

## WPŁYW INOKULACJI PĘDÓW ŚLĄZOWCA PENSYLWAŃSKIEGO (*SIDA HERMAPHRODITA* [L.] RUSBY) GRZYBEM *SCLEROTINIA SCLEROTIORUM* [LIB.] DE BARY NA ZAWARTOŚĆ I ROZMIESZCZENIE LITU, BARU, STRONTU I TYTANU\*

DOROTA KALEMBASA<sup>1</sup>, DAWID JAREMKO<sup>1</sup>, BEATA WIŚNIEWSKA-KADZAJAN<sup>1</sup>,  
MALGORZATA JĘDRYCZKA<sup>2</sup>, BEATA BIK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny  
w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce*

<sup>2</sup>*Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu, ul. Strzeszyńska 34,  
60-479 Poznań*

**Synopsis.** W trzyletnim doświadczeniu polowym (2011–2013) badano wpływ porażenia roślin ślázowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby) grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* [Lib.] de Bary, na zawartość litu, baru, strontu i tytanu. Inokulację przeprowadzono w maju przy zastosowaniu izolatów uzyskanych ze ślázowca i rzepaku, poprzez lekkie zranienie epidermy na łodydze, na wysokości około 20 cm nad ziemią i umieszczenie w tym miejscu ziarna pszenicy przerośniętego grzybnią danego izolatu. W czasie sezonu wegetacyjnego stwierdzono silne porażenie łodyg, powodujące zahamowanie wzrostu i rozwoju roślin ślázowca. Po zakończeniu okresu wegetacji (dojrzałość technologiczna) pobrano do analizy chemicznej pędy z roślin zdrowych i inokulowanych, dzieląc je na 4 części: 1) – dolna część łodygi, powyżej szyjki korzeniowej a poniżej miejsca inokulacji, 2) – miejsce inokulacji na wysokości 15–25 cm, 3) – 15–30 cm ponad miejscem inokulacji, 4) – część wierzchołkowa. Zawartość badanych pierwiastków oznaczono w roztworach analitycznych, uzyskanych z popiołu biomasy po jej mineralizacji na sucho, na spektrometrze ICP-AES. Badane czynniki powodowały istotne zróżnicowanie zawartości Li, Sr i Ti, lecz nie wpływały na zawartość Ba. Zawartość Li i Sr zależała od roku badań oraz analizowanej części rośliny, natomiast zawartość Ti była istotnie większa w roślinach poddanych inokulacji, a także uzależniona od roku badań oraz współdziałania tych czynników. Wykazano, iż silne porażenie łodygi w miejscu inokulacji powodowało nagromadzenie Ti i blokowało jego transport do wyższych części pędu.

**Słowa kluczowe:** *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sida hermaphrodita*, ślázowiec pensylwański, Li, Ba, Sr, Ti

### WSTĘP

Ślázowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby) jest jedną z roślin energetycznych, która w czasie wzrostu i rozwoju tworzy dużą ilość suchej masy o średniej wartości energetycznej. Po odpowiednim przetworzeniu można ją wykorzystać do pozyskiwania energii cieplnej lub elektrycznej. Rośliny energetyczne w zależności od gatunku mogą być uprawiane na różnych glebach. Wyższe plony tych roślin uzyskuje się jednak na glebach zasobnych w przyswajalne składniki pokarmowe i przy dostępnej wodzie. Dla pełnego pokrycia zapotrzebowania na biomasę, z przeznaczeniem na paliwa stałe, powierzchnia plantacji roślin energetycznych w Polsce w 2020 roku winna stanowić 660 tys. ha [Matyka 2009]. Ocena wartości

<sup>2</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: mjed@igr.poznan.pl

