

POSSIBILITY TO USE THE SPENT MUSHROOM SUBSTRATE IN SOIL FERTILIZATION AS ONE OF ITS DISPOSAL METHODS

Summary

Production of mushroom is a branch of agriculture intensively growing in the world and Poland. This production introduces into natural environment a large spent mushroom substrate waste that requires utilization. Agricultural and non-agricultural disposal of the spent mushroom substrate, is possible when it is secured in a suitable manner, minimizes the risk of transmission of pests, fungi, bacteria, viruses, and weed seeds. After application into the soil SMS improves its physical properties and increases the content of macro- and microelements.

Key words: spent mushroom substrate, cultivated soils, utilization, environmental protection

MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA PODŁOŻA PO PRODUKCJI PIECZARKI W NAWOŻENIU GLEB JAKO JEDEN ZE SPOSOBÓW JEGO UTYLIZACJI

Streszczenie

Pieczarkarstwo jest gałęzią rolnictwa intensywnie rozwijającą się na świecie i Polsce, która wprowadza do środowiska przyrodniczego duże ilości zużytego podłoża stanowiącego odpad wymagający zagospodarowania. Rolniczy, a także pozarolniczy sposób utylizacji podłoża popieczarkowego, jest możliwy wówczas, gdy jest ono w odpowiedni sposób zabezpieczone; zminimalizowane jest ryzyko przeniesienia szkodników, grzybów chorobotwórczych, bakterii, wirusów i nasion chwastów. Po wprowadzeniu do gleby poprawia jej właściwości fizyczne oraz wpływa na zwiększenie zawartości makro- i mikroelementów.

Słowa kluczowe: podłoże popieczarkowe, gleby uprawne, utylizacja, ochrona środowiska

1. Wprowadzenie

Przeprowadzone dotychczas w Polsce badania gleb intensywnie użytkowanych rolniczo pokazują, że zawartość w nich materii organicznej sukcesywnie ulega zmniejszeniu. Konieczne staje się wprowadzanie do gleb coraz większej ilości nawozów naturalnych i organicznych, które wpływają na poprawę właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych zwłaszcza ornych poziomów próchnicznych [11]. Wobec deficytowego nawożenia naturalnego, coraz powszechniej wykorzystywane są odpadowe materiały organiczne, w tym podłoże po uprawie pieczarki (popieczarkowe). Ma to szczególne uzasadnienie, zwłaszcza w rejonie obecnego centrum uprawy tego grzyba (Siedlce – Łosice), we wschodniej części województwa mazowieckiego [23, 24, 49]. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 2001 roku podłoże po produkcji pieczarek wliczone jest do grupy odpadów z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności jako „Inne nie wymienione odpady” [36]. Szacuje się, że roczna ilość tego odpadu w Polsce wynosi około 1.500,000 ton i ciągle rośnie. Duże ilości podłoża popieczarkowego powstające w cyklu uprawy, stwarzają problemy producentom pieczarek, ponieważ pieczarkarnie, zazwyczaj działają w oderwaniu od uprawy gruntów rolnych i nie mają możliwości utylizowania go we własnym zakresie [37].

Zużyte podłoże pieczarkowe jest potencjalnie dobrym materiałem nawozowym i szczególnie cennym źródłem substancji organicznej [15, 21, 23, 24]. Nawożenie gleb, jako jeden ze sposobów utylizacji podłoża popieczarkowe-

go, przy uwzględnieniu zasad ochrony środowiska, wydaje się być jak najbardziej racjonalnym.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono możliwości zagospodarowania (utylizacji) zwiększających się ilości podłoża po produkcji pieczarki, trafiających do środowiska, w nawożeniu gleb uprawnych.

2. Normatywy prawne gospodarowania podłożem po produkcji pieczarki

W chwili przystąpienia Polski do Unii Europejskiej wdrożone zostały nowe normy prawne postępowania z odpadami. Podłoże popieczarkowe jako odpad z grupy odpadów z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności jako „Inne nie wymienione odpady” [36] podlega wymaganiom postępowania zgodnego z normami prawnymi [23, 24, 31, 44]. Ilość wprowadzanych do gleby odpadowych materiałów organicznych związana jest ściśle z Dyrektywą azotanową 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 roku [8], w myśl której maksymalna dawka nawozów azotowych, która może być zastosowana w ciągu roku na użytkach rolnych nie powinna przekraczać 170 kg N·ha⁻¹. Globalny rozwój społeczeństwa oraz intensyfikacja produkcji roślinnej i zwierzęcej, przyczynia się do wprowadzania do środowiska przyrodniczego ogromnych ilości bioodpadów o zróżnicowanym składzie chemicznym i różnej toksyczności. Kuczewski i Łomatowski [26] podają, że podstawową zasadą gospodarowania odpadami, których produkcji nie można uniknąć, jest ich właściwe i bezpieczne wykorzystanie, a gdy jest to niemożliwe należy poddać je unieszkodliwieniu poprzez składowanie. W polskim

