

Zuzanna Jarosz, Antoni Faber

Institytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

MOŻLIWOŚCI OGRANICZENIA EMISJI ROLNICZYCH Z UPRAWY RZEPAKU PRZEZNACZONEGO DO PRODUKCJI BIODIESLA

THE POSSIBILITY OF AGRICULTURAL EMISSION LIMITATIONS FROM RAPE CULTIVATION ON BIODIESEL

Słowa kluczowe: emisja rolnicza, model DNDC, ograniczenie emisji

Key words: agricultural emission, model DNDC, reduce emission

Abstrakt. Porównano emisje polowe N_2O dla czterech systemów uprawy rzepaku przeznaczonych do produkcji biodiesla oszacowane metodą IPCC oraz symulowane z modelu DNDC. Uzyskane wyniki wykorzystano do oszacowania emisji rolniczych z zastosowaniem kalkulatora Biograce v. 4 public, który został uznany przez Komisję Europejską jako oficjalne narzędzie do obliczania emisji gazów cieplarnianych zgodnie z wymaganiami dyrektywy 2009/28/WE. Badania wykazały, że oszacowane emisje rolnicze z zastosowaniem N_2O symulowanych według DNDC były mniejsze od standardowej wartości emisji podanej w dyrektywie. Zastosowanie wyników emisji polowych oszacowanych metodą IPCC w szacunkach emisji rolniczych wykazało ograniczenie emisji GHG $\geq 35\%$ w 12 województwach. Wprowadzenie do obliczeń szacunków emisji polowych N_2O symulowanych według DNDC może rozszerzyć bazę surowcową do wszystkich województw.

Wstęp

Podjęmowane w Unii Europejskiej (UE) działania mające na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz promowanie zużycia energii ze źródeł odnawialnych przy jednoczesnym zapewnieniu ochrony środowiska mają swoje umocowanie w dyrektywie 2009/28/WE [Dz.U. UE L 09.140.16.2009]. Zgodnie z wytycznymi UE, tylko biopaliwa spełniające kryteria zrównoważonego rozwoju będą mogły być zaliczone do Narodowych Celów Wskaźnikowych (NCW). W zakresie dotyczącym biopaliw dyrektywa określa wymóg, że aby biopaliwa mogły być zaliczane do krajowych celów w zakresie stosowania energii ze źródeł odnawialnych oraz obowiązku redukcji emisji gazów cieplarnianych, muszą spełniać tzw. kryteria zrównoważonego rozwoju.

Łańcuch produkcji biopaliw składa się z wielu elementów, poczynając od pola uprawnego, po dystrybucję paliwa. W celu spełnienia określonych w dyrektywie 2009/28/WE wymagań należy wykazać ich zgodność w odniesieniu do produktu końcowego. Najważniejszym wymogiem jest ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (GHG – *greenhouse gas*) w pełnym cyklu życia produkcji biopaliw (LCA). W całkowitych emisjach gazów cieplarnianych znaczący udział mają emisje rolnicze powstające w produkcji surowców przeznaczonych na cele paliwowe. Są to emisje powstające w procesach przemysłowej produkcji nawozów (N, P, K, Ca) i pestycydów, wskutek spalania paliwa rolniczego (ON, OO), produkcji materiału siewnego oraz emisje podtlenku azotu (N_2O) powstające po wniesieniu nawożenia azotowego do gleby. Spełnienie wymagań dyrektywy 2009/28/WE obliguje do uwzględniania w szacunkach emisji GHG w pełnym cyklu życia biopaliw emisji rolniczych. Mogą to być wartości standardowe emisji bądź wartości rzeczywiste lub kombinacja wartości standardowych i rzeczywistych.

Właściwym sposobem uwzględniania emisji N_2O w emisjach rolniczych jest metoda IPCC (poziom 1.), ale do obliczania zasobów węgla organicznego w glebie i szacowania emisji polowych N_2O w skali regionalnej dyrektywa dopuszcza zastosowanie modelu [Komunikat Komisji... Dz.Urż.UE z 19.6.2010]. Do oszacowania emisji podtlenku azotu zastosowano mechanistyczny model DNDC (*Denitrification – Decomposition*) [The DNDC... 2015]. Model był szeroko wy-

korzystywany w badaniach przemian węgla i azotu, np. w Europie [Vries De i in. 2011, Leip i in. 2007, 2008, Lugato i in. 2010], w Kanadzie [Smith i in. 2010] i w Chinach [Li i in. 2010]. Model był stosowany także do analizy sekwestracji węgla w polskich glebach [Faber i in. 2013].

