

Wpłynęło 01.10.2013 r.  
Zrecenzowano 04.11.2013 r.  
Zaakceptowano 20.11.2013 r.

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

## Emisje gazów powstałych podczas uprawy ślazuwca pensylwańskiego

Marek HRYNIEWICZ<sup>ABDEF</sup>, Anna GRZYBEK<sup>ABDEF</sup>

*Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie*

### Streszczenie

Podano metodę i wyniki obliczeń średnich emisji z poszczególnych cykli uprawy ślazuwca pensylwańskiego w rozbiciu na stosowane czynności technologiczne. Otrzymane emisje jednostkowe (przypadające na hektar uprawy ślazuwca), w warunkach stosowania rzeczywistej technologii, w ciągu całego życia plantacji, w  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  wynoszą:  $\text{CO}_2$  – 3 648,90,  $\text{SO}_2$  –  $8,06\cdot 10^{-3}$ ,  $\text{NO}_x$  –  $14,65\cdot 10^{-3}$ , pyłów –  $2,49\cdot 10^{-3}$ , VOC –  $9,48\cdot 10^{-3}$ . Przed założeniem plantacji roślin energetycznych zalecany jest dobór odpowiedniej rośliny, a w następnej kolejności – optymalizacja zestawu paliwa, oraz opracowanie, z zastosowaniem wirtualnego prototypowania, nowych innowacyjnych narzędzi, maszyn i technologii zużywających mniej paliwa.

**Słowa kluczowe:** ślazuwec, uprawa, emisje gazów, redukcja emisji

### Wstęp

W związku ze zobowiązaniami dotyczącymi 20% redukcji emisji do 2020 r., konieczne stało się zastosowanie biomasy jako paliwa w dużych jednostkach energetycznych. Pierwotnym dokumentem dotyczącym tego zagadnienia jest Dyrektywa [2001] w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych obiektów energetycznego spalania, która spowodowała wydanie krajowych regulacji prawnych [Rozporządzenie... 2002], stymulujących rozwój plantacji roślin energetycznych. W uprawie roślin energetycznych na plantacjach są stosowane technologie, w których powstają emisje z oleju napędowego. Poznanie aktualnego poziomu emisji w poszczególnych technologiach uprawy jest istotne ze względu na dobór odpowiedniego gatunku rośliny na cele energetyczne i technologii, która powodowałaby najmniejsze emisje.

W 2009 r. powierzchnia upraw wieloletnich roślin energetycznych w Polsce wynosiła 10 202 ha [GRZYBEK (red.) 2010]. Istnieje potrzeba zwiększenia tej powierzchni

przez wprowadzenie do uprawy nowych roślin, takich jak ślázowiec pensylwański, proponowany przez BORKOWSKĄ i STYKA [1997]. Plantacje roślin energetycznych mogą być użytkowane do ok. 20 lat [REMELIN-STAROSTA, NIJAK 2007]. Podczas zakładania plantacji oraz dalszej uprawy można stosować różne technologie, posługując się maszynami różniącymi się wydajnością, czasem pracy przypadającym na jednostkę powierzchni (ha) i zużyciem paliwa. Maszyny zużywające paliwo kopalne emitują do atmosfery produkty jego spalania. W celu porównania emisji z różnych technologii niezbędna jest szczegółowa ich identyfikacja. Dzięki takiemu porównaniu można wysnuć wnioski, co do kierunków działań podejmowanych w celu zmniejszenia emisji i doboru stosowanych maszyn pod tym kątem.

Celem niniejszej pracy jest zbadanie emisji podczas poszczególnych czynności technologicznych, w każdym cyklu uprawy i w całym życiu plantacji ślázowca pensylwańskiego, w wybranej technologii uprawy, aby w przyszłości można było ulepszyć tę technologię lub wyznaczyć kierunki modernizacji maszyn i narzędzi.