ustawodawstwie, akt ten został zawarty w Ustawie o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 roku [44].

3. Skład chemiczny oraz wybrane właściwości podłoża przed i po cyklu uprawy pieczarki

Intensywny rozwój uprawy pieczarki spowodował, że roczna produkcja tego grzyba w ostatnich latach kształtowała się na poziomie 250-300 tys. ton, co plasuje nasz kraj na I miejscu w Europie i III na świecie [41, 42]. Kiedyś uprawa pieczarek miała charakter sezonowy. Nie prowadzono jej latem z powodu upałów. Obecnie dzięki unowocześnieniu wielkotowarowych pieczarkarni zapewniona jest ciągłość produkcji. Można z tej samej powierzchni uzyskać w skali roku większe zbiory. Wysoka jakość podłoża pozwoliła na uprawę pieczarek o większych owocnikach, które w ciągu kilku dni po dokonaniu zbioru nie tracą świeżości. Popyt na pieczarki ciągle rośnie, ponieważ mają one nie tylko walory smakowe, ale zawierają m.in. duże ilości soli mineralnych, a także witaminy z grupy B.

W Polsce podłoże do uprawy pieczarki sporządza się obecnie z dobrej jakości słomy zbóż ozimych (głównie pszenicy, pszenżyta), pomiotu drobiowego, gipsu i wody. Jest to tzw. podłoże zastępcze. Zastępuje ono klasyczny surowiec do produkcji podłoża – nawóz koński, którego ilości są bardzo ograniczone w naszym kraju. Podłoże fazy III, na którym uprawia się pieczarkę białą (*Agaricus bisporus* L.) w nowoczesnych pieczarkarniach jest na ogół produkcji krajowej. Podstawową cechą materiału produkowanego w Polsce jest duże zróżnicowanie w zależności od komponentów użytych do jego produkcji. Sakson [38] podaje, że prawidłowo przygotowane podłoże powinno charakteryzować się: wilgotnością na poziomie 65-67%, wartością pH wynoszącą 6,2-6,4, zawartością azotu 2,2-2,4%, kolorem ciemno ceglastoczerwonym oraz zapachem razowego chleba i grzybni; powinno być równo przerośnięte grzybnią,

także wewnątrz źdźbeł słomy, a okres przerastania nie powinien być dłuższy niż 15-17 dni. Powinno być powtarzalne oraz wolne od grzybów konkurencyjnych i ich zachowań agresywnych.

Produkcja podłoża do uprawy pieczarki pozostaje w ścisłym związku ze środowiskiem naturalnym otaczającym człowieka, gdyż wykorzystuje i jednocześnie utylizuje odpady pochodzące z produkcji rolnej (pomiot drobiowy, słome) oraz przemysłu (gips z elektrofiltrów lub produkcji nawozów fosforowych). Proces produkcji podłoża może wpływać także niekorzystnie na środowisko, emitując amoniak i odory, poprzez niekontrolowany wypływ gnojówki. Wydzielane odory (siarkowodór H₂S, amoniak NH₃, CH₄) towarzyszą głównie transportowi, rozładunkowi, przechowywaniu i mieszaniu pomiotu drobiowego. Współczesne kompostownie nie powinny przekraczać norm emisji po wprowadzeniu systemu napowietrzania podłoża i gnojówki [38].

Okrywa jest istotnym elementem w uprawie pieczarek. Warstwa 5-6 cm okrywy nakładana jest na powierzchnię ułożonego podłoża na półce. Stanowi ona rezerwar wody dla owocników oraz jest niezbędna do ich uzyskania.

Pomimo spełnienia sanitarnych warunków uprawy, w pieczarkarniach występują groźne choroby (wirusowe, bakteryjne, grzybowe), które często zagrażają powodzeniu całej uprawy. Choroby te w trakcie procesu produkcyjnego przenoszone są na podłoże pieczarkowe, dlatego szczególnie istotna jest odpowiednia dezynfekcja termiczna hal produkcyjnych.