\* Badania finansowane przez NCN w grantcie NN310440838

rolniczej gleb przeznaczonych do produkcji biomasy powinna uwzględniać szacunki ekonomiczne oraz ochronę środowiska. Ślázowiec jest rośliną wieloletnią o wysokich wymaganiach glebowych, która produkuje duże ilości biomasy w stanie zielonym, jednak po zakończeniu okresu wegetacji jej plon przeznaczony do pozyskiwania energii jest wyraźnie zmniejszony o 40–50%, który stanowią liście. Znajduje się w nich duża ilość składników pokarmowych i związków organicznych węgla, które wracają do gleby. W następnym roku mogą być wykorzystane w obiegu składników pokarmowych, w układzie ślázowiec-gleba. Korzystną cechą ślázowca jest fakt, że jego pędy są w środku puste. Dzięki temu szybciej wysychają i są mniej wilgotne jako biomasa przeznaczona do spalania, co z kolei zwiększa jej wartość opałową. Korzystne cechy ślázowca przyczyniają się do zwiększenia jego procentowego udziału w ogólnej powierzchni upraw. Do pewnego stopnia jest to jednak zjawisko niekorzystne, gdyż powoduje zwiększenie presji ze strony szkodników i patogenów, które powodują duże straty ekonomiczne i obniżenie plonowania.

Jedną z rozpowszechnionych chorób występujących na roślinach ślázowca pensylwańskiego jest zgnilizna twardzikowa, powodowana przez grzyb *Sclerotinia sclerotiorum* [Lib.] de Bary. Należy on do workowców (*Ascomycota*) [Paul 1988], jest szeroko rozpowszechniony w przyrodzie – w warunkach naturalnych poraża około 400 gatunków roślin [Purdy 1979]. Zgnilizna twardzikowa występuje na roślinach ozimych [Jędrzycka i in. 1999] i jarych [Sadowski i in. 2002]. Udział porażonych roślin w łanie uzależniony jest od dostępności inokulum na danym terenie oraz warunków termiczno-opadowych, wykazując wysoką dodatnią korelację z wilgotnością powietrza.

W badaniach nad ślázowcem dużo uwagi poświęcono zagadnieniom agrotechniki, nawożenia, składu chemicznego biomasy, w aspekcie zawartości makroelementów i metali ciężkich [Borkowska 1996, Borkowska i Molas 2008, 2012, 2013, Borkowska i in. 2009, Kalembasa i Wiśniewska 2006, 2008, 2010, Wiśniewska i Kalembasa 2011, Kabata-Pendias i Szteke 2012]. Obserwacja wzrostu i rozwoju roślin ślázowca prowadzona w sezonie wegetacyjnym wykazuje silne przerastanie jego zainfekowanych łodyg przez grzybnie *S. sclerotiorum*.

Założono, że inokulacja może wpływać negatywnie na przewodzenie składników w roślinie. W literaturze przedmiotu brak jest dostępnych prac z podjętego zakresu badań.

Celem pracy było określenie wpływu inokulacji ślázowca pensylwańskiego, przeznaczonego na cele energetyczne, dwoma izolatami grzyba *S. sclerotiorum*, na zmianę zawartości litu, baru, strontu i tytanu, w różnych częściach tej rośliny.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2011–2013 na polu doświadczalnym IGR PAN w Poznaniu, zlokalizowanym w Cerekwicy k/Szamotuł (województwo wielkopolskie) – 52°31' N, 16°41' E. Badania wykonano na lekkiej glebie płowej typowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego, o odczynie lekko kwaśnym ( $\text{pH}_{\text{KCl}}=6.0$ ). Prowadzono je na plantacji z coroczną pielęgnacją i zbiorem biomasy jak na plantacji produkcyjnej (nawożenie N–90, P–54, K–100  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Szczegółowe badania rozpoczęto na plantacji czteroletniej (I rok badań) o ustalonej strukturze łanu, a w kolejnych latach odpowiednio na plantacji pięcio- i sześcioletniej (II i III rok badań) (lata badań – trzeci czynnik badawczy). W celu uzyskania silnej i jednolitej infekcji ślázowca przez *S. sclerotiorum* (pierwszy czynnik badawczy) przeprowadzono inokulację izolatami Sc-8 uzyskanym z rzepaku ozimego i Sc-1-68 – ze ślázowca pensylwańskiego. Grzyb hodowano przez 10 dni w temperaturze pokojowej na ziarniakach pszenicy. Inokulacja polegała na niewielkim uszkodzeniu skórki łodygi na wysokości 20 cm od powierzchni gleby