Celem opracowania było zastosowanie modelu DNDC do dokładnego symulowania w skali przestrzennej Polski emisji podtlenku azotu (N_2O) powstających w trakcie uprawy rzepaku i porównanie uzyskanych wyników do szacunków tych wielkości według metodyki IPCC (poziom 1). Wykorzystując uzyskane wyniki oszacowano emisje rolnicze gazów cieplarnianych, wyrażone w gramach ekwiwalentu CO_2 na MJ biopaliwa i określono ich wielkości.

Material i metodyka badań

Skalibrowany i zweryfikowany do warunków polskich model DNDC zastosowano do symulowania emisji polowych N_2O . Symulacje prowadzono dla 136 kwadratów o boku 50 x 50 km pokrywających całą Polskę. W symulacjach wykorzystywano dobowe dane meteorologiczne z lat 1975-2004. Dane charakteryzujące właściwości gleb pochodziły z bazy danych Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB (IUNG-PIB). Uwzględnione w symulacjach wymagania agrotechniczne (terminy siewów i zbiorów, dawki nawozów N i ich podział) zaczerpnięto z zaleceń agrotechnicznych IUNG-PIB oraz danych COBORU. Dodatkowo w symulacjach wykorzystano 1218 ankiet inwentaryzujących technologię produkcji rzepaku w gospodarstwach bezinwentarowych (bez obornika). Do wykonania szacunków emisji rolniczych zgodnie z metodyką dyrektywy 2009/28/WE wykorzystano kalkulator Biograce wersja 4 public, uznany przez Komisję Europejską jako dobrowolny program do szacowania emisji gazów cieplarnianych [*Biograce. Harmonised...* 2011, *Decyzja Komisji z dnia 30 maja 2013 roku...*, Dz.U. UE L 2013.147.46.].

Badania własne wykazały, że większe ograniczenie emisji GHG można uzyskać przez wykorzystanie słomy, a tym samym zwiększenie sekwestracji węgla w glebie. [Jarosz, Faber 2014]. Wpływ agrotechniki na wielkość emisji rolniczych szacowano dla upraw rzepaku wykorzystywanego do produkcji biodiesla. Szacunki emisji rolniczych wykonano dla czterech systemów uprawy:

- uprawa płuzna (pełna) przy zbiorze całej ilości resztek poźniwnych,
- uprawa płuzna i przyorywanie całej ilości resztek poźniwnych,
- uprawa uproszczona i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu,
- uprawa bezorkowa i pozostawienie całej ilości resztek poźniwnych na polu.

Wyniki badań

Wniesienie do gleby dużych ilości słomy lub pozostawienie znacznych ilości słomy na powierzchni pola w postaci mulczu powoduje uwalnianie się wskutek jej mineralizacji dodatkowych ilości azotu. Wpływa to na przemiany azotu. Przyrosty emisji były zróżnicowane w systemach uprawy. W uprawie płuznej pozostawienie na polu resztek poźniwnych spowodowało wzrost emisji N_2O o 102% (tab. 1). W uprawie uproszczonej i bezorkowej z pozostawianiem całej słomy stwierdzono wzrost emisji odpowiednio o 105 i 72% w stosunku do uprawy pełnej. Przyrost emisji NH_3 w zależności od systemu uprawy zawierał się w przedziale 2-15%. W systemie uprawy płuznej i uproszczonej z pozostawianiem resztek poźniwnych wzrosły także o 11% ilości wymywanego azotu w stosunku do uprawy pełnej. W uprawie bezorkowej stwierdzono spadek wymywania azotu o 11%. Uzyskane wyniki nie mają znaczącego wpływu na całkowite emisje gazów cieplarnianych ze względu na wzrost sekwestracji węgla w glebie spowodowany poprawą agrotechniki. Sekwestracja węgla w systemie uprawy pełnej wahała się w granicach 0-0,26 t C/ha, w uprawie uproszczonej 0,46-0,64 t C/ha, a siew bezpośredni zwiększał sekwestracje do 1,92-2,72 t C/ha.

