

Beata Wiśniewska-Kadżajan*

**OCENA PRZYDATNOŚCI PODŁOŻA PO UPRAWIE PIECZARKI DO
NAWOŻENIA ROŚLIN**

**ASSESSMENT OF USEFULNESS OF THE SUBSTRATE AFTER
MUSHROOMS GROWING TO PLANT FERTILIZATION**

Słowa kluczowe: podłoże pieczarkowe, składniki pokarmowe, utylizacja, nawożenie, ochrona środowiska.

Keywords: mushrooms substrate, nutrients, utilization, fertilization, environmental protection.

Streszczenie

Rozwój pieczarkarstwa prowadzi do wytworzenia dużej ilości zużytego podłoża, które stanowi odpad wymagający zagospodarowania. Podłoże pieczarkowe ze względu na dużą zawartość substancji organicznej, makro- i mikrośladników pokarmowych, może być wykorzystywane do nawożenia roślin. Rolniczy sposób utylizacji odpadu pieczarkowego jest możliwy pod warunkiem, że jest on pozbawiony szkodników z rodziny grzybiarkowatych oraz grzybów chorobotwórczych i nasion chwastów, odznacza się dobrą sypką konsystencją i tolerowanym ziemistym zapachem. Korzystne właściwości fizykochemiczne podłoża pieczarkowego umożliwiają jego bezpośrednie rolnicze wykorzystanie.

Summary

Development of mushroom production leads to the formation of large amounts of overused substrate, which states the waste requiring disposal. Mushrooms substrate due to the high content of organic matter, macro and micro-nutrients can be used to plants fertilization. Agricultural way of this waste disposal way is possible, when is free of pests from Mycetophilidae family, pathogenic fungi, weed seeds, has good texture and soils tolerated smell. Favorable physicochemical properties of mushrooms substrate allow its direct agricultural use.

* *Dr inż. Beata Wiśniewska-Kadżajan – Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni
Wydział Przyrodniczy, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach,
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce; e-mail: laki@uph.edu.pl*

1. WPROWADZENIE

W Polsce ze względu na duży udział użytków rolnych na glebach lekkich, prowadzenie właściwej gospodarki substancją organiczną w glebach należy do zadań czołowych. Zdaniem Goneta [2004a i b], zawartość materii organicznej większości gleb Polski użytkowanych rolniczo ulega ciągłemu zmniejszeniu.

Do niedawna podstawowym nawozem naturalnym w Polsce, gwarantującym utrzymanie na odpowiednim poziomie zawartości w glebie węgla organicznego, a więc próchnicy, był obornik. Od lat 90-tych ubiegłego wieku ilość tego nawozu zmniejszyła się, co nie zabezpiecza skutecznie możliwości odnawiania się zasobów glebowej materii organicznej [Maćkowiak 1997; Kalembasa i in. 2001, 2004a i b].

Wobec deficytów w możliwości nawożenia naturalnego należy poszukiwać nowych sposobów zwiększania zawartości materii organicznej w glebach uprawnych. Jednym z takich sposobów jest zastąpienie nawozów naturalnych organicznymi materiałami odpadowymi, dopuszczonymi do nawożenia.

Materiałem takim może być podłoże po uprawie pieczarki, tzw. podłoże popieczarkowe [Kalembasa, Wiśniewska 2004, 2008a, b, c].

2. UWARUNKOWANIA PRAWNE GOSPODAROWANIA PODŁOŻEM POPIECZARKOWYM

Rozwój cywilizacyjny społeczeństwa, industrializacja i modernizacja przemysłu oraz produkcja zwierzęca i roślinna sprawiają, że do środowiska przyrodniczego są przekazywane ogromne ilości materiału odpadowego (bioodpadów) o zróżnicowanym składzie chemicznym i różnym stopniu toksyczności. W grupie tych materiałów znajduje się zużyte podłoże po uprawie pieczarek (dalej zwane podłożem pieczarkowym), którego ilość ciągle zwiększa się, zwłaszcza w środkowowschodniej Polsce.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. podłoże po produkcji pieczarek jest zaliczane do grupy odpadów z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności jako „Inny niewymieniony odpad” [Rozporządzenie... 2001]. Roczna ilość tego odpadu w Polsce wynosi około 1500,000 ton. Wykorzystanie podłoża pieczarkowego stwarza jednak problemy producentom pieczarek, ponieważ pieczarkarnie działają zazwyczaj w oderwaniu od gruntów rolnych i nie mają możliwości utylizowania tego odpadu we własnym zakresie [Rutkowska 2009]. Zużyte podłoże pieczarkowe jest uznane za dobry materiał nawozowy i szczególnie cenne źródło substancji organicznej [Kalembasa, Majchrowska-Safaryan 2009a, b, c], jednak jego rolnicze zagospodarowanie wymaga ciągłych badań składu chemicznego i pozostałych właściwości.