i przyłożeniu w to miejsce zainfekowanego ziarna pszenicy. Ziarniak utrzymywał wilgotność dzięki nałożeniu małego kłęбка waty zwilżonej wodą destylowaną. Całość przytwierdzono do pędu za pomocą paska folii aluminiowej. Inokulowano po 15 roślin na poletku (obiekcie), wybierając zdrowe rośliny ślazuca i pędy o podobnej grubości. Obiekt kontrolny stanowiły rośliny traktowane w ten sam sposób jak rośliny inokulowane, lecz stosowane ziarniaki pszenicy nie były porażone przez *S. sclerotiorum*, a sterylizowano je w autoklawie. Po zakończeniu wegetacji i uzyskaniu przez ślazuca dojrzałości technologicznej do zbioru wybierano po 10 pędów roślin z każdego poletka. Doświadczenie prowadzono w czterech powtórzeniach.

Z każdej serii (rośliny kontrolne i zainfekowane) pędy ślazuca podzielono na 4 części (drugi czynnik badawczy): 1 – część pędu od powierzchni gleby do 20 cm wysokości rośliny, 2 – część zainfekowana (inokulowana), 3 – część powyżej miejsca inokulacji bez widocznych objawów porażenia zgnilizną twardzikową, 4 – część wierzchołkowa rośliny. Punktem odniesienia była zawartość badanych pierwiastków w dolnej części łodygi, poniżej miejsca inokulacji. Próbkę poszczególnych części ślazuca poddano analizie chemicznej. Materiał roślinny rozdrobniono do cząstek poniżej 0,25 mm i utleniono na sucho w temperaturze 450°C do stałej masy. Popiół surowy zalano rozcieńczonym kwasem solnym (1:1) celem rozłożenia węglanów oraz strącenia krzemionki, i odparowano do sucha. Uzyskano popiół właściwy, który zalano 10% HCl, aby go rozpuścić. Powstały roztwór przesączono, oddzielając krzemionkę na sączku. W uzyskanym roztworze oznaczono ogólną zawartość Li, Ba, Sr i Ti za pomocą spektrometru emisyjnego ICP-AES Optima 3200RL, firmy Perkin Elmer. Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji, a w przypadku istotności wyliczono wartość NIR za pomocą testu Tukeya.

## WYNIKI I DYKUSJA

Na zawartość litu istotnie wpłynął rok badań oraz położenie na pędzie (tab. 1). Najwięcej tego pierwiastka (średnio 2,06 mg·kg<sup>-1</sup>) stwierdzono w drugim roku doświadczenia (V rok uprawy), a najmniej (średnio 1,21 mg·kg<sup>-1</sup>) w trzecim roku doświadczenia (VI rok uprawy), przy średniej ze wszystkich obiektów doświadczenia 1,66 mg Li·kg<sup>-1</sup>. Istotne różnice stwierdzono między drugim i trzecim rokiem badań. W części zainfekowanej izolatem Sc-1-68 (ze ślazuca) było najwięcej litu (2,76 mg·kg<sup>-1</sup>), a średnia zawartość tego pierwiastka w próbie też była wysoka (2,31 mg·kg<sup>-1</sup>).

Zawartość baru w pędach ślazuca (tab. 2) nie była istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników; niewielkie różnice mieściły się w granicach błędów analitycznych. Może to wynikać z faktu, iż pobieranie tego pierwiastka, ze względu na jego właściwości chemiczne, jest do pewnego stopnia ograniczone pobieraniem przez roślinę wapnia i magnezu (antagonizm pierwiastkowy). Zawartość jonów baru w glebie jest na ogół niska, gdyż pierwiastek ten wykazuje dużą energię wejścia, a małą wyjścia do i z kompleksu sorpcyjnego gleby [Jaremkó i Kalembasa 2014, Kalembasa i Jaremkó 2006].

