

**Dorota Kalembasa\*, Beata Wiśniewska\***

**ZAWARTOŚĆ Ti I As W BIOMASIE TRAWY I GLEBIE NAWOŻONEJ  
PODŁOŻEM POPIECZARKOWYM**

**THE CONTENT OF Ti AND As IN THE BIOMASS OF ANNUAL  
RYEGRASS (*LOLIUM MULTIFLORUM* L.) AND SOIL FERTILIZED WITH  
THE BED AFTER MUSHROOM PRODUCTION**

**Słowa kluczowe:** podłoże pieczarkowe, życica wielokwiatowa, tytan, arsen.

**Key words:** bed after mushroom production, annual ryegrass, titanium, arsenic.

*Two years pot experiment was carried out in greenhouse condition according to the completely randomized scheme. The annual ryegrass was the tested plant which was harvested four time (four cuts) during vegetation period. The following parameters were investigated in this experiment; fertilization with bed after mushroom production, FYM and mineral potassium and nitrogen fertilizers. The changes in the content of Ti and As under applied fertilization were determined in the biomass of annual ryegrass and soil. The content of determined elements (heavy metals) in the biomass of annual ryegrass was differentiated in the years of experiment as well as between the cuts and ranged from the highest to the lowest: Ti > As. The content of titanium was higher in the biomass of ryegrass harvested in the second than in the first year of experiment. Also higher content of titanium was determined in the biomass harvested from the objects fertilized with bed after mushroom production with the additional nitrogen fertilizer in the dose N<sub>1</sub> and N<sub>2</sub> as well as with potassium and nitrogen in the dose K<sub>1</sub> N<sub>1</sub> and K<sub>2</sub> N<sub>2</sub>. The mean content of As was also higher in the biomass of per ryegrass harvested in the first than second year of cultivation. The highest content of this element was determined in the biomass of per ryegrass harvested from the objects fertilized with bed after mushroom production. In the majority of harvested cuts the content of determined heavy metals was significantly differentiated upon level of fertilization.*

---

\* **Prof. dr hab. Dorota Kalembasa, dr inż. Beata Wiśniewska – Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce; tel.: 25 643 12 87; e-mail: kalembasa@uph.edu.pl**

## 1. WPROWADZENIE

Produkcja pieczarek w Polsce jest ważną i dynamicznie rozwijającą się gałęzią produkcji rolnej. Dostarcza surowca dla przetwórstwa oraz uczestniczy w istotnym zakresie w utylizacji odpadów organicznych pochodzących z produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz mineralnych w postaci gipsu odpadowego.

Począwszy od 1992 r. trwa ciągły i intensywny rozwój tej branży, co powoduje, że do środowiska przekazywane są coraz większe ilości podłoża popieczarkowego. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. podłoże po produkcji pieczarek zaliczane jest do grupy odpadów z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności jako „Inne nie wymienione odpady” (Dz.U. 2001 r. Nr 62 poz. 628).

Podłoże to stanowi odpadowy materiał organiczny, który można wykorzystać do nawożenia, gdyż zawiera substancje organiczne oraz składniki pokarmowe dla roślin [Kalembasa, Wiśniewska 2004, 2006, Kalembasa i in. 2006, Rutkowska i in. 2009]. Prawidłowo przygotowane podłoże nie zawiera szkodników, grzybów chorobotwórczych, nasion chwastów, odznacza się dobrą konsystencją oraz tolerowanym, ziemistym zapachem, dlatego zalecane jest jako nawóz organiczny w sadownictwie, warzywnictwie, przy zakładaniu i utrzymaniu terenów zieleni oraz w uprawach polowych, położonych w pobliżu pieczarkarni [Kalembasa, Wiśniewska 2008, Kalembasa Majchrowska-Safaryan 2006, 2009, Jankowski i in. 2004].

Celem pracy była ocena wpływu podłoża popieczarkowego i uzupełniającego nawożenia mineralnego na zawartość Ti i As w biomasie życicy wielokwiatowej i glebie, w dwuletnim doświadczeniu wazonowym.

