem całej ilości resztek poźniwnych;
- płużnej z przyorywaniem całej ilości resztek poźniwnych;
- uproszczonej z pozostawianiem całej ilości resztek poźniwnych na polu;
- bezorkowej z pozostawianiem całej ilości resztek poźniwnych na polu.

Uzyskane wartości emisji N_2O porównywano z wartościami oszacowanymi metodą IPCC, zgodnie z wymaganiami dyrektywy 2009/28/WE (poziom 1). Do oszacowania emisji rolniczych wykorzystano kalkulator Biograce v. 4 public [BioGrace 2011; Decyzja... 2013]. Zastosowana metodyka szacowania emisji jest zgodna z wytycznymi zawartymi w dyrektywie.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone symulacje wykazały pewne zróżnicowanie emisji N_2O w badanych wariantach uprawowych, co wiązało się z różnym tempem mineralizacji słomy oraz procesów nityfikacji i denityfikacji zmineralizowanego N. W systemie płużnym z przyorywaniem resztek poźniwnych i uproszczonym z pozostawianiem resztek na polu odnotowano emisję N_2O o 26% większą niż w systemie uprawy pełnej ze zbiorem słomy (tab. 1). Większe w tych wariantach były także emisje NH_3 i wymywanie azotu (wymywanie azotanów, wpływ powierzchniowy różnych związków azotu). W uprawie bezorkowej z pozostawianiem resztek poźniwnych na polu odnotowano emisję N_2O o 15% mniejszą niż z uprawy pełnej ze zbiorem słomy. Mniej były również emisje NH_3 (o 2%) i wymywanie azotu (o 11%).

Tabela 1. Wpływ systemów uprawy pszenicy na emisje N_2O , NH_3 i wymywanie azotu
 Table 1. The effect of wheat cropping systems on N_2O and NH_3 emissions and nitrogen leaching

System uprawy ¹⁾ Tillage system ¹⁾	Emisja N_2O N_2O emission		Utlenianie NH_3 NH_3 volatilization		Wymywanie N Nitrogen leaching	
	[kg N·ha ⁻¹]	[%]	[kg N·ha ⁻¹]	[%]	[kg N·ha ⁻¹]	[%]
1	0,19	100	2,25	100	11,0	100
2	0,24	126	2,31	103	13,0	118
3	0,24	126	2,30	102	13,5	123
4	0,16	85	2,20	98	9,8	89

¹⁾ Warianty: ¹⁾ Variants:

- 1 = uprawa płuzna i zbiór całej ilości resztek poźniwnych;
tillage with the total quantity of crop residues collection;
- 2 = uprawa płuzna i przyorywanie całej ilości resztek poźniwnych;
tillage with the total quantity of crop residues incorporation;
- 3 = uprawa uproszczona i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu;
reduced tillage and leaving entire amount of crop residues at the field;
- 4 = uprawa bezorkowa i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu;
no tillage and leaving entire amount of crop residues at the field.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Uzyskane wyniki nie potwierdzają tego, że pozostawiając na polu dużą ilość resztek poźniwnych, wpływających na wzrost sekwestracji węgla, należy się liczyć z dużymi stratami azotu [DZIENIA i in. 2006].

Emisje polowe N_2O w poszczególnych województwach, oszacowane z zastosowaniem modelu DNDC, porównano z wartościami emisji oszacowanymi metodą IPCC. Emisje N_2O symulowane przez DNDC były znacznie mniejsze niż szacowane metodą IPCC. W systemie płuznym ze zbiorem resztek poźniwnych (wariant 1) emisje polowe oszacowane metodą IPCC wynosiły 3,11–3,25 kg $N_2O \cdot ha^{-1} \cdot r^{-1}$ (tab. 2), a symulowane metodą DNDC – 0,37–2,71 kg $N_2O \cdot ha^{-1} \cdot r^{-1}$. Wartość emisji oszacowana za pomocą DNDC w tym systemie we wszystkich województwach stanowiła $\leq 25\%$ wartości emisji oszacowanej metodą IPCC, z wyjątkiem województwa lubuskiego, w którym stanowiła 86%.