Średnia zawartość strontu w analizowanych częściach pędów ślazuca pensylwańskiego wynosiła 18,5 mg·kg<sup>-1</sup> i podobnie jak zawartość litu była istotnie zróżnicowana w poszczególnych latach badań oraz częściach pędów (tab. 3). Największą średnią zawartość strontu (22,6 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.) stwierdzono w drugim roku badań (V rok uprawy), a najmniejszą (14,5 mg·kg<sup>-1</sup>) w trzecim roku badań (VI rok uprawy). Najwięcej strontu (średnio) stwierdzono w części pod miejscem inokulacji (21,2 mg·kg<sup>-1</sup>), a najmniej w części wierzchołkowej pędu (16,4 mg·kg<sup>-1</sup>).

Zawartość tytanu w pędach ślazuca pensylwańskiego wynosiła 1,48 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 4). Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości tego pierwiastka w poszczególnych częściach

Tabela 1. Zawartość średnia litu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) w pędach ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby)Table 1. The mean content of lithium ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  of D.M.) in stems of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby)

Czynnik – Factor		Rok badań – Year of experiment (C)			Średnio Mean 2011–2013
Inokulacja Inoculation (A)	Część pędu Part of stem (B)	2011	2012	2013	
A1	1	2,15	2,79	1,54	2,16
	2	1,97	1,97	1,38	1,78
	3	1,54	1,53	1,08	1,39
	4	1,20	1,28	0,86	1,11
Średnia – Mean		1,72	1,90	1,22	1,61
A2	1	1,25	1,37	0,87	1,16
	2	2,73	2,91	1,53	2,39
	3	1,75	1,57	1,16	1,49
	4	1,11	0,85	0,83	0,93
Średnia – Mean		1,71	1,68	1,10	1,50
A3	1	1,97	3,00	1,51	2,16
	2	2,12	4,97	1,18	2,76
	3	1,78	1,48	1,67	1,64
	4	1,10	0,93	0,90	0,98
Średnia – Mean		1,74	2,60	1,32	1,88
Średnio dla części pędu Mean of part of stem	1	1,79	2,39	1,31	1,83
	2	2,27	3,29	1,36	2,31
	3	1,69	1,53	1,30	1,51
	4	1,14	1,02	0,86	1,01
Średnio – Mean		1,72	2,06	1,21	1,66
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : A – r.n.; B – 0,72; C – 0,56					

A1 – obiekt kontrolny – control, A2 – izolat z rzepaku Sc-8 – isolate from oilseed rape Sc-8, A3 – izolat ze ślazuwca Sc-1-68 – isolate from Virginia mallow Sc-1-68

B – część pędu – part of stem: 1 – dolna – low part, 2 – miejsce inokulacji – inoculation place, 3 – część nad inokulacją – part above inoculation, 4 – część wierzchołkowa – upper part

Tabela 2. Zawartość średnia baru ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) w pędach ślazuwa pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby)Table 2. The mean content of barium ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  of D.M.) in stems of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby)

Czynnik – Factor		Rok badań – Year of experiment (C)			Średnio Mean 2011–2013
Inokulacja Inoculation (A)	Część pędu Part of stem (B)	2011	2012	2013	
A1	1	10,7	13,4	9,96	11,4
	2	14,2	13,9	13,8	14,0
	3	13,5	12,1	9,87	11,8
	4	12,1	19,7	9,51	13,8
Średnia – Mean		12,6	14,8	10,8	12,7
A2	1	14,7	19,7	11,8	15,4
	2	14,2	11,8	10,5	12,2
	3	13,9	8,95	12,2	11,7
	4	10,1	9,02	9,85	9,67
Średnia – Mean		13,3	12,4	11,1	12,2
A3	1	14,7	19,5	12,3	15,5
	2	16,2	10,3	12,2	12,9
	3	13,2	10,4	12,4	12,0
	4	15,2	12,5	14,4	14,0
Średnia – Mean		14,8	13,2	12,8	13,6
Średnio dla części pędu Mean of part of stem	1	13,4	17,5	11,4	14,1
	2	14,9	12,0	12,2	13,0
	3	13,5	10,5	11,5	11,8
	4	12,5	13,8	11,2	12,5
Średnia – Mean		13,6	13,5	11,6	12,9

NIR<sub>0,05</sub> – LSD<sub>0,05</sub>: A – r.n.; B – r.n.; C – r.n.