## 2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Dwuletnie doświadczenie wazonowe (prowadzone w warunkach szklarni) założono w układzie całkowicie losowym. Wazony napełniono 12 kg gleby (utworu glebowego) o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego (wg PTG). Wartość pH gleby wynosiła 6,04 w 1 mol KCl dm<sup>-3</sup>, zawartość tytanu – 25,3, a arsenu – 0,09 (mg·kg<sup>-1</sup> s.m). Zawartość tytanu i arsenu w podłożu popieczarkowym wynosiła odpowiednio: 24,3 i 0,90 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. W oborniku bydlęcym użytym do doświadczenia stwierdzono 22,7 mgTi·kg<sup>-1</sup> s.m., natomiast nie wykryto obecności arsenu.

Materiałem organicznym zastosowanym w doświadczeniu było podłoże po uprawie pieczarki oraz obornik bydlęcy przefermentowany (jako standard). Do poszczególnych wazonów zastosowano taką masę podłoża popieczarkowego i obornika, aby wprowadzić 4 g N·wazon<sup>-1</sup>, a nawożenie mineralne (K i N) zastosowano według stosunku N:P:K, jak w oborniku (1:0,8:1,2), tworząc następujące obiekty badawcze: a – gleba (utwór glebowy) – obiekt kontrolny; b – gleba + obornik bydlęcy przefermentowany; c – gleba + podłoże piepie-

czarkowe; d – gleba + podłoże popieczarkowe +  $K_1$ ; e – gleba + podłoże popieczarkowe +  $K_2$ ; f – gleba + podłoże popieczarkowe +  $N_1$ ; g – gleba + podłoże popieczarkowe +  $N_2$ ; h – gleba + podłoże popieczarkowe +  $K_1N_1$ ; i – gleba + podłoże popieczarkowe +  $K_2N_2$ . Uzupełniające nawożenie mineralne potasem (w formie  $K_2SO_4$ ) i azotem (w formie  $NH_4NO_3$ ) zastosowano w dawkach:  $K_1$  – nawożenie potasem na poziomie 50% dawki optymalnej;  $K_2$  – nawożenie potasem w ilości odpowiadającej dawce optymalnej;  $N_1$  – nawożenie azotem na poziomie 25% dawki optymalnej;  $N_2$  – nawożenie azotem na poziomie 50% dawki optymalnej.

Eksperyment przeprowadzono w trzech powtórzeniach, a rośliną testową była życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum* Lam.), którą zbierano cztery razy w roku (odrosty, pokosy). Po każdym roku eksperymentu pobrano próbki glebowe.

Pobrane próbki roślin wysuszono i rozdrobniono, a próbki glebowe przesiano przez sito o  $\phi$  2 mm. W celu oznaczenia wybranych metali materiał badawczy poddano mineralizacji „na sucho” w piecu muflowym, w temperaturze 450°C. Zmineralizowany materiał w tygielkach potraktowano (na łaźni piaskowej) roztworem kwasu solnego (HCl:H<sub>2</sub>O = 1:1) w celu rozpuszczenia węglanów i wydzielenia krzemionki. Powstałe chlorki przeniesiono za pomocą 10-procentowego HCl do kolby o pojemności 100 cm<sup>3</sup>, oddzielając krzemionkę na sączku. W tak przygotowanym roztworze oznaczono zawartość Ti i As metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie wzbudzoną plazmą (ICP-AES).

### 3. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Plon biomasy życicy wielokwiatowej (g·wazon<sup>-1</sup>), uprawianej w dwuletnim doświadczeniu wazonowym, przy zastosowaniu nawożenia organicznego i zróżnicowanego nawożenia mineralnego azotowo-potasowego, omówiono w publikacji Kalembasy i Wiśniewskiej [2008].

Zawartość tytanu i arsenu w testowanej trawie na poszczególnych obiektach nawozowych była zróżnicowana w każdym roku i odrostach (pokosach), układając się w następującym szeregu malejących wartości (mg·kg<sup>-1</sup> s.m.): Ti 1,89–20,7 > As 0,21–4,05.