Zdaniem Kuczewskiego i Łomatowskiego [2002], podstawową zasadą racjonalnego gospodarowania odpadami organicznymi, których produkcji nie można uniknąć, jest ich wykorzystanie. W polskim ustawodawstwie, zapis ten znalazł swoje odzwierciedlenie w ustawie o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 roku, która w dużym stopniu nawiązuje do unijnych aktów prawnych dotyczących gospodarowania odpadami, głównie do Dyrektywy Rady 1999/31/EC.

Ilość organicznych materiałów odpadowych stosowanych w rolnictwie jest związana ściśle z Dyrektywą azotanową 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 roku, określającą maksymalną dawkę nawozów azotowych, jaka może być zastosowana w ciągu roku na użytkach rolnych. W myśl tej dyrektywy, dawka ta nie powinna przekraczać 170 kg·N ha⁻¹.

3. SKŁAD CHEMICZNY PODŁOŻA POPIECZARKOWEGO

3.1. Uwagi ogólne

Z dotychczas przeprowadzonych badań wynika, że zużyte podłoże po uprawie pieczarek jest dobrym materiałem nawozowym [Kalembasa, Wiśniewska 2001; Kalembasa, Wiśniewska 2004, 2006, 2008a, b, c, 2009a, b, c, d]. Według Kryńskiej i in. [1983] oraz Szudygi [2005, 2009, 2011], prawidłowo przygotowane podłoże popieczarkowe nie powinno zawierać szkodników, grzybów chorobotwórczych i nasion chwastów. Powinno odznaczać się dobrą konsystencją oraz tolerowanym, ziemistym zapachem. Williams i in. [2001] podają, że uzyskanie 1 kg pieczarek, wiąże się z ilością 5 kg zużytego podłoża pieczarkowego.

Różnice występujące w składzie chemicznym podłoży popieczarkowych są związane z technologią ich produkcji oraz wielkością uzyskiwanego plonu pieczarki.

3.2. Makroskładniki

Zadaniem Beyera [1999] i Jordana i in. [2008], podłoże popieczarkowe to w 65-procentach substancja organiczna, która po wprowadzeniu do gleby jest przekształcana w próchnicę. Z badań przeprowadzonych przez Kalembasę i Wiśniewską [2001], Gerritsa [1994] i Beyera [1999] wynika, że odpad popieczarkowy zawiera przeciętnie od 25 – 35% suchej masy.

Tabela 1. Zawartość makroskładników ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w podłożu popieczarkowym [Kalembasa, Wiśniewska 2001]**Table 1.** The content of macroelements ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) in mushroom substrate [Kalembasa, Wiśniewska 2001]

Oznaczany składnik	Zawartość w podłożu popieczarkowym w $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$		
	minimalna	maksymalna	średnia
Substancja organiczna	229,0	505,0	333,4
C	234,0	394,0	286,0
N	6,30	36,5	18,0
P	4,30	29,0	12,2
K	1,60	37,8	15,2
Ca	25,3	102,0	63,5
Mg	1,50	7,60	3,60
Na	0,50	3,30	1,60
S	8,60	57,0	24,8