## Materiał i metoda

W trakcie uprawy ślázowca można wyróżnić następujące cykle: zakładanie plantacji (cykl 0), pierwszy cykl produkcyjny, 14 kolejnych cykli produkcyjnych i likwidację plantacji. Omawiane życie plantacji ślázowca trwa 16 lat. Materiałem do badań były czynności uwzględnione w karcie technologicznej uprawy ślázowca, którą sporządzono na podstawie wcześniejszych badań własnych. Zestawiono w niej maszyny i urządzenia do uprawy ślázowca pensylwańskiego oraz dane, dotyczące nakładów czasu pracy maszyn i ludzi (tab. 1). Czas pracy mierzono stoperem. Badano także nakłady nasion, nawozów, środków ochrony i sznurka, które określono na podstawie rzeczywistego zużycia (tab. 2). Zużycie paliwa podczas poszczególnych czynności określono jako różnicę napełnienia zbiornika ciągnika przed wykonaniem operacji i po jej zakończeniu. Na podstawie zużycia paliwa obliczono emisje do atmosfery powstające podczas uprawy. Emisje ze spalania 1 l ON (wartości średnie) przyjęto za SPIRINCX i in. [2000] (tab. 3). Wyniki badań odniesiono do jednego hektara uprawy. W rezultacie obliczono emisje przypadające na 1 ha uprawy zarówno dla poszczególnych czynności, jak i całego życia plantacji.

Emisje dla każdej czynności, przypadające na 1 ha uprawy ( $e_{i,j,k}$  w  $g \cdot ha^{-1}$ ), obliczono według zależności:

$$e_{i,j,k} = Z_{ONi,j} \cdot e_{ONk} \cdot P^{-1} \quad (1)$$

gdzie:

- $i$  – cykl uprawy (zakładanie plantacji, I cykl produkcyjny, kolejne cykle produkcyjne, likwidacja plantacji);
- $j$  – kolejna czynność w danym cyklu produkcyjnym;
- $k$  – rodzaj emisji ( $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$ , pyły, VOC);
- $Z_{ONi,j}$  – zużycie oleju napędowego podczas czynności  $j$  cyklu uprawy  $i$  [l];
- $e_{ONk}$  – emisja rodzaju  $k$  z 1 l oleju napędowego [ $g \cdot l^{-1}$ ];
- $P^{-1}$  – pole powierzchni uprawy [ha].

Tabela 1. Karta technologii uprawy ślazuwca pensylwańskiego  
Table 1. The technology chart of Virginia mallow crop

Czynności Activities	Ciągnik Tractor [kW]	Narzędzie Tool	Nakład pracy Work load	
			[cnh·ha <sup>-1</sup> ] [tractor-hour·ha <sup>-1</sup> ]	[rbh·ha <sup>-1</sup> ] [man-hour·ha <sup>-1</sup> ]
1	2	3	4	5
Założenie plantacji Establishment of plantation				
Opryskiwanie Spraying	60	opryskiwacz 2000, 18 m sprayer 2000, 18 m	0,27	0,29
Talerzowanie Soil disking	118	brona talerzowa 3 m disc harrow 3 m	0,39	0,40
Orka głęboka Deep ploughing	118	plóg 5-skibowy obracalny five-furrow reversible plough	1,16	1,16
Bronowanie Harrowing	60	brona 6-punktowa ciężka 6-point heavy harrow	0,58	0,58
Uprawa przedsiewna Seedbed cultivation	118	U 749 Kombi 3,7 m	0,51	0,51
Siew Sowing	60	siewnik zbożowy 2,7 m seed drill 2,7 m	0,88	1,00
Opryskiwanie Spraying	60	opryskiwacz 2000, 18 m sprayer 2000, 18 m	0,27	0,29
I cykl produkcyjny I-st production cycle				
Opryskiwanie powschodnie Post-emergence spraying	60	opryskiwacz 2000, 18 m sprayer 2000, 18 m	0,27	0,29
Pielenie Weeding	35	pielnik 6-rzędowy 6-row weeder	3,21	5,00
Pielenie Weeding	35	pielnik 6-rzędowy 6-row weeder	3,21	5,00
Koszenie Mowing	118	kosiarka dyskowa disc mower	0,68	0,73
Zbiór i prasowanie Harvesting and pressing	118	prasa Vicon LB12200 press Vicon LB 12200	0,77	0,82
Stertowanie i załadunek bel Bales storage and loading	60	ładowacz Tur 2 loader Tur 2	0,57	0,63
Transport bel Bales transport	60	przyczepa T023 trailer T023	0,43	0,43
Transport bel Bales transport	60	przyczepa T023 trailer T023	0,25	0,25
Rozładunek i stertowanie bel Bales unloading and storage	60	ładowacz Tur 2 loader Tur 2	0,45	0,50
Kolejne cykle produkcyjne Next production cycles				
Nawożenie NPK Fertilization NPK	60	rozsiwacz 18 m spreader 18 m	0,35	0,43
Nawożenie N Fertilization N	60	rozsiwacz 18 m spreader 18 m	0,29	0,38
Dowóz nawozu Fertilizer transport	60	przyczepa 4 t trailer 4 t	0,63	1,38
Koszenie Mowing	118	kosiarka dyskowa disc mower	0,77	0,92
Zbiór i prasowanie Harvesting and pressing	118	prasa Vicon LB12200 press Vicon LB12200	0,80	0,85
Stertowanie i załadunek bel Bales storage and loading	60	ładowacz Tur 2 loader Tur 2	0,95	1,07