Przyoranie resztek poźniwnych (wariant 2) spowodowało nieznaczny wzrost emisji polowych szacowanych porównywanymi metodami. Emisje N_2O oszacowane zgodnie z metodyką zalecaną przez dyrektywę (poziom 1) wyniosły 3,11–3,26 kg $N_2O \cdot ha^{-1} \cdot r^{-1}$, a symulowane DNDC osiągnęły wartości 0,45–2,71 kg $N_2O \cdot ha^{-1} \cdot r^{-1}$ (tab. 2).

W systemie uproszczonym z pozostawianiem całej ilości resztek poźniwnych na polu (wariant 3) emisje polowe szacowane metodą IPCC wyniosły 3,14–3,34 kg $N_2O \cdot ha^{-1} \cdot r^{-1}$, a symulowane DNDC – 0,45–2,64 kg $N_2O \cdot ha^{-1} \cdot r^{-1}$ (tab. 2). Stosunek wartości symulowanych DNDC do szacowanych IPCC był znacznie zróżnicowany – mieścił się w zakresie 14–84%.

Wprowadzenie systemu bezorkowego (wariant 4) spowodowało zmniejszenie emisji polowych w porównaniu do systemu płuznego. Emisje N_2O symulowane metodą DNDC były kilkakrotnie niższe od szacowanych metodą IPCC (tab. 2).

Tabela 2. Emisje polowe N_2O [$kg N_2O \cdot ha^{-1} \cdot r^{-1}$] z uprawy pszenicy szacowane metodą IPCC oraz DNDC
 Table 2. N_2O [$kg N_2O \cdot ha^{-1} \cdot y^{-1}$] field emissions from wheat cultivation estimated using the IPCC and DNDC method

Województwo Province	System uprawy Tillage systems											
	Wariant 1 Variant 1			Wariant 2 Variant 2			Wariant 3 Variant 3			Wariant 4 Variant 4		
	IPCC	DNDC	DNDC/IPCC [%]	IPCC	DNDC	DNDC/IPCC [%]	IPCC	DNDC	DNDC/IPCC [%]	IPCC	DNDC	DNDC/IPCC [%]
Dolnośląskie	3,18	0,72	23	3,22	0,95	30	3,23	1,00	31	3,08	0,70	23
Kujawsko-pomorskie	3,14	0,73	23	3,13	1,00	32	3,14	1,13	36	3,11	0,72	23
Lubelskie	3,14	0,44	14	3,13	0,51	16	3,21	0,53	16	3,10	0,43	14
Lubuskie	3,16	2,71	86	3,16	2,71	86	3,16	2,64	84	3,15	1,62	51
Łódzkie	3,13	0,55	17	3,11	0,77	25	3,15	0,79	25	3,10	0,54	18
Małopolskie	2,79	0,39	14	3,17	0,45	14	3,25	0,45	14	3,14	0,40	13
Mazowieckie	3,12	0,43	14	3,15	0,60	19	3,21	0,57	18	3,11	0,43	14
Opolskie	3,20	0,47	15	3,13	0,69	22	3,19	0,71	22	3,08	0,46	15
Podkarpackie	3,22	0,43	13	3,19	0,46	14	3,27	0,47	14	3,13	0,42	13
Podlaskie	3,11	0,45	14	3,13	0,57	18	3,17	0,60	19	3,12	0,45	14
Pomorskie	3,21	0,49	15	3,24	0,59	18	3,33	0,59	18	3,16	0,48	15
Śląskie	3,14	0,37	12	3,12	0,46	15	3,19	0,46	14	3,11	0,37	12
Świętokrzyskie	3,23	0,47	15	3,26	0,66	20	3,34	0,67	20	3,19	0,46	15
Warmińsko-mazurskie	3,16	0,44	14	3,15	0,54	17	3,22	0,54	17	3,13	0,44	14
Wielkopolskie	3,17	0,79	25	3,18	1,25	39	3,19	1,25	39	3,15	0,79	25
Zachodniopomorskie	3,25	0,54	16	3,26	0,75	23	3,28	0,83	25	3,19	0,53	17