Maszkwicz [2010] podaje, że w użytym podłożu popieczarkowym zawartość makroelementów w ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$) wynosi: azotu – 8,0; fosforu – 2,5; potasu – 9,7; magnezu – 2,1; siarki – 5,0; wapnia – 22; sodu – 0,8 oraz zawartość mikroelementów w ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$): manganu – 118, miedzi – 15, cynku – 86, boru – 12. Jordan i in. [2008] podają, że w użytym podłożu popieczarkowym, oprócz dużych ilości ogólnych form makropierwiastków, dużą ich ilość stanowią formy przyswajalne. Badania Kalembasy i Wiśniewskiej [2001] dowodzą, że podłoża popieczarkowe cechuje przeważnie obojętny odczyn i stosunek C:N w granicach 13,8:1. Ich zdaniem wąski stosunek C:N w podłożu popieczarkowym jest bardzo korzystny pod względem wartości nawozowej. Wskazuje na przewagę mineralizacji organicznych związków azotu nad ich syntezą, w wyniku czego uwalniają się składniki pokarmowe łatwo dostępne dla roślin, a działanie takiego materiału organicznego po zastosowaniu w glebie jest szybkie i krótkotrwałe.

Z badań Jordana i in. [2008] wynika, że stosunek N: P: K w odpadzie popieczarkowym wynosi 1,2 : 1 : 1,1. Według Uzuna [2004] stosunek ten wynosi 1,9 : 0,4 : 2,4 i uzależniony jest od długości składowania podłoża popieczarkowego. Badania Kalembasy i Wiśniewskiej [2001], nad składem chemicznym podłoży popieczarkowych pochodzących z różnych pieczarkarni powiatu siedleckiego wynika, że stosunek N : P : K wynosi 1 : 0,4 : 08, co wskazuje na wyraźny niedobór fosforu i potasu.

Zróżnicowanie składu chemicznego podłoża popieczarkowego (tab. 1) jest związane z technologią jego produkcji oraz wielkością uzyskiwanego plonu pieczarki [Kalembasa, Wiśniewska 2001]. Najbardziej zmienna jest zawartość fosforu przyswajalnego i wapnia, najmniej – zawartość materii organicznej oraz odczyn [Jordan i in. 2008; Kalembasa, Majchrowska-Safaryan 2009]. Gapiński [1996] podaje, że jeden metr sześcienny podłoża popieczarkowego zawiera taką ilość składników pokarmowych, jaka znajduje się w 2–3 m^3 świeżego obornika bydłowego.

Według Białej [2000] w pierwszym roku po zastosowaniu podłoża popieczarkowego rośliny są w stanie wykorzystać 20–25% zawartego w tym podłożu azotu, 20–40% fosforu i 65–85% potasu. Dlatego należy pamiętać o uzupełniającym nawożeniu mineralnym.

3.3. Mikroskładniki

Jak wynika z badań Kalembasy i Wiśniewskiej [2001], zawartości mikropierwiastków i metali ciężkich w podłożach po produkcji pieczarek (tab. 2) mogą wahać się w bardzo szerokich granicach, co jest uwarunkowane w dużej mierze składem chemicznym surowców użytych do produkcji podłoża do uprawy pieczarki, technologią produkcji oraz z wielkością uzyskiwanego plonu pieczarki. Kalembasa i Wiśniewska [2004, 2011], badając wpływ podłoża popieczarkowego na skład chemiczny gleby i życia wielokwiatowej stwierdziły, że podłoże to w swoim składzie zawiera znaczne ilości mikroelementów, które wzbogacają ten odpadowy materiał organiczny, a zawartość w tym podłożu metali ciężkich przeważnie nie przekracza ilości dopuszczalnych przy stosowaniu tego odpadu do nawożenia gleb. [Kalembasa i in. 2006, 2009a]. Jankowski i in. [2005] stwierdzili, że podłoże popieczarkowe odznaczała większa zawartość manganu i cynku niż w oborniku. Wuest i Fahy [1991] podają, że podłoże popieczarkowe zawiera znacznie mniej metali ciężkich niż osady ściekowe, co pozwala na wykluczenie tych osadów z klasyfikacji jako substancje niebezpieczne.

Kalembasa i Majchrowska-Safaryan [2006] wykazały, że zawartość metali ciężkich zwiększała się w podłożach popieczarkowych, w porównaniu do samych podłoży wyjściowych, na skutek uwalniania ich z okrywy podczas cyklu uprawy.