cd. tabeli 1.

1	2	3	4	5
Transport bel Bales transport	60	przyczepa T023 trailer T023	0,50	0,50
Transport bel Bales transport	60	przyczepa T023 trailer T023	0,71	0,71
Rozładunek i stertowanie bel Bales unloading and storage	60	ładowacz Tur 2 loader Tur 2	0,95	0,95
Likwidacja plantacji Liquidation of plantation				
Opryskiwanie Spraying	60	opryskiwacz 2000, 18 m sprayer 2000, 18 m	0,29	0,30
Rozdrabnianie Shredding	118	brona rotacyjna 3 m rotary harrow 3 m	1,54	1,55
Bronowanie x2 Harrowing x2	60	brona 6-punktowa ciężka 6-point heavy harrow	1,17	1,05

Źródło: badania własne. Source: own elaboration.

Tabela 2. Nakłady środków ochrony, nasion, sznurka i nawozów w poszczególnych cyklach produkcyjnych

Table 2. Expenditures of protection materials, seeds, tape and fertilizers in individual production cycles

Czynności Activities	Nazwa materiału Material name	Ilość Quantity	Jednostka Unit
Założenie plantacji Establishment of plantation			
Opryskiwanie Spraying	Roundup	3,0	l·ha <sup>-1</sup>
Siew Sowing	nasiona seeds	3,0	kg·ha <sup>-1</sup>
Opryskiwanie Spraying	herbicyd herbicide	2,5	l·ha <sup>-1</sup>
I cykl produkcyjny I-st production cycle			
Opryskiwanie powschodnie Post-emergence spraying	herbicyd herbicide	2,5	l·ha <sup>-1</sup>
Zbiór i prasowanie Harvesting and pressing	sznurek tape	6,15	kg·ha <sup>-1</sup>
Kolejne cykle produkcyjne Next production cycles			
Nawożenie NPK Fertilization NPK	Polifoska 6-20-30 Polifoska 6-20-30	300,0	kg·ha <sup>-1</sup>
Nawożenie N Fertilization N	saletra amonowa ammonium sulphate	100,0	kg·ha <sup>-1</sup>
Zbiór i prasowanie Harvesting and pressing	sznurek tape	10,7	kg·ha <sup>-1</sup>
Likwidacja plantacji Liquidation of plantation			
Opryskiwanie Spraying	Roundup	5,0	l·ha <sup>-1</sup>
Całkowite zużycie oleju napędowego dla całego cyklu życia plantacji Total diesel oil consumption for the whole life cycle of the plantation	olej napędowy diesel oil	993,07	l·ha <sup>-1</sup>

Źródło: badania własne. Source: own elaboration.

