

Alina Syp, Antoni Faber

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach*

## ZASTOSOWANIE MODELU DNDC DO SYMULACJI PŁONÓW ROŚLIN I OCENY WPLYWU ZMIAN NA ŚRODOWISKO W ZMIENIAJĄCYCH SIĘ WARUNKACH KLIMATYCZNYCH I RÓŻNYCH SYSTEMACH UPRAWY

*THE DNDC MODEL APPLICATION IN SIMULATING CROP YIELD  
AND TILLAGE SYSTEMS, EFFECTS ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS  
UNDER THE VARIOUS PRODUCTION SYSTEMS*

**Słowa kluczowe:** model DNDC, plon, emisja gazów cieplarnianych, globalny potencjał ocieplenia, uprawa tradycyjna, uprawa uproszczona

*Key words:* DNDC model, yield, greenhouse gas emission, global warming potential, conventional tillage, conservation tillage

**Abstrakt.** Przedstawiono symulację wysokości plonów roślin w zmieniających się warunkach klimatycznych i różnych systemach uprawy, a także oceniono wpływ zachodzących zmian na środowisko. Do symulacji wykorzystano model biogeochemiczny DNDC. Przedmiotem analizy był 4-letni płodozmian obejmujący uprawę kukurydzy, rzepaku, pszenicy jarej i ozimej. Symulację przeprowadzono dla scenariusza bazowego (C2000) i dwóch przyszłych scenariuszy (C2030 i C2050). Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że wraz ze wzrostem temperatury i zmniejszeniem opadów nastąpił wzrost plonów pszenicy jarej o 3-7% i rzepaku ozimego o 6-11% zarówno w uprawie tradycyjnej, jak i uproszczonej. Symulowane zmiany klimatyczne spowodowały obniżenie plonów pszenicy ozimej i kukurydzy w obydwu systemach uprawy. Po analizie wpływu systemów uprawy na wielkość emisji gazów cieplarnianych (GHG) stwierdzono, że w badanym płodozmianie w systemie uprawy uproszczonej emisja GHG była ponadtrzykrotnie mniejsza niż w uprawie tradycyjnej. Przeprowadzone badania wykazały, że uprawa roślin ozimych przyczynia się do złagodzenia zmian klimatu (GWP), a uprawa roślin jarych zwiększa efekt cieplarniany.