Poprawa dokładności szacunków emisji N_2O ma znaczenie dla ograniczenia całkowitych emisji GHG. Oszacowane, z zastosowaniem modelu DNDC, emisje podtlenku azotu porównano szacunkami emisji wykonanymi metodą IPCC. W uprawie płuznej ze zbiorem słomy emisje polowe N_2O oszacowane metodą IPCC mieściły się w przedziale 3,43-3,98 kg N_2O /ha/rok (tab. 2, wariant 1.). Emisje N_2O symulowane metodą DNDC były zdecydowanie niższe i wyniosły

Tabela 1. Wpływ systemów uprawy rzepaku na emisje N_2O , NH_3 i wymywanie azotu
 Table 1. Influence of tillage systems on N_2O emissions rape, NH_3 and nitrogen leaching

System uprawy (warianty)/ Tillage system (variants)	Emisja N_2O / Nitrous oxide emission		Utlenianie NH_3 / Ammonia volatilization		Wymywanie N/ Nitrate leached	
	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%
1.	0,23	100	1,99	100	13,3	100
2.	0,47	202	2,28	115	14,7	111
3.	0,47	205	2,26	114	14,7	111
4.	0,40	172	2,03	102	11,8	89

warianty 1-4/ variants 1-4:

1. uprawa płuzna przy zbiorze 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 study

Tabela 2. Emisje polowe N_2O z uprawy rzepaku szacowane metodą IPCC oraz DNDC
 Table 2. N_2O field emissions of the rape crop estimated by the IPCC and DNDC

Województwo/Province	Systemy uprawy (warianty) [kg N_2O /ha/rok]/ Tillage systems (variants) [kg N_2O /ha/year]											
	1.*			2.			3.			4.		
	IPCC	DNDC	DNDC/ IPCC	IPCC	DNDC	DNDC/ IPCC	IPCC	DNDC	DNDC/ IPCC	IPCC	DNDC	DNDC/ IPCC
Dolnośląskie	3,47	0,93	27	3,91	1,36	35	3,91	1,32	34	3,91	1,02	26
Kujawsko-pomorskie	3,44	0,77	22	3,37	0,99	30	3,37	0,92	27	3,37	0,93	28
Lubelskie	3,97	0,54	14	3,90	0,77	20	3,90	0,79	20	3,89	0,75	19
Lubuskie	3,91	2,46	63	3,91	2,46	63	3,91	2,19	56	3,91	1,31	33
Łódzkie	3,46	0,61	18	3,90	0,81	21	3,91	0,85	22	3,90	0,72	18
Małopolskie	3,46	0,52	15	3,90	0,90	23	3,89	0,76	19	3,89	0,71	18
Mazowieckie	3,46	0,39	11	3,90	0,75	19	3,90	0,73	19	3,90	0,73	19
Opolskie	3,46	0,67	19	3,91	1,17	30	3,91	1,01	26	3,91	0,80	20
Podkarpackie	3,46	0,47	14	3,90	0,84	22	3,90	0,76	20	3,90	0,76	19
Podlaskie	3,43	0,44	13	3,88	0,78	20	3,88	0,74	19	3,88	0,64	17
Pomorskie	3,98	0,73	18	3,90	1,11	29	3,90	1,09	28	3,90	0,86	22
Śląskie	3,46	0,44	13	3,90	0,78	20	3,90	0,75	19	3,90	0,79	20
Świętokrzyskie	3,45	0,58	17	3,90	1,01	26	3,90	0,98	25	3,90	0,87	22
Warmińsko-mazowieckie	3,45	0,61	18	3,89	0,87	22	3,89	0,90	23	3,89	0,87	22
Wielkopolskie	3,47	0,73	21	3,91	1,29	33	3,91	1,28	33	3,90	0,74	19
Zachodnio-pomorskie	3,47	0,87	25	3,91	1,29	33	3,91	1,22	31	3,90	0,94	24

* oznaczenia 1-4 jak w tab. 1/designation 1-4 see tab. 1

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

0,37-2,71 kg N₂O ha/rok. Udział emisji DNDC w emisjach IPCC mieścił się w przedziale 11-27% z wyjątkiem województwa lubuskiego, dla którego udział wyniósł 63%.