Tabela 2. Zawartość mikropierwiastków i metali ciężkich ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w podłożu popieczarkowym [Kalembasa, Wiśniewska 2001]

Table 2. The content of microelements ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in mushroom substrate [Kalembasa, Wiśniewska 2001]

Oznaczany składnik	Zawartość w podłożu popieczarkowym w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$		
	minimum	maksimum	średnia
Fe	492,0	19600	4494,5
Mn	103,0	687,0	336,8
Mo	0,29	5,01	2,13
B	27,9	91,3	47,7
Zn	36,5	486,0	168,1
Cr	3,00	15,0	5,80
Cu	15,2	93,5	45,0
Pb	1,33	24,4	6,50
Ni	1,19	34,9	13,3
Cd	0,13	0,95	0,49

4. ROLNICZA UTYLIZACJI PODŁOŻA POPIECZARKOWEGO

Zdaniem wielu autorów [Kalembasa, Wiśniewska 2004, 2006; Kalembasa, Majchrowska-Safaryan 2009b] zużyte podłoże pieczarkowe jest dobrym materiałem nawozowym i szczególnie cennym źródłem substancji organicznej. Rolnicze zagospodarowanie tego odpadu wymaga jednak badań dotyczących jego składu chemicznego i właściwości.

Podłoża pieczarkowe stanowią cenne źródło materii organicznej, która decyduje w znacznym stopniu o fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwościach gleb. Wytworzona z materii organicznej próchnica poprawia strukturę gleb mineralnych, przyczyniając się do agregacji gleb lekkich i rozluźniając strukturę gleb ciężkich. Gleba strukturalna jest łatwiejsza w uprawie, zapewnia lepsze kiełkowanie nasion i rozwój korzeni na większych głębokościach [Gonet 2004a]. Strukturalność gleby zwiększa także zdolności sorpcyjne środowiska glebowego.

Rolnicza utylizacja podłoża pieczarkowego, przy maksymalnym wykorzystaniu zawartych w nim składników pokarmowych dla roślin oraz uwzględnieniu wymagań ochrony środowiska, wydaje się być najbardziej słuszną. Podłoże pieczarkowe zastosowane jako nawóz dostarcza składniki pokarmowe o różnej dostępności dla roślin. W wyniku procesów mineralizacji tego materiału mogą być one stopniowo uwalniane do roztworu glebowego i stąd pobierane przez rośliny [Kalembasa, Wiśniewska 2004, 2006]. Zaletą podłoża pieczarkowego wykorzystywanego w ogrodnictwie czy rolnictwie, jest dość duża przyswajalność zawartych w nim składników mineralnych przez rośliny, w dwóch pierwszych latach po zastosowaniu. Z nielicznych publikacji [Drzał i in. 1995; Kalembasa, Wiśniewska 2004, 2006; Maszkiewicz 2010] wynika, że zastosowanie podłoża pieczarkowego do nawożenia przyniosło korzystne efekty w postaci istotnych przyrostów plonów uprawianych roślin.

Zdaniem Rutkowskiej [2009] najbardziej powszechnym sposobem zagospodarowania podłoża pieczarkowego w Polsce powinno być jego wykorzystanie do celów nawozowych w rolnictwie i ogrodnictwie, a także do kompostowania z dodatkiem różnych odpadowych materiałów organicznych, takich jak osady ściekowe i inne. Podkreśla jednakże konieczność badania składu chemicznego podłoża pieczarkowego, a także potrzebę analizy gleby przed jego zastosowaniem.

Badania prowadzone przez Martyniak-Przybyszewską i Wierzbicką [1996] wskazują na wpływ podłoża pieczarkowego na zwiększenie plonu pomidorów i ogórków. Jankowski i in. [2004] oraz Rak i in. [2001] wykazali wpływ podłoża pieczarkowego na zwiększenie plonowania runi łąkowej i poprawę składu botanicznego runi, w wyniku zwiększania w runii udziału takich gatunków traw jak kupkówka pospolita czy kostrzewa łąkowa, a także udział roślin motylkowatych oraz ziół. Ciepela i in. [2007] wykazali wpływ nawożenia odpadem pieczarkowym na zwiększenie zawartości cukrów w trawach w porównaniu do nawożenia obornikiem czy wermikompostem. Podkreślają również, że mogą one być wykorzystywane w nawożeniu, co przyczyni się do rozwiązania problemu z ich utylizacją.