### Wstęp

Rolnictwo emituje do atmosfery 5,1-6,1 Gt ekwiwalentów dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ) w roku, co stanowi 10-12% ogólnej emisji gazów cieplarnianych (GHG) [IPPC 2007]. Za efekt cieplarniany odpowiadają głównie dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ), podtlenek azotu ( $\text{N}_2\text{O}$ ) i metan ( $\text{CH}_4$ ). Przyjmuje się, że ilość emitowanego  $\text{CO}_2$  jest zrównoważona przez ilość węgla pochłanianego przez produkowaną biomasę oraz glebę. W ujęciu globalnym w latach 1990-2005 odnotowano wzrost emisji  $\text{N}_2\text{O}$  i  $\text{CH}_4$  w rolnictwie o 17%. Udział emisji  $\text{N}_2\text{O}$  kształtuje się na poziomie 60%. Wzrost stężenia  $\text{N}_2\text{O}$  w atmosferze jest wynikiem działalności człowieka i procesów zachodzących w glebach. Na wielkość jego emisji wpływa m.in. ilość stosowanych nawozów mineralnych. Do 2030 r. FAO prognozuje wzrost emisji  $\text{N}_2\text{O}$  z upraw rolniczych o 35-60%, jako następstwo wzrostu stosowania nawozów azotowych. W ciągu ostatnich 50 lat odnotowano 10-krotny wzrost zużycia nawozów azotowych. Potrzeba podniesienia wielkości plonów jest wynikiem wzrostu zapotrzebowania na żywność. Konsumpcja żywności będzie wzrastała, ponieważ prognozuje się, że w 2050 r. obszar Ziemi będzie zamieszkiwało 9 mln mieszkańców (w 2011 r. było 7 mln). Ze względu na zmiany klimatyczne, kwestie emisji GHG są przedmiotem licznych badań. Polska, podpisując Ramową konwencję Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (DZ.U. 1996, Nr 53, poz. 238) zobowiązała się do ograniczenia wielkości GHG. Emisja GHG jest wyrażana w gramach ekwiwalentu węgla na ha ( $\text{kg CO}_2 \text{ eq./ha}$ ) zakłada się możliwość ocieplenia globalnego (GWP) dla:  $\text{CO}_2 - 1$ ,  $\text{CH}_4 - 23$  i  $\text{N}_2\text{O} - 298$  w okresie stuletnim [Summary for... 2007]. Oznacza to, że efekt cieplarniany 1 g wyemitowanego  $\text{N}_2\text{O}$  jest 298 razy większy niż  $\text{CO}_2$  i wynosi 298 g eq.  $\text{CO}_2$ , a 23 g eq. dla  $\text{CH}_4$ . Stężenie tych gazów w atmosferze wzrasta szybko i utrzymuje się długo ( $\text{N}_2\text{O}$  do 120 lat, a  $\text{CH}_4$  do 12 lat), dlatego będą one wywierały coraz większy wpływ na zmiany klimatu. Istnieje wiele metod ograniczenia ich emisji z rolnictwa do atmosfery. Do najbardziej zalecanych zalicza się m.in. optymalizację stosowania nawożenia mineralnego, tj. w dawkach wyliczonych pod potrzeby roślin oraz w okresach największego zapotrzebowania.

Kolejnym sposobem, który może wpłynąć na wielkość emisji, jest sposób z uprawy. W praktyce stosuje się podział na uprawę tradycyjną i uproszczoną. W uprawie tradycyjnej na polu pozostaje nie więcej niż 15% resztek poźniwnych, a w wyniku zabiegów mechanicznych zostaje naruszona struktura gleby, która w wyniku zachodzących procesów powoduje zmniejszenie substancji organicznej i zwiększoną emisję GHG. W uprawie uproszczonej liczba resztek poźniwnych pozostawionych na polu wynosi 15%-30%, co przy wyeliminowaniu orki płużnej wpływa na zwiększenie zawartości materii organicznej w glebie. Zwiększona jej zawartość ma wpływ na wzrost plonów.

## Material i metodyka badań

Celem badań jest oszacowanie poziomu plonów roślin w różnych systemach zarządzania w zmieniających się warunkach klimatycznych z wykorzystaniem biogeochemicznego modelu symulacyjnego DNDC (*DeNitrification-DeComposition*), a także ocena wpływu tych zmian na środowisko. Porównanie danych z modelu DNDC dla scenariusza bazowego (1971-2000) i przyszłych scenariuszy dla lat 2030 i 2050 daje możliwość zaprezentowania plonów roślin w warunkach ocieplania klimatu z zastosowaniem różnych praktyk zarządzania, ponadto, prezentuje zmianę emisji gazów cieplarnianych ( $N_2O$ ,  $CH_4$  i  $CO_2$ ). Wszystkie dane o emisji zostały oszacowane przez uśrednienie symulacji dla 100-letnich serii, które nastąpiły w następstwie zmian w zarządzaniu. Wielkość przyszłych emisji  $N_2O$ ,  $CH_4$  i  $CO_2$  została oszacowana na podstawie płodozmianu, który obejmował: kukurydzę, rzepak ozimy, pszenicę jarą i ozimą. W badaniach założono, że oba płodozmiany były stosowane w dwóch systemach: tradycyjnym i uproszczonym. System tradycyjny, nazwany też konwencjonalnym, obejmuje uprawę płużną z przedsięwzięciem przygotowaniem pola. System uproszczony, określane jako system konserwujący, obejmuje zastosowanie kultywatora wraz z poźniwnym przygotowaniem pola z użyciem brony talerzowej.