Objaśnienie, jak w tabeli 1. Explanation, see table 1.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Reasumując, należy stwierdzić, że – bez względu na wprowadzany system agrotechniki – wartości emisji polowych podtlenku azotu symulowane metodą DNDC były zdecydowanie mniejsze niż szacowane metodą IPCC. Wyniki uzyskane z zastosowaniem metody IPCC są przeszacowane. Wyniki badań własnych nie potwierdzają szacunków przedstawionych przez CRUTZEN i in. [2008], według których emisje N₂O stanowią mogą 4 ±1% zastosowanej dawki azotu.

Oszacowane emisje polowe wykorzystano do określenia emisji rolniczych, w g CO₂eq·MJ⁻¹, z zastosowaniem kalkulatora Biograce. Standardowa wartość emisji rolniczych podana w dyrektywie 2009/28/WE dla pszenicy wynosi 23 g CO₂eq·MJ⁻¹. Uzyskane wyniki wykazały, że – bez względu na zastosowany system uprawy oraz metodę obliczeń – wszystkie oszacowane emisje rolnicze były mniejsze od wartości standardowej (tab. 3 i 4). W takich warunkach agrorafinerie w Polsce są w stanie uzyskać, wymagane przez dyrektywę od 1 kwietnia 2013 r., ograniczenie emisji GHG w produkcji bioetanolu wynoszące 35%.

Tabela 3. Emisje rolnicze [g CO₂eq·MJ⁻¹ bioetanolu] obliczone z uwzględnieniem emisji N₂O oszacowanych metodą IPCC

Table 3. Agricultural emissions [g CO₂eq·bioethanol MJ⁻¹] calculated with regard to N₂O emissions estimated by the IPCC method

Województwo Province	System uprawy Tillage system			
	1	2	3	4
Dolnośląskie	18,04	16,86	15,74	16,29
Kujawsko-pomorskie	21,04	18,35	16,36	17,08
Lubelskie	20,41	18,03	16,71	16,77
Lubuskie	18,78	17,62	16,48	16,65
Łódzkie	20,73	18,75	17,02	17,69
Małopolskie	17,93	17,64	16,12	16,38
Mazowieckie	21,07	18,62	16,68	17,18
Opolskie	18,51	17,24	15,93	16,70
Podkarpackie	19,58	17,93	16,10	16,59
Podlaskie	21,48	18,53	16,98	17,09
Pomorskie	19,38	17,03	15,52	16,07
Śląskie	19,77	18,34	16,58	16,67
Świętokrzyskie	18,45	16,97	15,59	15,89
Warmińsko-mazurskie	20,03	17,91	16,19	16,55
Wielkopolskie	19,23	17,97	16,66	16,88
Zachodniopomorskie	18,16	16,66	15,53	15,66

Objaśnienie, jak w tabeli 1. Explanation, see table 1.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Zwiększenie sekwestracji węgla wskutek poprawy agrotechniki zmniejsza emisje rolnicze, a tym samym wpływa na większą redukcję całkowitej emisji gazów cieplarnianych. Sekwestracja węgla w systemie uprawy płuznej, oszacowana z zastosowaniem modelu DNDC, wynosiła 0–0,26 t C·ha⁻¹. Sekwestracja w uprawie oszczędzającej była większa niż w uprawie płuznej o 0,46–0,64 t C·ha⁻¹. Uprawa bezorkowa jeszcze bardziej zwiększała sekwestrację (1,93–2,72 t C·ha⁻¹). Wartości te były

większe od oszacowanych metodą IPCC, które w uprawie uproszczonej wynosiły 0,14–0,53 t C·ha⁻¹, a w bezorkowej – 0,39–1,17 t C·ha⁻¹. Większe wartości sekwestracji symulowane przez DNDC gwarantują możliwość osiągnięcia większych ograniczeń emisji rolniczych (tab. 4).