Zdaniem Jankowskiego i in. [2004] ekonomicznym uzasadnieniem stosowania w nawożeniu podłoża popieczarkowego jest jego łatwa dostępność, zwłaszcza w regionie podlaskim. Polat i in. [2009] wykazali możliwość stosowania podłoża popieczarkowego do nawożenia gleb cięższych jesienią, przed siewem lub sadzeniem roślin na glebach lżejszych wiosną, do ściółkowania gleb w sadach, plantacjach truskawki i warzyw, a także do przygotowania podłoża do produkcji rozsady.

Najlepszym terminem stosowania podłoża popieczarkowego jest jesień lub wczesna wiosna. Uzun [2004] nie zaleca stosowania podłoża popieczarkowego w początkowych fazach wzrostu roślin, ponieważ czasem jego wysokie zasolenie może negatywnie wpływać na wegetację młodych i delikatnych roślin. Podobnie Polat i in. [2009] twierdzą, że mankamentem podłoża może być czasami dość duża zawartość rozpuszczalnych soli, które powodują zasolenie gleb uprawnych i wpływają negatywnie na wzrost i rozwój roślin, szczególnie w uprawach szklarniowych.

Dotychczasowe badania jednoznacznie wykazały, że nawozowe stosowanie podłoża popieczarkowego korzystnie wpływa na fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleby, a także roślin uprawnych [Kalembasa, Wiśniewska 2006, 2009]. Odpad ten może zawierać do 20% wapna nawozowego, a więc posiada także właściwości odkwaszające glebę. Z tego też względu podłoże popieczarkowe polecane jest do nawożenia, zwłaszcza gleb lekkich, piaszczystych i kwaśnych, a więc charakterystycznych dla większości obszaru Polski [Gapiński 1996; Gapiński i Woźniak 1999]. Duża zmienność zawartości wapnia zmusza każdorazowo do badania składu chemicznego podłoża popieczarkowego [Jordan i in. 2008].

Stosowanie w praktyce podłoża popieczarkowego, powinno uwzględniać potrzeby nawozowe uprawianych roślin (tab. 3). Chociaż zawartość podstawowych składników pokarmowych w odpadzie popieczarkowym bardzo często jest większe niż w oborniku, należy pamiętać że nie są one odpowiednio zbilansowane i w ilościach wystarczających na pokrycie potrzeb nawozowych uprawianych roślin. Zagadnienia te są ściśle związane z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej [Szudyga 2005].

Tabela 3. Dawki podłoża popieczarkowego ($t \cdot ha^{-1}$) pod wybrane rośliny uprawne

Table 3. The doses of mushroom substrate ($t \cdot ha^{-1}$) for agricultural plants

Roślina	Dawka w $t \cdot ha^{-1}$
Zboża	15 – 20
Ziemniaki	20 – 30
Buraki cukrowe i pastewne	30 – 40
Kukurydza	30 – 40
Uprawy warzywnicze	15 – 25
Użytki zielone, pastwiska	15 – 20

Zdaniem Anona [2000] dawka podłoża popieczarkowego jest uzależniona od wielu czynników, m.in. od zawartości w nim składników pokarmowych, wymagań uprawianych

roślin, warunków glebowych, topografii terenu oraz klimatu. Dawka tego odpadu powinna być ściśle uzależniona od wskazań Dyrektywy azotanowej 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 roku, określającej maksymalną dawkę azotu, jaka może być zastosowana w ciągu roku na użytkach rolnych, czyli $170 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Badania Beyera [1999] dowodzą, że podłoże po produkcji pieczarek, po obniżeniu w nim zawartości soli, może w przyszłości częściowo lub całkowicie zastąpić podłoża do produkcji kwiatów, owoców, krzewów ozdobnych, a także innych roślin ogrodniczych, takich jak ogórek, kalafior, pomidor, szpinak, brokuły lub papryka.

Dundar i in. [1995] wykazali korzystny wpływ odpadu popieczarkowego na właściwości pomidorów uprawianych w obiektach szklarniowych, przez poprawę ich jędrności i zawartości kwasu askorbinowego. Badania Steffena i in. [1994] wykazały korzystniejszy wpływ podłoża popieczarkowego na plon warzyw w trzech kolejnych okresach wegetacyjnych niż nawożenia mineralnego.