## DNDC model

Model DNDC został zaprojektowany w 1992 r. w USA. Od tego czasu w celu dostosowania go do potrzeb badaczy był on zmodyfikowany kilkakrotnie. Model ten jest stosowany w różnych częściach świata, m.in. w Europie [Lugato i in. 2010], Nowej Zelandii [Giltrap i in. 2010], Kanadzie [Grant i in. 2004], Chinach [Li i in. 2010]. W Polsce model był wykorzystywany do symulacji emisji gazów cieplarnianych z upraw polowych [Syp i in. 2011] i plantacji roślin energetycznych. Model DNDC składa się z takich części składowych, które symulują zmiany klimatu, wzrost roślin, procesy denitryfikacji i nityfikacji oraz fermentacji. W celu dokonania symulacji dla określonego miejsca niezbędne są dane, które obejmują m.in. dane meteorologiczne (max i min temperaturę, opady), własności gleby (zawartość materii organicznej, pH, gęstość), a także dane dotyczące systemu uprawy (nawożenie mineralne i organiczne, płodozmian, sposób uprawy). Kalibracja modelu została dokonana w Stacji Doświadczalnej w Grabowie przez porównanie zmierzonych plonów biomasy z symulowanymi danymi z modelu. Plon biomasy obejmował plon ziarna, pędów roślinnych i korzeni. Na podstawie średniokwadratowego błędu symulacji (RRMS) dokonano ocenę modelu, którego wartość w odniesieniu do biomasy wynosiła 15%. Wynik ten mieścił się w przedziale 10-20%, co pozwoliło wykorzystać go do dalszych obliczeń. W badaniach zastosowano model DNDC w wersji 9.2 [www.afoludata.jrc.ec.europa.eu/index.php/models/files/5].

## Wyniki badań

Dane do doświadczenia pochodziły ze Stacji Doświadczalnej w Grabowie, która należy do Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach. Przyjęto założenie, że warunki agroklimatyczne, glebowe i zastosowany płodozmian są reprezentatywne dla wschodniej Polski. W tabeli 1 zawarto dane wejściowe, które zostały wykorzystane w modelu. Dane te były jednakowe dla wszystkich scenariuszy.

**Tabela 1. Dane wejściowe do modelu DNDC – płodozmian, nawożenie, okres siewu i zbioru**  
*Table 1. Input data for the DNDC model – crop rotation, fertilization, planting and harvesting period*

Płodozmian/ <i>Crop rotation</i>	Kukurydza/ <i>Corn</i>	Pszenica jara/ <i>Spring wheat</i>	Rzepak/ <i>Rapeseed</i>	Pszenica ozima/ <i>Winter wheat</i>
Saletra amonowa [kg N/ha/rok]/ <i>Ammonium sulphate [kg N/ha/year]</i>	120	120	180	140
Obornik [kg N/ha/rok]/ <i>Manure [kg N/ha/year]</i>	0	0	40	0
Termin siewu/ <i>Planting date</i>	1.05	1.04	15.08	15.09
Termin zbioru/ <i>Harvesting date</i>	20.10	3.08	20.07	3.08

Źródło: opracowanie własne  
*Source: own study*

Symulacje klimatu dla okresu bazowego (1971-2000) i dla przyszłych scenariuszy zostały przygotowane w ramach programu COST 734 [www.cost734.eu]. Na podstawie zgromadzonych danych średnia roczna temperatura dla okresu bazowego, którym był 2000 r., wynosiła 8,1°C (C2000). W scenariuszu dla 2030 r. (C2030) roczny wzrost temperatury wynosił 1°C, a w scenariuszu dla 2050 r. (C2050) – 1,7°C. Wzrosty temperatury obserwowane były przez cały rok. Najwyższe wzrosty odnotowano, w styczniu, a najniższe w maju. Średni roczny opad dla roku bazowego wynosił 631,0 mm (C2000). Średnie roczne opady dla przyszłych scenariuszy były mniejsze o 1% dla C2030 i 1,2% dla C2050. Największy wzrost opadów prognozowany był w kwietniu, a największy spadek w sierpniu. Wzrost wielkości opadów od grudnia do maja oraz spadek w pozostałych miesiącach roku miały wpływ na wielkość produkcji.