Tabela 4. Emisje rolnicze [g CO₂eq·MJ⁻¹ bioetanolu] z uwzględnieniem szacunku N₂O metodą DNDC

Table 4. Agricultural emissions [g CO₂eq·bioethanol MJ⁻¹] with regard to N₂O emissions estimated by the DNDC method

Województwo Province	System uprawy Tillage system			
	1	2	3	4
Dolnośląskie	11,33	11,11	10,28	9,87
Kujawsko-pomorskie	13,69	12,68	11,31	10,57
Lubelskie	12,41	11,17	9,92	9,57
Lubuskie	17,58	16,50	15,19	12,57
Łódzkie	13,00	12,39	10,91	10,60
Małopolskie	11,34	10,70	9,33	9,22
Mazowieckie	12,90	11,81	10,06	9,77
Opolskie	10,87	10,81	9,70	9,87
Podkarpackie	11,87	10,99	9,45	9,48
Podlaskie	13,15	11,63	10,34	9,77
Pomorskie	11,99	10,73	9,31	9,35
Śląskie	11,70	11,13	9,63	9,40
Świętokrzyskie	11,28	10,79	9,50	9,22
Warmińsko-mazurskie	12,20	11,18	9,66	9,39
Wielkopolskie	12,52	13,03	11,80	10,68
Zachodniopomorskie	11,03	10,61	9,76	9,18

Objaśnienie, jak w tabeli 1. Explanation, see table 1.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Z badań własnych, które dotyczyły możliwości ograniczenia emisji GHG w pełnym cyklu produkcji bioetanolu z pszenicy wynika, że według obliczeń wykonanych z uwzględnieniem polowych emisji N₂O oszacowanych metodą IPCC, dla pszenicy uprawianej w systemie płużnym ze zbiorem resztek poźniwnych (wariant 1), możliwe jest uzyskanie ograniczenia emisji ≥50% we wszystkich województwach z wyjątkiem podlaskiego [JAROSZ, FABER 2015]. Jest to wielkość ograniczenia jaka będzie wymagana przez dyrektywę od 2017 r. dla instalacji działających. Natomiast według szacunków wykonanych dla uprawy płużnej z przyorywaniem resztek poźniwnych (wariant 2) ograniczenie całkowitej emisji z produkcji bioetanolu jest ≥80%.

Wartości emisji rolniczych oszacowane z uwzględnieniem emisji polowych N₂O symulowanych za pomocą modelu DNDC są mniejsze (tab. 4) – np. w województwie podlaskim wartość emisji rolniczej w uprawie pełnej ze zbiorem słomy wynosi 13,2 g CO₂eq·MJ⁻¹. Tak małe, według tych obliczeń, wartości emisji rolniczych zapewnią co najmniej 50% ograniczenie całkowitej emisji gazów cieplarnianych z produkcji bioetanolu we wszystkich województwach.

Wnioski

1. Emisje rolnicze oszacowane dla poszczególnych województw były mniejsze od wartości standardowej $23 \text{ g CO}_2\text{eq}\cdot\text{MJ}^{-1}$ podanej w dyrektywie 2009/28/WE Parlamentu Europejskiego i Rady.
2. Według obliczeń emisji rolniczych z uwzględnieniem emisji polowych N_2O szacowanych metodą IPCC, możliwe jest ponad 50-procentowe ograniczenie całkowitych emisji gazów cieplarnianych z produkcji bioetanolu z pszenicy uprawianej w systemie płuźnym ze zbiorem resztek poźniowych, z wyjątkiem województwa podlaskiego.
3. Wprowadzenie do obliczeń szacunków emisji polowych N_2O według DNDC może rozszerzyć bazę surowcową do produkcji bioetanolu o województwo podlaskie.

Bibliografia

BioGrace 2011. Harmonised calculations of biofuel greenhouse gas emissions in Europe [online]. [Dostęp 16.02.2015]. Dostępny w Internecie: <http://www.biograce.net/>

CRUTZEN P.J., MOSIER A.R., SMITH K.A., WINIWARTER W. 2008. N_2O release from agrobiofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics*. Vol. 8 s. 389–395.