Jordan i Mullen [2007] sugerują, że może być ono wykorzystywane jako ściółka do uprawy sadzonek ozdobnych kwiatów i warzyw oraz w celu przyspieszenia zadarniania nowo posianych trawników, poprawy fizycznych i chemicznych właściwości gleb.

Guo i Chorover [2004], a także Song i Siu-Wai [2007], zalecają stosowanie podłoża popieczarkowego w uprawie pszenicy (podczas kiełkowania), zwłaszcza przy niedoborze wody, ponieważ posiada ono duże zdolności jej zatrzymywania, a także wywiera korzystny wpływ na wzrost plonu ziarna tego zboża.

Zdaniem Tsaoir i Mansfielda [2000] podłoże popieczarkowe może być używane do ściółkowania sadów jabłoniowych, ponieważ powoduje redukcję poziomu zachwaszczenia, jednocześnie jednak wpływa na zmniejszenie wydajności jabłoni, prawdopodobnie ze względu na zawartość w swoim składzie pewnych ilości związków toksycznych dla roślin.

5. PODSUMOWANIE

Podłoże popieczarkowe jest organicznym materiałem odpadowym bogatym w makro- i mikroskładniki pokarmowe roślin, a zwłaszcza w azot. Do największych zalet podłoża popieczarkowego należą: łatwość stosowania, higieniczna postać, zawartość substancji organicznej, zasobność w makro- i mikroskładniki, możliwość stosowania pod wszystkie rośliny, szybkie działanie, duża przyswajalność zawartych składników pokarmowych.

Podłoże popieczarkowe posiada sypką konsystencję, co ułatwia rozrzucenie po powierzchni ogrodu przydomowego lub pola i wymieszanie z glebą, bez względu na wielkość dawki i termin stosowania. Z tego powodu odpad ten może być użyty z bardzo dobrym skutkiem także na łąki, pastwiska i trawniki. Istotne również jest to, że w obecnej produkcji towarowej pieczarek podłoże wraz z okrywą po zakończonej uprawie pieczarek poddawane jest zawsze termicznej dezynfekcji, w temperaturze do $70\text{--}80^\circ\text{C}$. Dlatego odpad popieczarkowy nie stanowi żadnego zagrożenia dla uprawianych roślin. Ponadto choroby

i szkodniki występujące w uprawie pieczarek nie porażają innych roślin uprawnych. Podobnie pozostałości środków chemicznych, które niekiedy są stosowane tylko profilaktycznie przed zbiorem grzybów, nie stanowią żadnego zagrożenia dla uprawianych później roślin, nawet tych o najkrótszym okresie wegetacji, ponieważ są to środki o wyjątkowo krótkim okresie karencji.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- ANON. 2000. Mushroom Newsletter. Tegasc, Dublin.
- BEYER D. 1999. Spent mushroom substrate. Online. mushroom spawn. cas.psu.edu/spent.htm.
- BIAŁA J. 2000. The use of recycled organics compost in viticulture. Proc. 6th Int. Congress on Organic Viticulture. www.elspl.com.au.
- CIEPIELA G.A., JANKOWSKA J., JANKOWSKI K., KOLCZAREK R. 2007. Wpływ niekonwencjonalnych nawozów organicznych na jakość paszy z łąki trwałej. Fragmenta Agromomica 1(93)14–24.
- DRZAŁ E., KOZAK E., KUCHARSKI B., PODGÓRSKI L., STREB M., SUCHY M., SYNOŚ A. 1995. Fizykochemiczne i mikrobiologiczne zagrożenia środowiska przez odpady. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 138–143.
- DUNDAR O., PAKSOY M., ABAK K. 1995. Quality changes during cold storage of tomato fruits grown in different substrates. First International Symposium on Solanacea for fresh market. 28-31 March, Malaya, Spain.
- Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego.**
- GAPIŃSKI M. 1996. Kompost popieczarkowy. Biuletyn Producenta Pieczarek. Pieczarki, Wyd. Hortpress 3:22–25.
- GAPIŃSKI M., WOŹNIAK W. 1999. Pieczarka: Technologia uprawy i przetwarzania. PWRiL, Poznań: 212–213.
- GERRITS J.P.G. 1994. Composition, use and legislation of spent mushroom substrate in Netherlands. Compost Science and Utilisation 2: 24–30.
- GONET S.S. 2004a. Materia organiczna w strategii ochrony gleb. W: Diagnostyka gleb i roślin w rolnictwie zrównoważonym. Wyd. AP, Siedlce 54: 83–89.
- GONET S.S. 2004b. Problemy ochrony zasobów materii organicznej gleb – uwarunkowania i rekomendacje. W: Metody badań substancji humusowych ekosystemów wodnych i lądowych. Wyd. AR, Szczecin: 7–14.
- GUO M., CHOROVER J. 2004. Solute release from weathering of spent mushroom substrate under controlled conditions. Compost Science and Utilization 12, 3: 225–234.
- JANKOWSKI K., CIEPIELA G.A., JODEŁKA J., KOLCZAREK R. 2004. Możliwość wykorzystania kompostu popieczarkowego do nawożenia użytków zielonych. Annales