Tabela 3. Emisje ze spalania jednego litra oleju napędowego [g·l<sup>-1</sup>]

Table 3. Emissions from combustion of one liter of diesel oil [g·l<sup>-1</sup>]

Rodzaj emisji Emission type	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Pyły Dust	VOC
Ilość Quantity	3 709	8,4	15,1	2,4	9,6

Źródło: SPIRINCX i in. [2000]. Source: SPIRINCX et al. [2000].

Sumę emisji danego rodzaju, przypadającą na 1 ha uprawy w danym jej cyklu ( $e_{ik}$ , w  $g \cdot ha^{-1}$ ) oblicza się według wzoru:

$$e_{ik} = \sum e_{ik(j)} \quad (2)$$

gdzie:

$e_{ik(j)}$  – emisja jednostkowa danego rodzaju podczas czynności  $j$  danego cyklu uprawy [ $g \cdot ha^{-1}$ ].

Suma emisji danego zanieczyszczenia ( $e_{kSum}$ ), przypadająca na 1 ha, podczas całego życia plantacji, jest obliczana według wzoru:

$$e_{kSum} = e_{kZak} + e_{kI} + e_{kII} + 14 \cdot e_{k(III-XV)} + e_{kLik} \quad (3)$$

gdzie:

$e_{kZak}$  – emisja jednostkowa rodzaju  $k$  podczas zakładania plantacji [ $g \cdot ha^{-1}$ ];

$e_{kI}$  – emisja jednostkowa rodzaju  $k$  podczas I cyklu produkcyjnego [ $g \cdot ha^{-1}$ ];

$e_{kII}$  – emisja jednostkowa rodzaju  $k$  podczas II cyklu produkcyjnego [ $g \cdot ha^{-1}$ ];

$e_{k(III-XV)}$  – emisja jednostkowa rodzaju  $k$  podczas kolejnych cykli produkcyjnych (od III do XV) [ $g \cdot ha^{-1}$ ];

$e_{kLik}$  – emisja jednostkowa rodzaju  $k$  podczas likwidacji plantacji [ $g \cdot ha^{-1}$ ].

Na podstawie emisji obliczonych za pomocą podanych wyżej zależności określono strukturę udziału emisji z poszczególnych czynności i cykli uprawy w emisji całkowitej.

W cyklu produkcyjnym zakładania plantacji zastosowano zapobiegawczo oprysk Roundupem, bezpośrednio przed talerzowaniem i głęboką orką. Merytorycznie jest on zbędny i szkodliwy dla środowiska, niestety zdarza się w praktyce i dlatego został zarejestrowany.

## Wyniki badań i dyskusja

Udziały emisji poszczególnych zanieczyszczeń, ze względu na ich proporcjonalną zależność od emisji  $CO_2$ , są takie same.

Zakładając powtarzalność plonu w kolejnych cyklach produkcyjnych, można przyjąć, że plon całego życia plantacji wyniesie średnio  $174 t \cdot ha^{-1}$  nieco podeschniętej biomasy (zbieranej w grudniu) o średniej wilgotności 25%, czyli  $130,5 t \cdot ha^{-1}$  suchej masy.

Emisje jednostkowe, przypadające na hektar uprawy ślazuwca, w ciągu całego życia plantacji wynoszą (tab. 4):  $CO_2 - 3\,648,90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $SO_2 - 8,06 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $NO_x - 14,65 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , pyłów –  $2,49 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $VOC - 9,48 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Są one bardzo zbliżone do emisji jednostkowych z uprawy miskanta, które – przy zastosowaniu określonej technologii – w ciągu całego życia plantacji wynoszą:  $CO_2 - 3\,683,28 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $SO_2 - 8,34 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $NO_x - 15,00 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , pyłów –  $2,38 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $VOC - 9,53 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  [HRYNIEWICZ, GRZYBEK 2011].