Podłoże popieczarkowe stanowi masę organiczną, która w glebie przekształcana jest w próchnicę. Zróżnicowanie składu chemicznego podłoża związane jest z technologią jego produkcji, jak również z wielkością uzyskiwanego plonu pieczarki (tab. 1).

Tab. 1. Zawartość składników nawozowych w podłożu przed i po uprawie pieczarki oraz w okrywie [22, 23, 24]
Table 1. The content of nutrients in the mushroom substrate before and after cultivation and in the pile [22, 23, 24]

Składnik nawozowy <i>Nutrients</i>	Jednostka <i>Unit</i>	Zawartość składników / <i>Content of nutrients</i>		
		podłoże przed uprawą pieczarki*	podłoże po uprawie pieczarki SMS	okrywa <i>pile</i>
substancja organiczna / <i>organic matter</i>	% s.m.	33,0	31,0	19,9
Corg	g·kg ⁻¹	345	290	276
N		24,3	20,2	13,5
P		8,98	5,45	1,10
K		21,4	14,8	0,34
Ca		51,4	105	155
Mg		4,10	3,74	2,09
Na		2,89	1,63	0,08
Fe		1204	3473	7569
Mn	mg·kg ⁻¹	220	253	274
Mo		2,10	2,18	0,90
B		20,3	15,5	12,5
Zn		122	110	10,8
Cr		3,57	5,80	2,80
Cu		26,6	16,7	9,53
Pb		6,60	4,70	10,6
Ni		6,50	5,18	3,57
Cd		2,79	3,13	12,8

SMS – spent mushroom substrate, *bead before mushroom cultivation

Największej zmienności podlega zawartość fosforu przyswajalnego i wapnia, najmniejszej - zawartość materii organicznej oraz odczyn [19, 24]. Zużyte podłoże (popieczarkowe) zawiera w swoim składzie chemicznym ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$): azot - 8,0; fosfor - 2,5; potas - 9,7; magnez - 2,1; siarkę - 5,0; wapń - 22; sód - 0,8 oraz mikroelementy ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$): mangan - 118, miedź - 15, cynk - 86, bor - 12 [30]. Jordan i in. [19] badając zużyte podłoża popieczarkowe stwierdzili, że zawierają one w swoim składzie znaczne ilości materii organicznej oraz przyswajalnych składników pokarmowych. Ponadto charakteryzują się odczynem obojętnym, korzystnym pod względem nawozowym stosunkiem C:N, niską zawartością metali ciężkich, a stosunek N: P: K wynosi 1,2: 1: 1,1. Według Uzuna [45] stosunek ten kształtuje się na poziomie 1,9: 0,4: 2,4 i uzależniony jest przede wszystkim od długości zalegania podłoża popieczarkowego na kompostowni. Gapiński [10] podaje, że jeden metr sześcienny odpadu pieczarkowego zawiera taką ilość składników pokarmowych, jaka znajduje się w 2-3 m^3 świeżego obornika bydłowego. Kalembasa i Wiśniewska [25] oraz Kalembasa i Majchrowska-Safaryan [23, 24] stwierdziły, że podłoża popieczarkowe zawierają w swoim składzie znaczne ilości mikroelementów, natomiast zawartość metali ciężkich jest bardzo zróżnicowana i zależy głównie od składu chemicznego komponentów użytych do ich produkcji. Zawartości te przeważnie nie przekraczają ilości dopuszczalnych przy stosowaniu nawozowym tego odpadowego materiału w rolnictwie [36]. Wuest i Fahy [50] podają, że podłoża popieczarkowe zawierają znacznie mniej metali ciężkich, niż osady ściekowe, co pozwala na wykluczenie ich z klasyfikacji jako substancje niebezpieczne. Kalembasa i Majchrowska - Safaryan [22] 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. Według Hogga i in. [16] maksymalna zawartość kadmu w podłożach pieczarkowych, stosowanych w nawożeniu gleb w Irlandii, nie może przekraczać $1,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

4. Rolnicze i pozarolnicze możliwości zagospodarowania podłoża popieczarkowego

Najbardziej powszechnym sposobem zagospodarowania zwiększających się ilości podłoża popieczarkowego w Polsce, powinno być jego wykorzystanie do celów nawozowych w rolnictwie i ogrodnictwie, a także kompostowanie z dodatkiem różnych odpadowych materiałów organicznych [37, 49].