W pozostałych systemach uprawy emisje polowe oszacowane metodą zalecaną przez dyrekcję (poziom 1.) kształtowały się na podobnym poziomie (tab. 2) i osiągały wartości z przedziału 3,37-3,91 kg N₂O ha/rok. Pozostawienie na polu resztek poźniowych spowodowało także wzrost emisji N₂O symulowanych DNDC. W systemie płuźnym emisje te mieściły się w zakresie 0,75-2,46 kg N₂O ha/rok (tab. 2, wariant 2.). Poprawa agrotechniki polegająca na wprowadzeniu uprawy uproszczonej lub bezorkowej z pozostawieniem słomy wpłynęła na zmniejszenie emisji polowych oszacowanych z zastosowaniem modelu DNDC. Udział emisji symulowanych DNDC w emisjach oszacowanych IPCC wynosił odpowiednio: 19-56% w systemie uproszczonym i 17-33% w bezorkowym (tab. 2).

Stwierdzone różnice w wielkościach emisji szacowanych porównywanymi metodami nie są zaskoczeniem. W badaniach porównujących szacunki wykonane tymi metodami dla UE stwierdzono, że emisje symulowane przez DNDC stanowiły dla rzepaku 73% emisji szacowanych metodą IPCC [JEC 2006]. Również badania przeprowadzone w skali Europy przez Lesschen i współautorów [2011] wykazały, że emisje polowe N₂O na znacznym obszarze Polski są mniejsze niż wynikałoby to z szacunków wykonanych metodą IPCC.

Tabela 3. Emisje rolnicze z uwzględnieniem szacunku N₂O metodą IPCC

Table 3. Agricultural emissions with regard to N₂O emissions estimated by the IPCC methodology

Województwo/ Province	System uprawy (warianty) [g CO ₂ eq/MJ biodiesla]//Tillage system (variants) [g CO ₂ eq biodiesla/MJ]			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	28,51	31,69	30,58	30,35
Kujawsko-pomorskie	31,78	32,37	31,37	30,25
Lubelskie	33,68	34,31	33,72	32,77
Lubuskie	28,78	30,10	29,19	29,00
Łódzkie	28,47	31,58	30,33	29,88
Małopolskie	30,43	33,57	32,94	32,10
Mazowieckie	30,16	33,24	32,39	31,67
Opolskie	28,95	30,98	29,65	29,19
Podkarpackie	29,75	33,29	32,34	31,37
Podlaskie	33,36	36,31	35,30	35,05
Pomorskie	31,83	32,61	31,61	31,12
Śląskie	29,10	32,34	31,34	30,34
Świętokrzyskie	30,04	33,23	32,34	31,64
Warmińsko-mazowieckie	30,61	33,77	32,86	32,08
Wielkopolskie	28,40	31,48	30,48	30,03
Zachodnio-pomorskie	28,66	31,58	30,58	29,97

* oznaczenia 1-4 jak w tab. 1/designation 1-4 see tab. 1

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Tabela 4. Emisje rolnicze z uwzględnieniem szacunku N₂O metodą DNDC

Table 4. Agricultural emissions with regard to N₂O emissions estimated by the DNDC methodology

Województwo/ Province	System uprawy (warianty) [g CO ₂ eq/MJ biodiesla]//Tillage system (variants) [g CO ₂ eq biodiesla/ MJ]			
	1.*	2.	3.	4.
Dolnośląskie	20,00	23,22	22,03	20,57
Kujawsko-pomorskie	21,72	23,78	22,53	21,48
Lubelskie	20,75	22,97	22,33	21,26
Lubuskie	24,10	25,52	23,75	20,57
Łódzkie	18,80	21,22	20,22	19,21
Małopolskie	19,74	22,86	21,65	20,59
Mazowieckie	19,10	22,12	21,19	20,40
Opolskie	19,42	22,07	20,34	19,03
Podkarpackie	19,14	22,48	21,23	20,26
Podlaskie	21,48	24,39	23,23	22,32
Pomorskie	20,52	23,19	22,11	20,64
Śląskie	18,76	21,76	20,65	19,77
Świętokrzyskie	19,89	23,16	22,17	21,00
Warmińsko-mazowieckie	20,34	23,03	22,21	21,26
Wielkopolskie	19,22	22,82	21,79	19,39
Zachodnio-pomorskie	19,92	22,93	21,71	20,09