W wyniku przeprowadzonych symulacji stwierdzono, że wzrost temperatury i mniejsza ilość opadów oraz sposób uprawy mają różnicowany wpływ na plony roślin w badanym płodozmianie (tab. 2). Plony ziarna w systemie uprawy tradycyjnej były wyższe dla rzepaku ozimego, pszenicy jarej i ozimej. Porównując plony rzepaku w systemie uprawy konwencjonalnej i uproszczonej, stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy plonami w scenariuszu C2000 i C2050. W scenariuszu C2050 w systemie uprawy tradycyjnej plony były wyższe o 11% w porównaniu z plonem ze scenariusza C2000. Dla uprawy uproszczonej różnica ta wynosiła 9,7%. Zmieniające się warunki klimatyczne miały wpływ na wzrost plonu pszenicy jarej w obu systemach uprawy. Porównując plony pszenicy jarej ze scenariusza C2030 i C2000, w obu systemach uprawy odnotowano wzrost plonów na zbliżonym poziomie – 3%. W systemie uprawy tradycyjnej w scenariuszu C2050 plony były o 5% większe niż w scenariuszu C2000. W uprawie uproszczonej różnica ta wynosiła 7%, ale nie była istotna statystycznie. Istotnie statystycznie różnice występowały w przypadku porównywania plonów na poziomie każdego scenariusza. Otrzymane wyniki wskazują, że wzrost temperatury, spadek opadów oraz uproszczony system uprawy wpływają korzystnie na plony pszenicy jarej. Zdecydowanie inaczej na zastosowane warunki reagowała pszenica ozima. Wzrost temperatury o 1,7°C (C2050), w porównaniu z rokiem bazowym (C2000), spowodował zmniejszenie plonów w systemie uprawy tradycyjnej o 7%, a uproszczonej o 8%. Spadek plonu pszenicy ozimej o 3% odnotowano także dla warunków klimatycznych występujących w scenariuszu C2030, zarówno dla systemu uprawy tradycyjnej, jak i uproszczonej. W obu wariantach różnice te nie były statystycznie istotne. W uprawie kukurydzy w scenariuszu C2050 odnotowano 4,5% spadek plonów ziarna w porównaniu ze scenariuszem bazowym C2000.

**Tabela 2. Średni roczny plon ziarna (i odchylenia standardowe) w płodozmianie dla różnych warunków klimatycznych przy różnych systemach zarządzania w dt suchej masy**

**Table 2. Average yields (and standard deviations) in crop rotation for different climate scenarios and management practices, in dt of dry matter**

Plon ziarna [dt s.m./ha/rok]/Yield* [dt d.m./ha/year]		Plon słomy [dt s.m./ha/rok]/ Straw yield* [dt d.m./ha/year]			
roślina/crop	scenariusz/ scenario	system uprawy/production system			
		tradycyjny/ conventional	uproszczony/ simplified	tradycyjny/ conventional	uproszczony/ simplified
Kukurydza/ Corn	C2000	45,30±6,18a	45,30±6,18a	68,85±9,38a	68,85±9,38a
	C2030	44,05±6,00a	44,05±6,00a	66,95±9,10a	66,95±9,10a
	C2050	43,28±5,75a	43,28±5,75a	59,03±8,75a	59,03±8,75a
Rzepak ozimy/ Rapeseed	C2000	36,25±4,98ab	35,90±4,63a	54,38±7,45ab	53,83±6,93a
	C2030	38,58±4,40abc	37,95±3,95abc	57,85±6,60abc	56,90±5,93abc
	C2050	40,28±3,60c	39,40±3,23bc	60,43±5,40c	59,08±4,83bc
Pszenica jara/ Spring wheat	C2000	55,00±8,25bcd	48,15±6,05a	45,00±6,75bcd	39,40±4,95a
	C2030	56,65±8,20cd	49,95±6,20ab	46,35±6,73cd	40,88±5,05ab
	C2050	58,05±8,13d	51,55±6,28abc	47,50±6,65d	42,18±5,13abc
Pszenica ozima/ Winter wheat	C2000	51,53±7,78a	49,95±7,50a	42,18±6,38a	40,88±6,13a
	C2030	50,20±8,20a	48,13±5,23a	41,08±6,70a	39,38±5,93a
	C2050	48,20±7,68a	45,78±6,65a	39,43±6,28a	37,45±5,43a