Z nielicznych krajowych i zagranicznych badań, nad wykorzystaniem podłoża po uprawie pieczarki w nawożeniu gleb uprawnych wynika, że stosowanie podłoża popieczarkowego korzystnie wpływa na fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleby [25], a także rośliny uprawne [20, 40]. Poprawia ono strukturę gruzelkową, a dzięki właściwościom hydrofilowym zwiększa ilość zatrzymywanej wody w glebie [2]. Odpad ten posiada właściwości odkwaszające, gdyż może zawierać do 20% wapna nawozowego. Z tego też względu zalecany jest do nawożenia, zwłaszcza gleb lekkich, piaszczystych i kwaśnych, a więc charakterystycznych dla większości obszaru Polski [10]. Stosowanie podłoża popieczarkowego w praktyce, powinno uwzględniać potrzeby nawozowe uprawianych roślin, dotyczące głównie azotu i fosforu, a także zawartość tych makroelementów w glebie [1]. W zużytym

podłożu około 94% azotu znajduje się formie organicznej [1, 40]. Po wprowadzeniu go do gleb, w okresie pięciu lat około 30% azotu ulega mineralizacji. Mikroorganizmy przekształcają azot organiczny w formy mineralne, przyswajalne przez rośliny. W pierwszym roku tempo mineralizacji wynosi 15%, w drugim 8%, w trzecim 4%, w czwartym i piątym 1-2% [43].

Z uwagi na korzystny wpływ podłoża po produkcji pieczarek na właściwości gleb, a także plonowanie roślin, aż 72% tego odpadu, powstającego np. w Irlandii i znaczące ilości odnotowane w Hiszpanii wykorzystuje się przyrodniczo [15, 29]. Travis i in. [43] podają, że przy zastosowaniu do gleby dawki $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, podłoże popieczarkowe dostarcza $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ azotu.

Duggan i in. [6] zalecają, aby po zastosowaniu podłoża popieczarkowego pod pszenicę, w pierwszym roku uprawy uzupełnić je dodatkowym nawożeniem azotowym. Ilość stosowanego podłoża popieczarkowego uzależniona jest głównie od zawartości w nim składników pokarmowych, wymagań roślin, które mają być uprawiane (tab. 2), a także lokalnych warunków glebowych, topografii terenu oraz klimatu [1, 19]. Rhoads i Olson [35] sugerują, że optymalna dawka podłoża pieczarkowego dla większości roślin uprawnych wynosi $44,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tab. 2. Dawki podłoża popieczarkowego ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) i fosforu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) stosowane pod wybrane rośliny uprawne [28]
Table 2. The doses of spent mushroom substrate ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) and phosphorus ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) used in fertilization of selected plants [28]

Roślina Plant	SMS $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	P $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$
zboża - cereals	5	20
ziemniaki - potatoes	15	60
buraki cukrowe - sugar beet	8	30
kukurydza - maize	4	15
kapustne - brassicas	5	20
użytki zielone, pastwiska - grassland	3	12,5

SMS – podłoże po uprawie pieczarki; spent mushroom substrate

Badania przeprowadzone przez Dallona [5] wskazują, że pod wpływem stosowania podłoża popieczarkowego w glebach użytków zielonych zwiększyła się zawartość N - NO_3 , potasu i magnezu. Niekorzystną właściwością 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 [32]. Zasolenie to spowodowane jest głównie dodatkami siarczanów wapnia podczas produkcji podłoża fazy III, a także jego dużymi zdolnościami sorpcyjnymi. Na zwiększenie ilości rozpuszczalnych soli, wpływa również doraźne stosowanie chlorku sodu, mające na celu powstrzymanie rozwoju ognisk chorób grzybowych pojawiających się w trakcie uprawy.