* oznaczenia 1-4 jak w tab. 1/designation 1-4 see tab. 1

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Oszacowane emisje podtlenku azotu wykorzystano do szacunku emisji rolniczych powstających w uprawie rzepaku. Szacunki wykonano z zastosowaniem kalkulatora Biograce. Emisje rolnicze z rzepaku pochodzącego z uprawy pełnej ze zbiorem słomy uwzględniające N_2O oszacowane metodą IPCC mieściły się w zakresie 28,4-33,7 g CO_2 eq biodiesla/MJ (tab. 3, wariant 1.). W wielu województwach były one większe od wartości standardowej podanej w dyrektywie i wynoszącej 29 g CO_2 eq/MJ biodiesla. Badania własne wykazały, że przy takich wielkościach emisji rolniczych bez poprawy agrotechniki niemożliwe jest osiągnięcie wymaganego od 1 kwietnia 2013 roku 35-procentowego ograniczenia emisji GHG [Jarosz, Faber 2015a]. W województwach lubelskim, podlaskim pomorskim i kujawsko-pomorskim ograniczenie emisji w pełnym cyklu produkcji biodiesla było $\leq 35\%$. Produkowany w tych województwach biodiesel nie spełnia wymogów dyrektywy i nie może być zaliczony do paliw odnawialnych. Wprawdzie w pozostałych systemach uprawy rzepaku oszacowane emisje rolnicze były także wysokie, jednak pozostawienie na polu całej słomy, a tym samym zwiększenie sekwestracji węgla spowodowało, że we wszystkich województwach uzyskano ograniczenie całkowitej emisji GHG $> 82\%$ [Jarosz, Faber 2015a].

Zastąpienie szacunków emisji polowych N_2O wykonanych metodą IPCC dokładniejszymi szacunkami tej emisji uzyskanymi z modelu DNDC znacznie zmniejsza emisje rolnicze z uprawy rzepaku na cele paliwowe. Bez względu na sposób uprawy, wszystkie emisje rolnicze były mniejsze od wartości standardowej (tab. 4). Przy takich emisjach rolniczych agrorafinerie są w stanie produkować biodiesel zgodnie z kryteriami zrównoważonego rozwoju obowiązującymi od kwietnia 2013 roku. Natomiast spełnienie wymogów obowiązujących od 2017 roku, tj. uzyskanie ograniczenia emisji GHG w pełnym cyklu produkcji $\geq 50\%$ możliwe jest z rzepaku pochodzącego z uprawy płuźnej z przyoraniem słomy [Jarosz, Faber 2015b].

Podsumowanie

Doskonalenie metodyk szacunków emisji GHG jest ważne użytkowo, gdyż wszystkie podmioty produkujące biopaliwa mają obowiązek od 1 kwietnia 2013 roku wykonywać szacunki emisji gazów w pełnym cyklu życia biopaliw oraz szacować ograniczenia emisji w stosunku do paliw konwencjonalnych. Dyrektywa wymaga, aby ograniczenie emisji wynosiło co najmniej 35%, a od 1 stycznia 2017 roku co najmniej 50% dla instalacji działających.