Tabela 4. Zestawienie wyników obliczeń emisji przypadających na 1 ha uprawy dla poszczególnych cykli uprawy ślazuwca pensylwańskiego

Table 4. Summary of results of calculations of emission per 1 ha of cultivation for each crop cycle of Virginia mallow

Rok Year	Nazwy cykli produkcyjnych Names of production cycles	CO <sub>2</sub> [kg·ha <sup>-1</sup> ]	SO <sub>2</sub> [10 <sup>-3</sup> ·kg·ha <sup>-1</sup> ]	NO <sub>x</sub> [10 <sup>-3</sup> ·kg·ha <sup>-1</sup> ]	Pyły Dust [10 <sup>-3</sup> ·kg·ha <sup>-1</sup> ]	VOC [10 <sup>-3</sup> ·kg·ha <sup>-1</sup> ]	Udział emisji Emissions share [%]
0	0 – Zakładanie plantacji 0 – Plantation establishment	177,80	0,41	0,71	0,12	0,46	7,48
1	I cykl produkcyjny I production cycle	270,60	0,63	1,09	0,18	0,70	7,42
2	II cykl II cycle	219,20	0,48	0,88	0,15	0,57	6,01
...	Cykle od III do XIV Cycles from III to XIV	219,20	0,48	0,88	0,15	0,57	6,01
15	XV cykl XV cycle	219,20	0,48	0,88	0,15	0,57	6,01
16	XVI – likwidacja plantacji XVI – plantation liquidation	131,70	0,30	0,53	0,09	0,34	3,61
Σ cykli (16 lat) Σ cycles (16 years)		3 648,90	8,06	14,65	2,49	9,48	100,00

Źródło: badania własne. Source: own elaboration.

Stosunek masy emisji CO<sub>2</sub> (główny wagowy składnik emisji – masy emisji pozostałych zanieczyszczeń są przy nim zanedbywalnie małe) do suchej masy plonu w przypadku uprawy ślazuwca w warunkach badań wyniesie 0,03. Stosunek ten może być wskaźnikiem, umożliwiającym porównanie upraw różnych roślin energetycznych. O doborze konkretnej rośliny do plantacji roślin energetycznych, oprócz tego wskaźnika, powinny zdecydować lokalne warunki środowiskowe, indywidualne preferencje plantatora i plony roślin.

Z przeprowadzonych badań wynika, że do największych emisji przyczyniają się kolejno następujące czynności: rozdrabnianie, orka głęboka, pielenie, zbiór i prasowanie oraz koszenie (tab. 5). Postęp technologiczny w zakresie tych czynności mógłby znacznie ograniczyć emisję z uprawy ślazuwca.

Udział emisji z każdego z kolejnych cykli produkcyjnych (od II do XV) w emisji całego życia plantacji wynosi 6,01%. W tych cyklach należałoby szukać możliwości zmniejszenia emisji. Ze względu na ich czterestokrotne powtórzenie w trakcie życia plantacji, efekt zmniejszenia emisji byłby czterestokrotnie wzmocniony. W cyklach produkcyjnych od II do XV największy udział w emisjach mają kolejno następujące czynności technologiczne: zbiór i prasowanie (21,13%), koszenie (20,40%), stertowanie i załadunek bel (12,64%), rozładunek i stertowanie bel (12,64%), transport bel (9,50% i 6,69%), dowóz nawozu (8,43%), nawożenie NPK (4,68%) i nawożenie N (3,90%) (tab. 5). Bardzo duża jest suma emisji (25,28%) z czynności załadunku, rozładunku i stertowania bel. Optymalizacja tych czynności lub ich udoskonalenie powinny zostać przeprowadzone w pierwszej kolejności.