Podłoże popieczarkowe, w nawożeniu gleb ciężkich powinno być stosowane jesienią, gleb lżejszych wiosną przed siewem i sadzeniem roślin; zaleca się również jego stosowanie do ściółkowania gleb w sadach, plantacjach truskawki i warzyw oraz do przygotowania podłoża do produkcji rozsady [32]. W zimniejszych warunkach klimatycznych powinno być stosowane jesienią, przed zamrożeniem gleby. Podłoże popieczarkowe jest sypkie, co ułatwia mechaniczne rozrzucanie go po powierzchni pola i wymieszanie z glebą, bez względu na wielkość dawki i termin sto-

sowania. Według Uzna [45] nie należy stosować podłoża pieczarkowego w początkowych fazach wzrostu roślin, gdyż jego zasolenie może wpływać na zahamowanie wegetacji młodych i delikatnych roślin. W przypadku zastosowania podłoża pieczarkowego pod pszenicę oszczędności na nawozach sztucznych, przy plonie 9 t·ha⁻¹, wynoszą nawet 150-180 euro. W rejonie podlaskim ekonomicznym uzasadnieniem stosowania podłoża pieczarkowego w nawożeniu, jest jego łatwa dostępność [17].

Na świecie, a szczególnie w Irlandii, pojawiają się coraz to nowe koncepcje wykorzystania podłoża pieczarkowego w gospodarce. Jordan i Mullen [18] sugerują, że może być ono wykorzystywane jako ściółka, do uprawy sadzonek ozdobnych kwiatów i warzyw, w celu przyspieszenia zadarniania nowo posianych trawników, poprawy fizycznych i chemicznych właściwości gleb. W Hiszpanii Herrero-Hernandez i in. [15] badając gleby winnic, stwierdzili korzystny wpływ podłoża pieczarkowego na poprawę ich właściwości.

Gracia-Gomez i in. [12] podają, że jest to materiał, który może być używany do rekultywacji terenów zanieczyszczonych związkami chemicznymi. Enzymy występujące w podłożach pieczarkowych wpływają korzystnie na przyspieszenie rozkładu takich substancji jak DDT, a także różnego rodzaju barwników chemicznych.

Podłoże pieczarkowe jest także materiałem energetycznym. Według Mahera i in. [27] oraz Williamsa i in. [48] kaloryczność próbek podłoży wynosi od 3,2 do 4,6 MJ kg. W literaturze światowej można znaleźć informacje, o zastosowaniu podłoży jako pożywienia dla zwierząt gospodarskich i ryb, gdyż zawierają w swoim składzie bioaktywne składniki odżywcze i enzymy, które działają jako naturalne antyoksydanty i środki przeciwzapalne [39]. Zapobiegają one chorobom przewodu pokarmowego u zwierząt, szczególnie przeżuwaczy. Podłoże pieczarkowe wpływa korzystnie na poprawę właściwości uzyskiwanych płodów rolnych. Dundar i in. [7] stwierdzili, że w wyniku nawożenia gleby podłożem pieczarkowym, w obiekcie szklarniowym poprawiła się jędrność pomidorów oraz zawartość kwasu askorbinowego w owocach.

Nawożenie podłożem pieczarkowym może mieć również korzystny wpływ na zdrowotność roślin ograniczając występowanie niektórych chorób i szkodników. Zaobserwowano, że dodanie substratu pieczarkowego do podłoża glebowego w uprawach pod osłonami, wpłynęło na ograniczenie porażenia roślin pomidora przez grzyby glebowe z rodzaju *Pythium* [34] i *Fusarium* [14], a w przypadku ogórka hamowało rozwój czarnej zgnilizny dyniowatych [9]. Opryskiwanie drzew jabłoni wodnym ekstraktem podłoża pieczarkowego wpływało na istotne ograniczenie

porażenia liści przez grzyba *Venturia inaequalis*, sprawcę parcha jabłoni. W warunkach *in vitro* powyższy ekstrakt wywierał silny inhibicyjny wpływ na kiełkowanie zarodników tego grzyba [3, 51].

Według Wermy [46, 47] nawożenie gleby podłożem pieczarkowym wpłynęło na ograniczenie populacji nicieni *Meloidogyne incognita*, zasiedlających system korzeniowy pomidorów. W obiekcie, gdzie zastosowano podłoże pieczarkowe, liczebność nicieni była niższa niż w kombinacji, gdzie do zwalczania szkodników użyto tradycyjnych nematocydów [46].