Zawartość tytanu w biomase testowanej trawy, każdego pokosu I i II roku uprawy (tab. 1) była istotnie zróżnicowana w zależności od poziomu nawożenia, czego dowodzą obliczone wartości NIR. Większą zawartość (średnio) tego pierwiastka stwierdzono w roślinach w II roku (10,9 mg·kg<sup>-1</sup>) niż I roku uprawy (4,61 mg·kg<sup>-1</sup>), przy średniej z dwóch lat – 7,75 mg·kg<sup>-1</sup>. Zawartość tytanu w biomase życicy, średnia z dwóch lat z obiektu nawożonego obornikiem (7,76 mg·kg<sup>-1</sup>), była większa niż z obiektu nawożonego samym podłożem popieczarkowym (5,38 mg·kg<sup>-1</sup>). Najwięcej tytanu (10,8 mg·kg<sup>-1</sup>) stwierdzono w trawie uprawianej na obiekcie nawożonym podłożem z większą ( $N_2$ ) dawką azotu mineralnego. Dodatek do podłoża potasu ( $K_1$ ,  $K_2$ ) wpłynął na mniejszą zawartość tytanu (5,38 i 5,76 mg·kg<sup>-1</sup>) w porównaniu z obiektem kontrolnym. Podłoże z dodatkiem mniejszej dawki nawozu azotowego i potasowego ( $K_1$ ,  $N_1$ ) wpłynęło na większą zawartość tytanu (9,24 mg·kg<sup>-1</sup>) niż z dodatkiem większej dawki ( $K_2N_2$ ) tych nawozów (8,21 mg·kg<sup>-1</sup>).

**Tabela 1.** Zawartość tytanu w plonie życycy wielokwiatowej w I i II roku uprawy**Table 1.** The content of titanium in the yield of *Lolium multiflorum* in I and II year of cultivation

Obiekt nawozowy	Zawartość tytanu, mg kg <sup>-1</sup> s.m.										
	I rok doświadczenia (pokosy)					II rok doświadczenia (pokosy)					Średnio z 2 lat
	I	II	III	IV	Średnia	I	II	III	IV	Średnia	
a	5,84	4,41	4,22	7,08	5,39	11,7	7,32	5,20	4,78	7,25	6,32
b	7,22	3,24	4,50	5,16	5,03	20,7	7,25	6,08	7,99	10,5	7,76
c	3,90	2,13	5,23	2,75	3,50	10,6	7,15	5,63	5,69	7,27	5,38
d	6,47	1,89	3,76	3,19	3,83	15,5	6,83	3,97	4,46	7,69	5,76
e	5,74	2,37	2,39	4,07	3,64	16,9	7,89	12,6	4,60	10,5	7,07
f	11,6	3,58	3,60	2,89	5,42	13,5	11,7	16,4	12,3	13,5	9,46
g	8,76	4,85	3,56	4,44	5,40	17,9	14,9	19,3	13,3	16,3	10,8
h	9,15	3,20	3,85	2,53	4,68	12,9	11,0	15,7	15,5	13,8	9,24
i	7,51	4,13	3,56	3,29	4,62	13,5	6,08	15,9	11,9	11,8	8,21
Średnia	7,35	3,31	3,85	3,93	4,61	14,8	8,90	11,2	8,95	10,9	7,75
NIR <sub>0,05</sub>	1,13	0,27	0,28	1,76		2,32	1,54	1,03	1,20		

**Objaśnienia:** a – obiekt kontrolny; b – gleba+obornik; c – gleba + podłoże popieczarkowe; d – gleba + podłoże popieczarkowe + K<sub>1</sub>; e – gleba + podłoże popieczarkowe + K<sub>1</sub>; f – gleba + podłoże popieczarkowe + N<sub>1</sub>; g – gleba + podłoże popieczarkowe + N<sub>2</sub>; h – gleba + podłoże popieczarkowe + K<sub>1</sub>N<sub>1</sub>; i – gleba + podłoże popieczarkowe + K<sub>2</sub>N<sub>2</sub>.