\* ta sama litera w obrębie każdej kolumny dla plonu, scenariusza i systemu uprawy oznacza brak istotności statystycznej na poziomie  $p < 0,05$  (test Tukey'a)/within each column crop, scenario, and management practices followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0,05$  (Tukey HSD test)

Źródło: opracowanie własne  
Source: own study

**Tabela 3. Oszacowane GWP dla pełnego plodozmianu w różnych warunkach klimatycznych w różnych systemach uprawy w kg ekwiwalencji CO<sub>2</sub> na hektar uprawy**

*Table 3. Estimated net global warming potential (GWP) for a complete crop rotation cycle for different climate scenarios and management practices*

Scenariusz/ Scenario	System uprawy/ Production system	
	tradycyjny/ conventional	uproszczony/ simplified
GWP [kg CO <sub>2</sub> , eq. ha/rok]/[kg CO <sub>2</sub> , eq. ha/year]		
C2000	954±8758	265±7315
C2030	936±9282	273±7806
C2050	909±9698	237±8187

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

wego różnica w wielkości GWP pomiędzy uprawą tradycyjną i uproszczoną wynosi 689 kg CO<sub>2</sub>, eq ha/rok. Zmiany klimatyczne, które występują w warunkach klimatu C2030 i C2050, powodują zmniejszenie GWP w obu systemach uprawy. Podobne wyniki badań na temat wpływu systemu uprawy na ograniczenie wielkości emisji w uprawie uproszczonej można znaleźć w literaturze [Grant i in. 2004, Li i in. 2010].

Jeśli chodzi o możliwości złagodzenia zmian klimatu wywołanych przez poszczególne rośliny w plodozmianie w przeliczeniu na 1 kg ziarna i słomy, stwierdzono, że uprawa roślin ozimych przyczynia się do złagodzenia zmian klimatu, a jarych zwiększa efekt cieplarniany (tab. 4). Największy wpływ na złagodzenie zmian klimatycznych miała uprawa rzepaku ozimego w systemie uprawy tradycyjnej. W scenariuszu C2030, w porównaniu z C2000, wystąpił wzrost wiązania CO<sub>2</sub> w przeliczeniu na 1 kg plonu ziarna o 12%, a w C2050 wielkość ta wzrosła do 21%. W systemie uprawy uproszczonej wynosiły one 18 i 22%. Statystycznie istotnie różnice stwierdzono pomiędzy GWP w przeliczeniu na 1 kg ziarna pomiędzy obydwo systemami uprawy. Dane te wskazują, że rzepak ozimy w systemie uprawy uproszczonej ma większy potencjał mitygacyjny.