Decyzja Komisji z dnia 30 maja 2013 r. w sprawie zatwierdzenia systemu „narzędzie do obliczania emisji gazów cieplarnianych Biograce” w odniesieniu do wykazania zgodności z kryteriami zrównoważonego rozwoju zgodnie z dyrektywami Parlamentu Europejskiego i Rady 98/78/WE oraz 2009/28/WE. Dz.U. UE L 2013.147.46.

DE VRIES W., LEIP A., REINDS G.J., KROS J., LESSCHEN J.P., BOUWMAN A.F. 2011. Comparison of land nitrogen budgets for European agriculture by various modeling approaches. *Environmental Pollution*. Vol. 159. Iss. 11 s. 3254–3268.

DZIENIA S., ZIMNY L., WEBER R. 2006. Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragmenta Agonomica*. Vol. 2. No. 90 s. 227–241.

DYREKTYWA 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Dz.U. UE L 09.140.16.

FABER A., JAROSZ Z., NIERÓBCA A., SMAGACZ J. 2013. Sekwestracja węgla organicznego w glebach Polski jako sposób na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu i biodiesla (LCA). Projekt N N313 759240, finansowany przez Narodowe Centrum Nauki. Raport. Nr 165. Puławy. IUNG–PIB (niepublikowany).

JAROSZ Z., FABER A. 2015. Możliwości spełnienia wymogów UE w zakresie zrównoważonej produkcji biopaliw. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*. T. 17. Z. 1 s. 85–90.

LEIP A., MARCHI G., KOEBLE R., KEMPEN M., BRITZ W., LI C. 2007. Linking an economic model for European agriculture with a mechanistic model to estimate nitrogen losses from cropland soil in Europe. *Biogeoscience Discussion*. Vol. 4 s. 2215–2278.

LEIP A., MARCHI G., KOEBLE R., KEMPEN M., BRITZ W., LI C. 2008. Linking an economic model for European agriculture with a mechanistic model to estimate nitrogen and carbon losses from arable soils in Europe. *Biogeosciences*. Vol. 5 s. 73–94.

Li C. 2007. Quantifying greenhouse gas emissions from soils: Scientific basis and modeling approach. *Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 53 s. 344–352.

RFA 2009. Carbon and sustainability reporting within the renewable transport fuel obligation. Technical guidance part two. Carbon reporting – Default values and fuel chains [online]. London. Institute for the Study of Earth, Oceans and Space, University of New Hampshire. The DNDC Model. [Dostęp 16.02.2015]. Dostępny w Internecie: <http://www.dndc.sr.unh.edu>

VDLUFA 2004. VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung, Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland [online]. Bonn. [Dostęp 16.02.2015]. Dostępny w Internecie: <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf>

Zuzanna Jarosz, Antoni Faber

THE POSSIBILITIES OF LIMITING AGRICULTURAL EMISSIONS FROM WHEAT CULTIVATION ALLOCATED FOR BIOFUEL

Summary

The study compared the field N₂O emissions from the four wheat cropping systems allocated for the production of bioethanol, estimated by the IPCC methodology and simulated by the DNDC model. The obtained results were used to estimate the agricultural greenhouse emissions. Agricultural emission estimations were made using the BioGrace v. 4 public calculator, which has been recognized by the European Commission as the official tool for calculating greenhouse gas emissions in accordance to the requirements of the 2009/28/EC Directive. The studies showed that the estimated agricultural emissions were lower than the standard values for wheat, included in the Directive. Taking into account the values estimated by the IPCC methodology in calculations of agricultural emissions, revealed a reduction of GHG emission in relation to conventional fuels ≥50% in all provinces except the Podlaskie. After introducing to the calculations, the values of N₂O field emissions simulated by the DNDC model it turned out that the resource base for the production of bioethanol can also be extended onto the Podlaskie province.

Key words: DNDC model, agricultural emission, emission reduction, balanced production of biofuels

Adres do korespondencji:

dr Zuzanna Jarosz

prof. dr hab. Antoni Faber

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

tel. 81 886-34-21 wew. 210; e-mail: zjarosz@iung.pulawy.pl