Objaśnienia jak w tabeli 1 – explanations as in table 1

Tabela 3. Zawartość średnia strontu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) w pędach ślázowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby)Table 3. The mean content of strontium ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  of D.M.) in stems of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby)

Czynnik – Factor		Rok badań – Year of experiment (C)			Średnio Mean 2011–2013
Inokulacja Inoculation (A)	Część pędu Part of stem (B)	2011	2012	2013	
A1	1	18,2	20,6	16,0	18,3
	2	18,2	18,9	16,6	17,9
	3	16,3	18,5	14,2	16,4
	4	17,2	23,7	14,4	18,4
Średnia – Mean		17,5	20,4	15,3	17,7
A2	1	17,2	30,3	14,7	20,7
	2	21,4	28,4	10,6	20,1
	3	17,2	20,5	14,4	17,3
	4	15,8	16,6	13,3	15,2
Średnia – Mean		17,9	23,9	13,3	18,4
A3	1	25,1	31,7	16,5	24,5
	2	19,2	22,5	15,4	19,0
	3	17,3	21,5	16,0	18,3
	4	16,9	17,5	12,2	15,5
Średnia – Mean		19,6	23,3	15,0	19,3
Średnio dla części pędu Mean of part of stem	1	20,2	27,5	15,7	21,1
	2	19,6	23,3	14,2	19,0
	3	16,9	20,2	14,9	17,3
	4	16,7	19,3	13,3	16,4
Średnia – Mean		18,3	22,6	14,5	18,5
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : A – r.n.; B – 4,1; C – 3,2					

Objaśnienia jak w tabeli 1 – explanations as in table 1

Tabela 4. Zawartość średnia tytanu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) w pędach ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby)Table 4. The mean content of titanium ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  of D.M.) in stems of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby)

Czynnik – Factor		Rok badań – Year of experiment (C)			Średnio Mean 2011–2013
Inokulacja Inoculation (A)	Część pędu Part of stem (B)	2011	2012	2013	
A1	1	0,37	1,88	0,27	0,84
	2	0,54	2,72	0,41	1,22
	3	0,26	1,23	0,17	0,55
	4	0,41	3,74	0,39	1,51
Średnia – Mean		0,39	2,39	0,31	1,03
A2	1	1,23	2,24	0,86	1,45
	2	1,97	4,51	1,53	2,67
	3	1,52	1,49	1,16	1,39
	4	1,01	2,41	0,83	1,42
Średnia – Mean		1,43	2,66	1,10	1,73
A3	1	1,73	2,70	1,51	1,98
	2	1,94	1,99	1,18	1,71
	3	1,76	2,15	1,67	1,86
	4	1,46	1,19	0,90	1,18
Średnia – Mean		1,72	2,01	1,32	1,68
Średnio dla części pędu Mean of part of stem	1	1,11	2,27	0,88	1,42
	2	1,48	3,08	1,04	1,87
	3	1,18	1,62	0,10	1,27
	4	0,96	2,45	0,71	1,37
Średnia – Mean		1,18	2,36	0,91	1,48
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : A – 0,54.; B – r.n.; C – 0,54; AxB – 1,07; AxC – 0,93; CxA – 1,19					