- UMCS. 59, 4, 1763–1770.
- JANKOWSKI K., JODEŁKA J., CIEPIELA G. A. 2005. Wpływ nawożenia łąki trwałej kompostem popieczarkowym na zawartość wybranych mikroelementów w runi łąkowej. *Łąkarstwo w Polsce* 8, 81–85.
- JORDAN S.N., MULLEN G.J. 2007. Spent mushroom legislation in Ireland. *Proceedings of Esai. Environ.*: 37–41.
- JORDAN S.N., MULLEN G.J., MURPHY M.C. 2008. Composition variability of spent mushroom compost in Ireland. *Bioreosource Technology* 99: 411–418.
- KALEMBASA D., JAREMKO D., WIŚNIEWSKA B., MAJCHROWSKA-SAFARYAN A. 2006. Content of lithium, barium and strontium in organic materials. *Polish Journal of Environmental Studies* 15, 2a, II: 326–328.
- 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. 2009a. Frakcje metali ciężkich w zużytych podłożach z pieczarkarni. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 41: 572–577.
- KALEMBASA D., MAJCHROWSKA-SAFARYAN A. 2009b. Zasobność zużytego podłoża z pieczarkarni. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 535: 195–200.
- KALEMBASA D., MAJCHROWSKA-SAFARYAN A. 2009c. Rozmieszczenie niklu we frakcjach wydzielonych sekwencyjnie z gleb stoku morenowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 540: 191–200.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2006. Zmiany składu chemicznego gleby i życia wielokwiatowej pod wpływem stosowania podłoża popieczarkowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 512: 265–276.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2004. Wykorzystanie podłoża popieczarkowego do rekultywacji gleb. *Roczniki Gleboznawcze* 55, 2: 209–217.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2008a. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na plon i zawartość wybranych makroelementów w życiu wielokwiatowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 526: 191–198.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2008b. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na zawartość, pobranie i wykorzystanie fosforu przez życie wielokwiatową. W: *Związki fosforu w chemii, rolnictwie, medycynie i ochronie środowiska. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Chemia* 4(1204): 109–114.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2008c. Zawartość K, Ca, Mg, S i Na w różnych materiałach organicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 526: 185–190.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2009a. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na zawartość żelaza, manganu i boru w życiu wielokwiatowej. *Acta Agrophysica* 168, 13(3): 725–732.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2009b. Aluminium, lithium, and cobalt contents in or-