Tabela 5. Wyniki obliczeń emisji z poszczególnych czynności przypadających na 1 ha w uprawie ślazuwca pensylwańskiego

Table 5. Emissions calculations results for individual activities per 1 ha of Virginia mallow crop

Nazwa czynności Activity name	CO <sub>2</sub> [kg·ha <sup>-1</sup> ]	SO <sub>2</sub> [10 <sup>-3</sup> ·kg·ha <sup>-1</sup> ]	NO <sub>x</sub> [10 <sup>-3</sup> ·kg g·ha <sup>-1</sup> ]	Pyły Dust [10 <sup>-3</sup> ·kg g·ha <sup>-1</sup> ]	VOC [10 <sup>-3</sup> ·kg g·ha <sup>-1</sup> ]	Udział w cyklu Share in cycle [%]	Udział w życiu Share in plantation life [%]
Założenie plantacji Plantation establishing							
Opryskiwanie Spraying	7,90	0,02	0,03	0,01	0,02	4,43	4,87
Talerzowanie Soil disking	22,40	0,05	0,09	0,01	0,06	12,58	
Orka głęboka Deep ploughing	67,00	0,15	0,27	0,04	0,17	37,73	
Bronowanie Harrowing	17,10	0,04	0,07	0,01	0,04	9,62	
Uprawa przedsiewna Pre-sowing cultivation	29,70	0,07	0,12	0,02	0,08	16,70	
Siew Sowing	25,80	0,06	0,10	0,02	0,07	14,51	
Opryskiwanie Spraying	7,90	0,02	0,03	0,01	0,02	4,43	
I cykl produkcyjny I-st production cycle							
Opryskiwanie powschodnie Post-emergence spraying	7,90	0,02	0,03	0,01	0,02	2,91	7,42
Pielenie Weeding	64,40	0,15	0,26	0,04	0,17	23,80	
Koszenie Mowing	39,40	0,09	0,16	0,03	0,10	14,57	
Zbiór i prasowanie Harvesting and pressing	44,70	0,10	0,18	0,03	0,12	16,52	
Stertowanie i załadunek bel Bales storage and loading	16,70	0,04	0,07	0,01	0,04	6,17	
Transport bel Bales transport	12,60	0,03	0,05	0,01	0,03	4,66	
Transport bel Bales transport	7,30	0,02	0,03	0,00	0,02	2,71	
Rozładunek i stertowanie bel Bales unloading and storage	13,20	0,03	0,05	0,01	0,03	4,87	
Kolejne cykle produkcyjne od II do XV Subsequent production cycles from II to XV							
Nawożenie NPK Fertilization NPK	10,30	0,02	0,04	0,01	0,03	4,68	6,01
Nawożenie N Fertilization N	8,50	0,02	0,03	0,01	0,02	3,90	
Dowóz nawozu Fertilizer transport	18,50	0,04	0,08	0,01	0,05	8,43	
Koszenie Mowing	44,70	0,10	0,18	0,03	0,12	20,40	
Zbiór i prasowanie Harvesting and pressing	46,30	0,10	0,19	0,03	0,12	21,13	
Stertowanie i załadunek bel Bales storage and loading	27,70	0,06	0,11	0,02	0,07	12,64	
Transport bel Bales transport	14,70	0,03	0,06	0,01	0,04	6,69	
Transport bel Bales transport	20,80	0,05	0,08	0,01	0,05	9,50	
Rozładunek i stertowanie bel Bales unloading and storage	27,70	0,06	0,11	0,02	0,07	12,64	
Likwidacja plantacji Liquidation of plantation							
Opryskiwanie Spraying	8,50	0,02	0,03	0,01	0,02	6,49	3,61
Rozdrabnianie Shredding	89,00	0,20	0,36	0,06	0,23	67,56	
Bronowanie x2 Harrowing x2	34,20	0,08	0,14	0,02	0,09	25,95	

Źródło: badania własne. Source: own elaboration.

Dobierając rośliny energetyczne do założenia plantacji, plantatorzy powinni wziąć pod uwagę wyniki badań nad ślazowcem, uwzględniając: emisję mniejszą niż podczas uprawy innych roślin, stopień asymilacji CO<sub>2</sub>, pobór składników pokarmowych oraz zapotrzebowanie na wodę i energię słoneczną.