Objaśnienia jak w tabeli 1 – explanations as in table 1

pędów oraz latach prowadzenia doświadczenia, a także współdziałania czynnika inokulacji, roku badań oraz części rośliny. Inokulacja spowodowała istotne zwiększenie zawartości tytanu w stosunku do roślin kontrolnych (bez inokulacji). Najwięcej tytanu ( $2,36 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) stwierdzono w drugim roku badań, a najmniej ( $0,91 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) w trzecim roku badań. Najwięcej (średnio) tytanu stwierdzono w porażonych częściach pędów ( $1,87 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), a najmniej – ponad nią ( $1,27 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), co wskazuje na blokowanie przewodzenia tych składników w pędach ślazuca w następstwie ich porażenia grzybem *S. sclerotiorum*. Według danych literaturowych zawartość tytanu w roślinach jest bardzo zróżnicowana w przedziale 0,2 do  $80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy, jakkolwiek niektóre gatunki roślin, takie jak skrzyp, mech i pokrzywa mogą zawierać ponad  $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy [Kabata-Pendias i Pendias 1999, Kabata-Pendias i Szteke 2012].

Z wartości NIR wynika istotne zróżnicowanie zawartości Li, Sr i Ti w pędach ślazuca pensylwańskiego w poszczególnych latach badań. Upoważnia to do analizowania zależności między zawartością badanych pierwiastków a wielkością plonu testowanej rośliny (średni plon ślazuca w: 2011 roku –  $46,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; 2012 –  $39,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; 2013 –  $49,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), uzyskane w poszczególnych latach. Wartość współczynnika korelacji  $r$  dla omawianych zależności wynosiła dla: Li –  $r=-0,90$ , Sr –  $r=-0,995$ , Ti –  $r=-0,954$ . Wartości te wskazują, iż zależność była istotna dla plonu i zawartości strontu, a dla litu i tytanu zależności choć wyraźne nie były istotne statystycznie.

## WNIOSKI

1. Zawartość litu i strontu w pędach ślazuca pensylwańskiego, zbieranych w fazie dojrzałości technologicznej z przeznaczeniem na cele energetyczne, w trzyletnim doświadczeniu polowym, była istotnie zależna od roku badań i zróżnicowana w częściach pędów ślazuca, względem miejsca inokulacji dwoma izolatami grzyba *Sclerotinia sclerotiorum*.
2. Zawartość litu, baru, strontu i tytanu w poszczególnych częściach pędów ślazuca pensylwańskiego układała się w następujący szereg malejących średnich wartości mierzonych w  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ :  $\text{Sr}_{(18,5)} > \text{Ba}_{(12,9)} > \text{Li}_{(1,66)} > \text{Ti}_{(1,48)}$ .
3. Zawartość tytanu była istotnie wyższa w roślinach poddanych inokulacji, a także uzależniona od roku badań oraz współdziałania tych czynników.
4. Silne porażenie łodygi w miejscu inokulacji powodowało nagromadzenie tytanu i blokowało jego transport do wyższych części pędu.

## PIŚMIENNICTWO

- Borkowska H. 1996. Wpływ nawożenia azotowego i potasowego na wysokość i jakość plonów zielonki ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby). Ann. UMCS, sect. E, Agricultura 51: 63–70.
- Borkowska H., Molas R. 2008. Zachwaszczenie oraz obsada roślin ślazuca pensylwańskiego w zależności od herbicydów. Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura 63(1): 10–16.
- Borkowska H., Molas R., Kupczyk A. 2009. Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* Rusby) cultivated on light soil; Height of yield and biomass productivity. Pol. J. Environ. Stud. 18: 563–568.
- Borkowska H., Molas R. 2012. Two extremely different crops, *Salix* and *Sida*, as sources of renewable energy. Biomass Bioenergy 36: 234–240.
- Borkowska H., Molas R. 2013. Yield comparison of four lignocellulosic perennial energy crop species. Biomass Bioenergy 51: 145–153.
- Jaremko D., Kalembasa D. 2014. A comparison of methods for the determination of cation exchange capacity of soils. Ecol. Chem. Eng. S 21(3): 487–498.