Oprócz bezpośredniego wykorzystywania świeżego podłoża pieczarkowego w nawożeniu gleb, istnieje także możliwość jego kompostowania razem z innymi odpadami organicznymi [31, 33, 45]. Obecnie na świecie kompostowanie jest jedną z najczęściej stosowanych metod zagospodarowania odpadów po produkcji pieczarek. Uzyskany w ten sposób materiał jest pod względem cech fizycznych i biologicznych zbliżony do próchnicy i stanowi wartościowy nawóz organiczny. Właściwości fizyczne podłoża pieczarkowego mogą jednak ulegać zmianie, w zależności od długości okresu kompostowania [13] (tab. 3). Nizewski i in. [31] badali możliwość kompostowania podłoża pieczarkowego z dodatkiem osadu ściekowego i gnojowicy oraz uzyskania fazy termofilnej, niezbędnej do wystąpienia efektu pasteryzacji i zminimalizowania zagrożeń sanitarnych, występujących w materiałach wyjściowych.

Dach i in. [4] podają, że proces ten mógłby w wyniku wystąpienia fazy termofilnej być alternatywą dla kosztownej dezynfekcji termicznej podłoża pieczarkowego. Stwierdzono, że najlepszą do kompostowania jest mieszanka zawierająca w swoim składzie (w % świeżej masy): gnojowicę trzody chlewnej 20%, pomiot drobiowy 26%, zużyte podłoże pieczarkowe 26%, łupiny kakao 18% oraz wilgotny papier 10%. Uzyskany w ten sposób nawóz poddawany jest granulacji, w którym stosunek N: P: K wynosi 10: 3: 6.

5. Podsumowanie

W ostatnich latach w Polsce, a w szczególności w jej części środkowowschodniej, obserwuje się bardzo dynamiczny rozwój uprawy oraz wdrażania i unowocześniania technologii produkcji pieczarki białej. Rozwój ten sprawia, że do środowiska wprowadzane są znaczne ilości zużytego podłoża pieczarkowego, który stwarza problemy producentom pieczarek z jego bezpiecznym zagospodarowaniem i utylizacją.

Tab. 3. Zmiany fizycznych właściwości podłoża pieczarkowego w zależności od długości okresu kompostowania [13]
Table 3. The changes of physical properties of mushroom substrate depending on the composting period [13]

Badane parametry Tested parameters	Jednostka Unit	Długość kompostowania (w miesiącach) Composting length (in months)					
		6	9	12	24	36	48
pH		7,30	6,72	7,20	7,45	6,90	7,50
przewodność elektrolityczna <i>electrolytic conductivity</i>	μS·cm ⁻¹	6,22	0,95	2,73	2,94	3,34	0,24
cał. zawartość substancji rozpuszczalnych*	mg·kg ⁻¹	2,70	0,462	2,03	0,14	1,72	0,11
tlen rozpuszczalny / <i>soluble oxygen</i>		0,64	0,54	0,56	0,64	0,63	0,84
gęstość objętościowa / <i>bulk density</i>	g·cm ⁻³	0,69	0,71	0,62	0,75	0,75	0,73
gęstość właściwa <i>specific density</i>		1,20	2,00	2,50	1,57	1,20	1,03
porowatość ogólna / <i>total porosity</i>	%	25,80	14,50	15,20	15,90	20,80	26,20
pojemność wodna / <i>water capacity</i>		41,00	30,00	28,00	32,00	36,00	38,00

* - the total content of soluble substances

Na podstawie wcześniej przeprowadzonych badań [22, 23, 24] można wnioskować, że podłoże pieczarkowe jest organicznym materiałem odpadowym bogatym w makro- i mikroelementy, a zwłaszcza w azot, które są łatwo dostępne dla roślin. Wpływa ono korzystnie na poprawę właściwości fizycznych i chemicznych gleb, a jednocześnie dzięki termicznej dezynfekcji nie stanowi zagrożenia dla uprawianych roślin. Podłoże po uprawie pieczarki najczęściej posiada sypką konsystencję, co umożliwi mechaniczne rozrzucanie go po powierzchni pola i wymieszanie z glebą, bez względu na wielkość dawki i termin stosowania. Zużyte podłoże powinno być stosowane do nawożenia gleb uprawnych, w ściśle określonych warunkach, z uwzględnieniem zasad Dobrej Praktyki Rolniczej.