- ganic materials of different origins. *Ecological Chemistry and Engineering* 16(3): 287–291.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2009c. Influence of mushroom substrate on lithium, barium and strontium contents at Italian ryegrass. *Ecological Chemistry and Engineering* 16(4): 357–363.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2009d. Influence of post-champignon subsoil fertilization on lead, cadmium, and nickel contents in Italian ryegrass. *Fresenius Environmental Bulletin* 18, 7: 1100–1102.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2011. Zawartość Ti i As w biomacie trawy i glebie nawożonej podłożem popieczarkowym. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, IOŚ, Warszawa* 49: 533–538.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B., JAREMKO D. 2004a. Zawartość boru, miedzi i cynku w wermikompostach i podłożach popieczarkowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 502, cz.II: 813–818.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B., JAREMKO D. 2004b. Zawartość żelaza i manganu w wermikompostach i podłożach popieczarkowych. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 55 supl.: 163–167.
- KALEMBASA S., KALEMBASA D., SYMANOWICZ B., WIŚNIEWSKA B., PIEŃKOWSKA B. 2001. Zawartość potasu i magnezu w nawozach i materiałach organicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 480: 77–83.
- KALEMBASA S., WIŚNIEWSKA B. 2001. Skład chemiczny podłoża po produkcji pieczarek. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 475: 295–300.
- KRYŃSKA W., MARTYNIAK-PRZYBYSZEWSKA B., WIERZBICKA B. 1983. Próba oceny podłoża popieczarkowego jako kompostu do uprawy pomidorów i ogórków szklarniowych. *Mat. Symp. ART, Olsztyn*: 110–125.
- KUCZEWSKI K., ŁOMATOWSKI J. 2002. Komposty na bazie pomiotu kurzego. *Monografia 27. Zesz. Nauk. AR, Wrocław*: 448.
- MAĆKOWIAK CZ. 1997. Bilans substancji organicznej w glebach Polski. *Biul. Inf. IUNG, Puławy* 5: 14–21.
- MARTYNIAK-PRZYBYSZEWSKA B., WIERZBICKA B. 1996. Ocena wpływu kilku podłoży na plonowanie ogórka szklarniowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 429: 237–240.
- MASZKIEWICZ J. 2010. Zużyte podłoże popieczarkowe jako nawóz i paliwo. W: *Pieczarki. Biuletyn Producenta Pieczarek. Wyd. Hortpress* 1: 59–60.
- POLAT E., UZUN I.H., TOPCUOĞLU B., ÖNAL K., ONUS A.N., KARACA M. 2009. Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis dativus* L.) grown in greenhouses. *African J. of Biotechnology* 8, 2: 176–180.
- RAK J., KOC G., JANKOWSKI K. 2001. Zastosowanie kompostu popieczarkowego w regeneracji runi łąkowej zniszczonej pożarem. *Pam. Puł.* 125: 401–408.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu

- odpadów** (Dz. U. Nr 112, poz. 1206).
- RUTKOWSKA B. 2009. Możliwości rolniczego wykorzystania zużytych podłoży po produkcji pieczarek. Odpady w kształtowaniu i inżynierii środowiska. Polska Akademia Nauk Wydziału Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 535: 349–354.
- SONG L., SIU-WAI CH. 2007. Dual roles of spent mushroom substrate on soil improvement and enhanced drought tolerance of wheat *Triticum aestivum*. International Conferences, 3rd QLIF Congress. Crop production, soil management. Germany 20–23. March.
- STEFFEN K.L., DANN M.S., FAGER K., FLEISHER S.J., HARPER J.K. 1994. Short-term and long – term impact of an initial large scale SMS soil amendment on vegetable crop productivity and resource use efficiency. *Compost Science and Utilization* 24, 4: 75–83.
- SZUDYGA K. 2005. Podłoża do uprawy pieczarki. W: *Uprawa pieczarki*. Wyd. Hortpress, 73–74.
- SZUDYGA K. 2009. Jakość. W: *Pieczarki*. Biuletyn Producenta Pieczarek. Wyd. Hortpress 1: 12–13.
- SZUDYGA K. 2011. Ja pieczarka. W: *Pieczarki*. Biuletyn Producenta Pieczarek. Wyd. Hortpress 1: 8–13.
- TSAOIR S.M., MANSFIELD J. 2000. The potential for spent mushroom compost as a mulch for weed control in bramley orchards. *Proc. Conf. Integrated Firut production. ACTA HORT*: 427–429.
- Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. z późniejszymi zmianami** (Dz. U. 01.62. 628).
- UZUN I. 2004. Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 157–165.
- WILLIAMS B.C., MCMULLAN S., MCCAHEY S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresource Technology* 79: 227–230.
- WIŚNIEWSKA-KADŻAJAN B. 2012. Oddziaływanie podłoża popieczarkowego i nawożenia mineralnego NPK na plon i zawartość białka w życicy wielokwiatowej. *Fragm. Agron.* (w druku).
- WUEST P.J., FAHY H.K. 1991. Spent mushroom compost. *Traitis and Uses. Mushromm News* 39 (12): 9–15.