- Jędrzycka M., Lewartowska E., Dakowska S. 1999. Ocena podatności odmian rzepaku jarego na zgniliznę twardzikową. Rośl. Oleiste/Oilseed Crops 20: 658–668.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. PWN Warszawa: ss. 397.
- Kabata-Pendias A., Szteke B. 2012. Pierwiastki śladowe w geo- i biosferze. Wyd. IUNG-PIB Puławy: ss. 269.
- Kalembasa D., Jaremko D. 2006. Total content of lithium, barium and strontium in soils of South Podlasie Lowland. Pol. J. Environ. Stud. 15(2a): 320–325.
- Kalembasa S., Wiśniewska B. 2006. Wpływ azotu na plon ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby) oraz zawartość w niej makroelementów. Acta Agrophys. 8(1): 127–138.
- Kalembasa S., Wiśniewska B. 2008. Wpływ dawek azotu na zawartość Ca, Mg, S i Na w biomase ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby). Acta Agrophys. 11(3): 667–675.
- Kalembasa S., Wiśniewska B. 2010. Wpływ dawek azotu na zawartość i pobranie wybranych metali ciężkich przez ślazuca pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby). Ochr. Środ. Zas. Nat. 42: 204–211.
- Matyka M. 2009. Rolnictwo polskie a produkcja roślin na cele energetyczne. Studia i Raporty IUNG-PIB w Puławach 14: 167–174.
- Paul V.P. 1988. Krankheiten und Schädlinge des Rapses. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Bauer 121 pp.
- Purdy L.H. 1979. *Sclerotinia sclerotiorum*: History, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution and impact. Phytopathology 69: 875–880.
- Sadowski C., Dakowska E., Łukanowski A., Jędrzycka M. 2002. Occurrence of fungal diseases on spring rape in Poland. IOBC/wprs Bulletin 5(2): 21–30.
- Wiśniewska B., Kalembasa S. 2011. Wpływ dawek azotu na zawartość i pobieranie ołowiu, kadmu i niklu przez biomasę ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 565: 373–382.

D. KALEMBASA, D. JAREMKO, B. BIK, B. WIŚNIEWSKA-KADZAJAN, M. JĘDRZYCKA

**THE INFLUENCE OF *SCLEROTINIA SCLEROTIORUM* [LIB.] DE BARY ON THE CONTENT AND DISTRIBUTION OF LITHIUM, BARIUM, STRONTIUM AND TITANIUM IN STEMS OF VIRGINIA MALLOW (*SIDA HERMAPHRODITA* [L.] RUSBY)**

**Summary**

The influence of *Sclerotinia sclerotiorum* [Lib.] de Bary on the content of lithium, barium, strontium and titanium in stems of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby) was investigated in field experiment carried over three years (2011–2013). The plants were inoculated by *S. sclerotiorum*, which was grown in laboratory on wheat grains. Every year of experiment the inoculation was done in May by superficial scratching of stem epidermis ca. 20 cm above the ground and attaching of the infected wheat grain overgrown with the mycelium of two isolates: Sc-8 obtained from naturally infected oilseed rape or Sc-1-68 from Virginia mallow. During the vegetation period strong development of fungal mycelium was observed, what inhibited the growth and development of inoculated plants. During harvesting time the branches were divided to four parts: 1 – above the soil level but below the site of inoculation; 2 – site of inoculation; 3 – above the site of inoculation; 4 – the upper part of stem. The content of investigated elements was determined in analytical solution obtained from the ash after dry combustion of biomass by the ICP-AES method on the Perkin Elmer spectrometer. The investigated parameters caused significant differences of the content of Li, Sr and Ti, but not in Ba. The content of Li and Sr depended of the year of experiment and the part of plant and Ti was cumulated in infected plants, affected by year of experiment and interaction of both parameters. The concentration of Ti was significantly higher in the inoculated parts what suggests blockage of transportation of this element from soil to higher parts of stems.

**Key words:** *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sida hermaphrodita*, Virginia mallow, Li, Ba, Sr, Ti

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 3.12.2014

Do cytowania – *For citation*:

Kalembasa D., Jaremko D., Wiśniewska-Kadżajan B., Jędryczka M., Bik B. 2014. Wpływ inokulacji pędów ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* [L.] Rusby) grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* [Lib.] de Bary na zawartość i rozmieszczenie litu, baru, strontu i tytanu. *Fragm. Agron.* 31(4): 37–46.