**Tabela 4. Oszacowane GWP w przeliczeniu na plon ziarna (i odchylenia standardowe) w plodozmianie dla różnych warunków klimatycznych przy różnych systemach uprawy**

*Table 4. Estimated averaged net global warming potential (GWP) per unit of yield (and standard deviation) in crop rotation for different climate and management practices*

Roślina/Crop	Scenariusz/ Scenario	System uprawy/Production system			
		tradycyjny/ conventional	uproszczony/ simplified	tradycyjny/ conventional	uproszczony/ simplified
		*plon ziarna [kg CO <sub>2</sub> , eq. ha/rok]/ yield [kg CO <sub>2</sub> , eq. ha/year]		*plon słomy [kg CO <sub>2</sub> , eq. ha/rok]/ straw yield [kg CO <sub>2</sub> , eq. ha/year]	
Kukurydza/ Corn	C2000	2,37±1,46abc	1,31±1,46a	2,31±1,42abc	1,27±1,43a
	C2030	2,95±1,47bc	1,87±1,47ab	2,88±1,43bc	1,82±1,43ab
	C2050	3,29±1,45c	2,18±1,44abc	3,20±1,42c	2,13±1,40abc
Rzepak ozimy/ Rapeseed	C2000	-5,30±1,83bc	-4,31±2,14c	-3,53±1,22ab	-2,87±1,43b
	C2030	-5,94±1,60ab	-5,11±2,13bc	-3,96±1,06a	-3,41±1,42ab
	C2050	-6,41±1,55a	-5,72±2,04ab	-4,28±1,03a	-3,81±1,36ab
Pszenica jara/ Spring wheat	C2000	5,48±1,61a	5,10±1,69a	6,70±1,97a	6,24±2,06a
	C2030	5,25±1,65a	4,90±1,70a	6,42±2,02a	5,99±2,09a
	C2050	5,10±1,54a	4,75±1,57a	6,24±1,88a	5,80±1,92a
Pszenica ozima/ Winter wheat	C2000	-2,92±0,37a	-2,74±0,42a	-3,57±0,46a	-3,36±0,54a
	C2030	-2,94±0,32a	-2,75±0,34a	-3,60±0,40a	-3,37±0,43a
	C2050	-2,95±0,26a	-2,74±0,27a	-3,36±0,43a	-3,35±0,37a

\* Ta sama litera w obrębie każdej kolumny dla plonu, scenariusza i systemu uprawy oznacza brak istotności statystycznej na poziomie  $p < 0,05$  (test Tukeya), dodatnie wartości przedstawiają emisje GHG, podczas gdy ujemne – absorpcję gazów z atmosfery/Within each column crop, scenario, and management practices followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0,05$  (Tukey HSD test). Positive values presents GHG emissions, while negative values presents uptake of gases from the atmosphere

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

W wynikach analizy plonu słomy w poszczególnych scenariuszach odnotowano wzrost plonu słomy rzepaku o 13,8% w systemie uprawy tradycyjnej i o 9,7% w uproszczonej dla scenariusza C2050 w porównaniu z C2000 (tab. 2). Wyliczone różnice były statystycznie istotne. Dla uprawy pszenicy jarej wzrost plonu słomy dla scenariusza C2050, w porównaniu z C2000 był zbliżony do poziomu wzrostu plonu ziarna. Jednak wzrost plonów słomy dla pszenicy jarej w scenariuszu C2030 w porównaniu z C2000 był mniejszy niż dla ziarna. Różnice w plonach słomy pszenicy jarej między sposobami uprawy były istotnie statystycznie w każdym scenariuszu klimatycznym. Plony słomy dla pszenicy ozimej i kukurydzy wraz ze wzrostem temperatury i spadkiem opadów były niższe. Dla tych roślin nie stwierdzono jednak istotnych różnic w plonach pomiędzy scenariuszami klimatycznymi a systemem uprawy.

Zastosowanie uproszczonej uprawy wpływa na zmniejszenie emisji GHG (tab. 3). Dla scenariusza bazowego

Porównawszy wpływ systemu uprawy i scenariusza na wielkość emisji w przeliczeniu na 1 kg ziarna i słomy dla pszenicy ozimej, nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic. Uprawa pszenicy jarej miała wpływ na zwiększenie efektu cieplarnianego. Różnice pomiędzy systemami uprawy a scenariuszami nie były istotne statystycznie. Kukurydza była rośliną, która miała wpływ na zwiększenie efektu cieplarnianego. Zmiany klimatyczne powodowały wzrost emisji GHG w obu systemach uprawy kukurydzy. Różnice w wielkościach emisji dla plonu ziarna kukurydzy w scenariuszu C2050 różniły się istotnie w porównaniu z C2000.