Zmniejszenie emisji z już istniejącej plantacji w warunkach określonej technologii, wymagałoby poniesienia dużych nakładów finansowych oraz długotrwałych i skomplikowanych badań nad opracowaniem nowych, innowacyjnych narzędzi, maszyn lub technologii. Niezbędne byłyby badania interdyscyplinarne nad istotą procesów zachodzących podczas cięcia, prasowania, rozdrabniania i orki w makro- i mikroskali oddziaływań. Do opracowania nowych materiałów, narzędzi, maszyn i technologii niezbędne byłoby wirtualne prototypowanie. Nowe opracowania należałoby poddać ocenie i weryfikacji z zastosowaniem systemów wielokryterialnego podejmowania decyzji połączonych z analizą LCA, w celu uwzględnienia parametrów niezbędnych w zrównoważonym rozwoju gospodarstw rolnych i rolnictwa [BAUM 2007]. Niestety, obecnie brak jest powszechnie udostępnionych takich systemów, co świadczy o złożoności problemów i wyzwaniach intelektualnych stojących przed naukowcami.

## Bibliografia

BAUM R. 2007. Kryteria oceny zrównoważonego rozwoju w gospodarstwach rolnych. Poznań. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu – CCCLVIII. ISSN 0137-1738 s. 3–10.

BORKOWSKA H., STYK B. 1997. Ślazowiec pensylwański – uprawa i wykorzystanie. Lublin. Wydaw. AR w Lublinie ss. 51.

Dyrektywa 2001/80/WE Parlamentu Europejskiego z dnia 23 października 2001 r. o ograniczeniu emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych obiektów energetycznego spalania. Dz. Urz. UE L 309/1.

HRYNIEWICZ M., GRZYBEK A. 2011. Emisje gazów powstałych podczas uprawy miskantusa. Polska Energetyka Słoneczna. Nr 2–4. ISSN 1730-2420 s. 48–54.

GRZYBEK A. (red.) 2010. Analiza możliwości wieloletniego pozyskania biomasy dla bloku biomasowego 50 MW w Elektrowni Jaworzno III – EL na etapie feasibility study. Polskie Towarzystwo Biomasy. Maszynopis ss. 145.

REMELIN-STAROSTA D., NIJAK K. 2007. Ślazowiec pensylwański – wstępne wyniki badań nad możliwościami ochrony przed agrofagami. Postępy w Ochronie Roślin. Vol. 47(4). ISSN 1427-4337 s. 358–362.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z 05.07.2002 o określaniu szczegółowych wymagań programów ochrony powietrza (Dz.U. Nr 115 poz. 1003).

SPIRINCX C., de NOCKER L., PANIS L.I. 2000. Comparative externality analysis and life cycle assessment of biodiesel and fossil Diesel fuel. 1<sup>st</sup> World Conference on Biomass for Energy and Industry, Proceedings of the Conference held in Sewilla, Spain. James&James. ISBN 978-1902916156 ss. 171–173.



**Marek Hryniewicz, Anna Grzybek**

**EMISSION OF GASES PRODUCED DURING CULTIVATION  
OF VIRGINIA MALLOW**

**Summary**

The method and calculation results of average emissions for separate crop cycles have been presented in terms of applied technological operations. Unitary emissions per hectare of *Sida* cultivation, with the use of real technology during the whole life cycle of the plantation, in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  are for  $\text{CO}_2$  – 3 648.90,  $\text{SO}_2$  –  $8.06\cdot 10^{-3}$ ,  $\text{NO}_x$  –  $14.65\cdot 10^{-3}$ , dust –  $2.49\cdot 10^{-3}$ , VOC –  $9.48\cdot 10^{-3}$ . Prior to founding the plantation of energy crops it is recommended, first of all, to select the appropriate plant species, then an optimal set of machines for each operation, taking into account fuel consumption. It is also advised to develop (using virtual prototyping) new innovative tools, machines and technologies that consume less fuel.

**Key words:** Virginia mallow (*Sida hermaphrodita*), cultivation, gas emissions, reduction of emission

Adres do korespondencji:

mgr inż. Marek Hryniewicz  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy  
Oddział w Warszawie  
02-532 Warszawa, ul. Rakowiecka 32  
tel. 22 542-11-04; e-mail: m.hryniewicz@itep.edu.pl