Produkcja biodiesla z rzepaku uprawianego w systemie płuźnym ze zbiorem słomy i z zastosowaniem podtlenku azotu oszacowanego metodą IPCC nie spełnia wymagań dyrektywy w czterech województwach. Emisje rolnicze oszacowane z zastosowaniem emisji polowych z modelu DNDC są niższe od wartości standardowej oraz od emisji rolniczych uwzględniających N_2O obliczony według metodyki IPCC. Zastąpienie szacunków emisji polowych N_2O wykonanych metodą IPCC dokładniejszymi szacunkami tej emisji uzyskanymi z modelu DNDC umożliwia uzyskanie wymaganego ograniczenia emisji GHG $> 35\%$ we wszystkich województwach. Pozostawienie na polu całej ilości resztek poźniwnych powoduje wzrost ograniczenia całkowitych emisji GHG. Zwiększenie sekwestracji węgla, jak również dokładniejsze szacowanie emisji rolniczych, nabrało jeszcze większego znaczenia ze względu na ewentualną konieczność uwzględniania w szacunkach dodatkowych emisji związanych z pośrednimi zmianami użytkowania gruntów.

Literatura

- Biograce. Harmonised Calculations of Biofuel Greenhouse Gass Emissions in Europe.* 2011: [online], <http://www.biograce.net>.
- 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.*
- Dyrektywa 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 roku 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, 165.
- Jarosz Z., Faber A. 2014: *Możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 39(13), 9-27.
- Jarosz Z., Faber A. 2015a: *Możliwości spełnienia wymogów UE w zakresie zrównoważonej produkcji biopaliw*, Rocz. Nauk SERiA, t. XVII, z. 1, 85-90.
- Jarosz Z., Faber A. 2015b: *Możliwość zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw*, Rocz. Nauk. SERiA, t. XVII, z. 3, str. [xxxx](#)
- JEC (CONCAWE, EUCAR & ECJRC). 2006: Well-to-Tank Report Version 2b, [online], <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW.html>.
- Komunikat Komisji w sprawie praktycznego wdrożenia unijnego systemu kryteriów zrównoważonego rozwoju biopaliw i biopłynów oraz obowiązujących zasad obliczeń w odniesieniu do biopaliw (2010/C 160/02)*, Dz.Urz.UE z 19.6.2010, C160/8 PL, [online], <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:160:0008:0016:PL:PDF>
- Leip A. i in. 2007: *Linking an economic model for European agriculture with a mechanistic model to estimate nitrogen losses from cropland soil in Europe*, Biogeoscience Discuss., 4, 2215-2278.
- Leip A. i in. 2008: *Linking an economic model for European agriculture with a mechanistic model to estimate nitrogen and carbon losses from arable soils in Europe*, Biogeoscience, 5, 73-94.
- Lesschen J.P., Velthof G.L., de Vries W., Johannes Kros J. 2011: *Differentiation of nitrous oxide emission factors for agricultural soils*, Environmental Pollution, 159, 3215-3222.
- Li H., Qiu J., Wang L., Tang H., Li C., Ranst V.E. 2010: *Modelling impacts of alternative farming management practices on greenhouse gas emissions from a winter wheat–maize rotation system in China*, Agric. Ecosyst. Environ., 135, 24-33.
- Lugato E., Zuliani M., Alberti G., Vedove G.D., Gioli B., Miglietta F., Peressotti A. 2010: *Application of DNDC biogeochemistry model to estimate greenhouse gas emissions from Italian agricultural areas at high spatial resolution*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 139, 546-556.
- Smith W.N., Grant B.B., Desjardins R.L., Worth D., Li C., Boles S.H., Huffman E.C. 2010: *A tool to link agricultural activity data with DNDC model to estimate GHG emission factor in Canada*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 136, 301-309.
- The DNDC Model*, [online], <http://www.dndc.sr.unh.edu>, dostęp 26.03.2015.
- Vries De 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*, Environ. Pollut., 159(11), 3254-68.

???

Summary

The study compared the field N₂O emissions for the four rape cropping systems for the production of biodiesel estimated by the IPCC methodology and simulated by DNDC model. The obtained results were used to estimate the agricultural greenhouse emissions. Agricultural emission estimations were made using the calculator Biograce v. 4 public, which has been recognized by the European Commission as the official tool for calculating greenhouse gas emissions in accordance with the requirements of Directive 2009/28 / EC. The application of field emissions estimated by the IPCC methodology ensure GHG emissions reduction ≥ 35% in 12 provinces. Introduction of a N₂O field emission simulated by DNDC model to the calculation can extend the resource base for all provinces.

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, w. 210
 e-mail: zjarosz@iung.pulawy.pl