**Tabela 2.** Zawartość arsenu w plonie życycy wielokwiatowej w I i II roku uprawy**Table 2.** The content of arsenic in the yield of *Lolium multiflorum* in I and II year of cultivation

Obiekt nawozowy	Zawartość arsenu, mg kg <sup>-1</sup> s.m.										
	I rok doświadczenia (pokosy)					II rok doświadczenia (pokosy)					Średnio z 2 lat
	I	II	III	IV	Średnia	I	II	III	IV	Średnia	
a	1,56	3,36	1,77	2,29	2,24	1,432	0,71	1,41	0,37	0,98	1,61
b	1,73	1,18	3,57	2,14	2,15	0,78	1,82	0,81	0,73	1,03	1,59
c	3,70	3,12	4,39	3,49	3,67	1,63	1,57	0,71	0,88	1,19	2,43
d	2,96	1,38	2,76	2,02	2,28	1,15	1,37	0,76	1,09	1,09	1,68
e	2,60	2,56	0,71	2,91	2,19	1,29	0,27	1,05	0,21	0,70	1,44
f	2,18	0,35	0,88	2,53	1,48	1,74	0,66	0,85	0,36	0,90	1,19
g	4,05	2,31	1,60	1,39	2,34	2,02	0,85	1,01	0,47	1,08	1,71
h	1,82	1,18	2,09	1,72	1,70	2,57	0,63	0,60	0,31	1,03	1,36
i	3,56	3,86	1,71	1,61	2,68	1,92	0,72	0,66	0,21	0,88	1,78
Średnia	2,68	2,14	2,16	2,23	2,31	1,61	0,95	0,87	0,51	0,98	1,64
NIR <sub>0,05</sub>	0,35	0,42	0,33	n.i.		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.		

**Tabela 3.** Zawartość tytanu w glebie w I i II roku uprawy**Table 3.** The content of titanium in soil in I and II year of cultivation

Objekt nawozowy	Zawartość tytanu, mg kg <sup>-1</sup> s.m.		
	I rok doświadczenia	II rok doświadczenia	Średnia z dwóch lat
a	33,2	22,5	27,8
b	35,7	23,6	29,6
c	39,4	24,7	32,0
d	40,2	24,9	32,5
e	41,3	25,4	33,3
f	40,5	25,9	33,2
g	41,1	26,4	33,7
h	43,4	26,9	35,1
i	45,7	27,1	36,4
Średnia	40,0	25,3	32,7
NIR <sub>0,05</sub>	2,88	3,52	

Na zawartość arsenu w biomasie życicy wielokwiatowej istotny wpływ miało zróżnicowane nawożenie jedynie w pierwszym, drugim i trzecim pokosie I roku uprawy (tab. 2). Średnia zawartość tego pierwiastka w biomasie życicy w I roku eksperymentu była ponad dwukrotnie większa (2,31 mg·kg<sup>-1</sup>) w porównaniu z wynikami uzyskanymi w II roku (0,98 mg·kg<sup>-1</sup>). Najwięcej arsenu (średnia z dwóch lat) zanotowano w roślinie testowej zebranej z obiektów nawożonych samym podłożem popieczarkowym (2,43 mg·kg<sup>-1</sup>), w porównaniu z obiektami nawożonymi podłożem i potasem w dawkach K<sub>1</sub> i N<sub>1</sub> (1,68 i 1,44 mg·kg<sup>-1</sup>); azotem w dawkach N<sub>1</sub> i N<sub>2</sub> (1,19 i 1,71 mg·kg<sup>-1</sup>), a także z obiektów, gdzie stosowano uzupełniające nawożenie potasowo-azotowe K<sub>1</sub>N<sub>1</sub> i K<sub>2</sub>N<sub>2</sub> (1,36 i 1,78 mg·kg<sup>-1</sup>). Średnia zawartość arsenu w biomasie życicy zebranej z obiektów nawożonych podłożem popieczarkowym i mineralnie (K<sub>1</sub>,K<sub>2</sub>,N<sub>1</sub>,N<sub>2</sub>, K<sub>1</sub>N<sub>1</sub> i K<sub>2</sub>N<sub>2</sub>) wynosiła 1,50 mg·kg<sup>-1</sup> i była nieco mniejsza niż na obiektach nawożonych obornikiem (1,59 mg·kg<sup>-1</sup>).