6. Bibliografia

- [1] Anon.: Best environmental management practices for mushroom growers in Canada. Canadian Mushroom Growers Association, s.1-25, 2004.
- [2] Beyer D.: Spent mushroom substrate. Online. mushroom spawn. cas.psu.edu/spent.htm., 1999.
- [3] Cronin M.J., Yohalem D.S., Harris R.F., Andrews J.H.: Putative mechanism and dynamics of inhibition of the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*, by compost extracts. *Soil Biology and Biochemistry*, 1996, 28, 9, s. 1241-1249.
- [4] Dach J., Zbytek Z., Kowaliński I., Przybył J., Sęk T.: The optimization of manure management in the agricultural farms – directions of development. In: Myczko A. (red), *Elim. Agric. Risk Health Envir.*, 1, Basic Problems in Agriculture. Wydawnictwo Center of Excellence Tragen, Poznań, 2003.
- [5] Dallon J.: Effects of spent mushroom compost on the production of greenhouse-grown crops. *Combined Proceedings of the International Plant Propagators Society*, 1987, 37, 323-329.
- [6] Duggan J.T., McCabe, Hennerty M.J., Maher M.J.: Can spent mushroom compost be used as a crop nutrient source. www.ucd.ie/agri/html/homepage/research_96_98/, 1998.
- [7] Dundar O., Paksoy M., Abak K.: 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, 1995.
- [8] Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego.
- [9] Ebben M.H.: Management and control of soil-borne pathogens in glasshouse soils. Report: Welsh Soils Discussion Group, 1980, 21, 29-40.
- [10] Gapiński M.: Kompost pieczarkowy. *Biuletyn Producenta Pieczarek. Pieczarki*, Wydawnictwo Hortpress, 1996, 3, 22-25.
- [11] Gonet S.S.: Ochrona zasobów materii organicznej gleb. W: *Rola materii organicznej w środowisku* (red. S.S. Gonet., M. Markiewicz) Wydawnictwo PTSH, Wrocław, 2007, 7-29.
- [12] Gracia-Gomez A., Szmidt D., Roig A.: Enhancing the compost rate of spent mushroom substrate by rock dust. *Compost Science and Utilization*, 2002, 10, 2, 99-104.
- [13] Gupta P., Indurani C., Ahlawat O.P., Vijay B., Mediratta V.: Physico-chemical properties of spent mushroom substrates of *Agaricus bisporus*. *Mushroom Research*, 2004, 13, 2, 84-94.
- [14] Harender R., Kapoor I.J. H. Raj.: Possible management of Fusarium wilt of tomato by soil amendments with composts. *Indian Phytopathology*, 1997, 50, 3, 387-395.
- [15] Herrero-Hernandez E., Andrades M.S., Rodriguez-Cruz M.S., Schanchez-Martin M.J.: Effect of spent mushroom substrate applied to vineyard soil on the behavior of copper-based fungicide residues. *Journal of Environmental Management*, 2011, 92, 1849-1857.
- [16] Hogg D., Barth J., Favoino E., Centermoero M., Caimi V., Amlinifer F., Deviliegher W., Brinton W., Antler S.: Comparison of compost standards within the EU. *Review of Compost Standards in Ireland*, Oxon, 2002.
- [17] Jankowski K., Ciepela G., Jodełka J., Kolczarek R.: Możliwość wykorzystywania kompostu pieczarkowego do nawożenia użytków zielonych. *Annales UMCS, sec. E*, 2004, 59, 4, 1763-1770.
- [18] Jordan S.N., Mullen G.J.: Spent mushroom legislation in Ireland. *Proceedings of Environ.*, 2007, 37-41.
- [19] Jordan S.N., Mullen G.J., Murphy M.C.: Composition variability of spent mushroom compost in Ireland. *Bioreosource Technology*, 2008, 99, 411-418.
- [20] Kadiri M., Mustapha Y.: The use of spent mushroom substrate of *L. Subnudus* berk as a soil conditioner for vegetables. *Bayero Journal of Pure and Applied Science*, 2010, 3, 2, 16-19.
- [21] Kalembasa D., Becher M.: Speciation of carbon and selected metals in spent mushroom substrates. *Journal of Elementology*, 2012, 17, 3, 409-419.
- [22] Kalembasa D., Majchrowska-Safaryan A.: Wpływ uprawy pieczarki na skład chemiczny podłoża. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2006, 512, 247-254.
- [23] Kalembasa D., Majchrowska-Safaryan A.: Frakcje metali ciężkich w zużytych podłożach z pieczarkarni. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2009, 41, 572-577.
- [24] Kalembasa D., Majchrowska-Safaryan A.: Zasobność zużytego podłoża z pieczarkarni. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2009, 535, 195-200.
- [25] Kalembasa D., Wiśniewska B.: Wykorzystanie podłoża pieczarkowego do rekultywacji gleb. *Roczniki Gleboznawcze*, 2004, 55, 2, 209-217.
- [26] Kuczewski K., Łomatowski J.: Komposty na bazie pomiotu kurzego. *Monografia 27. Zeszyty Naukowe AR*, Wrocław, 2002, 448.
- [27] Maher M.J., Lenehan J.J., Statunton W.P.: Spent mushroom compost: Options for Use. *Teagasc*, Dublin, 1993, 44.
- [28] Maher M.J., Magette W.L.: Solving the spent mushroom compost problem. *Advances in Mushroom Production*. Teagasc, Dublin, 1997, 73-82.
- [29] Maher M.J., Smyth S., Dodd V.A., McCabe T., Magette W.L., Duggan J., Hennerty M.J.: Managing spent mushroom compost. *Teagasc*, Dublin, 2000, 111-121.
- [30] Maszkiewicz J.: Zużyte podłoże pieczarkowe jako nawóz i paliwo. W: *Pieczarki*. *Biuletyn Producenta Pieczarek*. Wydawnictwo Hortpress, 2010, 1, 59-60.
- [31] Niżewski P., Dach J., Jędrus A.: Management of mushrooms subgrade waste by composting process. Zagospodarowanie zużytego podłoża z pieczarkarni metodą kompostowania. *Journal of Research and Application in Agricultural Engineering*, 2006, 51 (1), 24-2.
- [32] Polat E., Uzun I.H., Topcuoglu B., Önal K., Onus A.N., Karaca M.: Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis Dativus* L.) grown in greenhouses. *African Journal of Biotechnology*, 2009, 8, 2, 176-180.
- [33] Rao J.R., Watabe M., Stewart T.A., Millar B.C., Moore J.E.: Pelleted organomineral fertilizers from composted pig slurry solids, animal wastes and spent mushroom compost for amenity grasslands. *Waste Management*, 2007, 27, 1117-1128.
- [34] Reigner M., McVoy M., Holcomb E.J., Romaine C.P.: Evaluation of a SMS-based potting medium for plant growth and disease control. *Research Progress Report*. The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, 2001.
- [35] Rhoads F.M., Olson S.M.: Crop production with mushroom compost. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, 1995, 54, 53-57.