## Wnioski

1. Wzrost temperatury i mniejsze opady wpływają korzystnie na wzrost plonów pszenicy jarej i rzepaku ozimego, a zmniejszają plony pszenicy ozimej i kukurydzy. Plony pszenicy jarej wzrastały o 3-7%, rzepaku ozimego o 6-11%, a pszenicy obniżyły się o 3-7%.
2. Zmieniające się warunki klimatyczne mogą wpływać na zmianę w strukturze upraw. W najbliższych latach może nastąpić wzrost uprawy pszenicy jarej, a zmniejszenie powierzchni uprawy pszenicy ozimej.
3. Dobór roślin w płodozmianie ma wpływ na efekt cieplarniany. Rośliny jare (pszenica jara i kukurydza) zwiększają efekt cieplarniany (wartości dodatnie GWP), a rośliny ozime zmniejszają (wartości ujemne GWP).
4. Zastosowanie systemu uproszczonej uprawy ma wpływ na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych. Zgodnie z dyrektywą 2009/28/WE, każdy kraj członkowski UE zobligowany jest do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. W celu poprawy jakości gleby, ale również osiągnięcia redukcji emisji gazów cieplarnianych niezbędna jest poprawa agrotechniki, zapewniająca zwiększenie sekwestracji węgla organicznego w glebie, który ma wpływ na wielkość emisji.

## Literatura

- Giltrap D.L., Singh J., Saggat S., Zaman M. 2010: A preliminary study to model the effects of a nitrification inhibitor on nitrous oxide emissions from urine-amended pasture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136, 310-317.
- Grant B., Smith W.N., Desjardins R., Lemke R., Li C. 2004: Estimated N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> emissions as influenced by agricultural practices in Canada. *Climatic Change*, 65, 315-332.
- Li H., Qiu J., Wang L., Tang H., Li C., Van Ranst E. 2010: Modelling impacts of alternative farming management practices on greenhouse gas emissions from a winter wheat–maize rotation system in China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 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.
- Summary for policymakers. Climate change. 2007: IPCC. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Syp A., Faber A., Kozyra J., Borek R., Pudęłko R., Borzęcka-Walker M., Jarosz Z. 2011: Modelling impact of climate change and management practices on greenhouse gas emissions from arable soils. *Polish Journal of Environmental Study*, 20, 1593-1602.

## Summary

The study presents the effects of future climate changes and different cultivation systems on crop yields and GHG emissions. The simulation was conducted using the biogeochemistry DNDC model. The scope of analysis was a four year crop rotation including corn, winter rapeseed, spring and winter wheat. The simulations were run for baseline scenario (C2000) and two future scenarios (C 2030 and C2050). Results indicate that with an increasing temperature and decreasing precipitation yields of spring wheat and rapeseed increased by 2-6% and 6-11%, respectively, in conventional and conservation tillage. The simulated climate change caused the decrease of winter wheat and corn yields in both systems. When analyzing the impact of cropping systems on greenhouse gas emissions (GHG), it was found that in studied crop rotation, in conservation tillage GHG emission was three fold lower than in conventional tillage. The study showed that the cultivation of winter crops mitigated the climate change and the cultivation of spring increased the greenhouse effect. Table 1 presented the benchmark figures used in the DNDC model from field experiment. Table 2 presented the estimated annual average grain and straw yields in the cropping systems for different climate and management practices. Table 3 presented the estimated net global potential (GWP) for a 4 year crop rotation under the different climate and management practices. Table 4 presented the net GWP per grain and straw yield.

### Adres do korespondencji:

dr inż. Alina Syp, 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. 381, tel. (81) 886 34 21 w. 203  
e-mail: asyp@iung.pulawy.pl