Zawartość tytanu (średnia) w próbkach glebowych, z poszczególnych obiektów nawozowych, pobranych po I roku doświadczenia (40 mg·kg<sup>-1</sup>), była znacznie większa niż po II (25,3 mg·kg<sup>-1</sup>) i wykazywała istotne zróżnicowanie w zależności od rodzaju stosowanego nawożenia (tab. 3). Po dwóch latach prowadzenia eksperymentu najwięcej tytanu zakumulowało się w glebie nawożonej podłożem popieczarkowym i mineralnym nawożeniem potasowo-azotowym K<sub>1</sub>N<sub>1</sub> i K<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, odpowiednio: 35,5 i 36,4 mg·kg<sup>-1</sup>, w porównaniu z obiektami nawożonymi podłożem i potasem K<sub>1</sub> i K<sub>2</sub> (32,5 i 33,3 mg·kg<sup>-1</sup>); N<sub>1</sub>N<sub>2</sub> (33,2 i 33,7 mg·kg<sup>-1</sup>), a także z obiektami nawożonymi samym podłożem popieczarkowym (32,0 mg·kg<sup>-1</sup>).

W glebie obiektów nawożonych obornikiem stwierdzona ilość tytanu (29,6 mg·kg<sup>-1</sup>) była mniejsza, w porównaniu z obiektami nawożonymi podłożem popieczarkowym i mineralnym nawożeniem potasowo-azotowym, we wszystkich dawkach.

W większości badanych próbek glebowych zarówno w I i II roku doświadczenia nie wykryto obecności arsenu.

Stwierdzona zawartość tytanu i arsenu w biomacie życicy wielokwiatowej była porównywalna z podanymi przez Kalembasę i Wiśniewską [2004, 2006] we wcześniej prowadzonych badaniach nad wykorzystaniem podłoża popieczarkowego w różnych dawkach.

#### 4. WNIOSKI

1. W biomacie życicy wielokwiatowej uprawianej przez dwa lata, w doświadczeniu wazonowym, nawożonej podłożem po uprawie pieczarki, jako odpadowym materiałem organicznym, stwierdzono większą zawartość tytanu niż arsenu.
2. W testowanej trawie pod wpływem nawożenia samym podłożem popieczarkowym oraz z dodatkiem potasu stwierdzono mniej tytanu a więcej arsenu w porównaniu z nawożeniem obornikiem.
3. Po dwóch latach eksperymentu nieco większą akumulację tytanu stwierdzono w glebie nawożonej podłożem popieczarkowym samym oraz z dodatkowym nawożeniem mineralnym.

#### PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- JANKOWSKI K., CIEPIELA G., JODEŁKA J., KOLCZAREK R. 2004. Możliwość wykorzystania kompostu popieczarkowego do nawożenia użytków zielonych. *Annales UMCS, Sec. E* 59(4): 1763–1770.
- KALEMBASA D., JAREMKO D., WIŚNIEWSKA B., MAJCHROWSKA–SAFARYAN A. 2006. Content of lithium, barium and strontium in organic materials. *Polish J. Environ. Stud.*, 15, 2a, II: 326–38.
- KALEMBASA D., MAJCHROWSKA–SAFARYAN A. 2006. Wpływ uprawy pieczarki na skład chemiczny podłoża. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 512:247–254.
- KALEMBASA D., MAJCHROWSKA–SAFARYAN A. 2009. Zasobność zużytego podłoża z pieczarkarni. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 535: 195–200.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2004. Wykorzystanie podłoża popieczarkowego do rekultywacji gleb. *Rocz. Glebozn.* 15(2): 209–217.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2006. Zmiany składu chemicznego gleby i życicy wielokwiatowej pod wpływem stosowania podłoża popieczarkowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 512: 265–275.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2008. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na zawartość wybranych makroelementów w życicy wielokwiatowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 526: 191–198.
- RUTKOWSKA B., SZULC W., STĘPIEŃ W., JOBDA J. 2009. Możliwość rolniczego wykorzystania zużytych podłoży po produkcji pieczarek. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 535: 349–356.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach.** Dz.U. 2001 r. Nr 62 poz. 628, z późn. zm.