- [36] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów. Dz. U. Nr 112, poz. 1206.
- [37] Rutkowska B.: Możliwości rolniczego wykorzystania zużytych podłoży po produkcji pieczarek. Odpady w kształtowaniu i inżynierii środowiska. Zeszyty Problematyczne Postępów Nauk Rolniczych, 2009, 535, 349-354.
- [38] Sakson N.: Okrywa. W: Produkcja pieczarki na podłożu fazy III. PWRiL Warszawa, 2008, 70-71.
- [39] Sehgal H.S., Simmi S., Sharma S.: A note on evaluation of some wastes and by-products from agriculture and animal husbandry as feed ingredients for *Cirrhina mirigala*. Bioresource Technology, 1993, 44, 1, 9-11.
- [40] Steward D.P.C., Cameron K.C., Cornforth I.S.: Inorganic-N release from spent mushroom compost under laboratory and field conditions. Soil Biology and Biochemistry, 1998, 30, 13, 1689-1699.
- [41] Stowarzyszenie Branży Grzybów Uprawnych. 2012. (www.ja-pieczarka.pl).
- [42] Szudyga K.: Ja pieczarka. W: Pieczarki. Biuletyn Producenta Pieczarek. Wydawnictwo Hortpress, 2011, 1, 8-13.
- [43] Travis J.W., Halbrendt N., Hed B., Rytter J., Bates T., Butler S., Levensgood J., Roth P.: A practical guide to the application of composting vineyards. www.fpath.cas.psu.edu., 2003.
- [44] Ustawa 2001. O odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. z późniejszymi zmianami. Dz. U. 01.62. 628
- [45] Uzun I.: Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 2004, 12, 157-165.
- [46] Werma R.R.: Efficacy of organic amendments against *Meloidogyne incognita* infesting tomato. Indian Journal of Nematology, 1986, 16, 1, 105-106.
- [47] Werma R.R.: Effect of different materials on the population of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, affecting tomato crop. Indian Journal of Nematology, 1993, 23, 1, 135-136.
- [48] Williams B.C., McMullan S., McCahey S.: An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. Bioresource Technology, 2001, 79, 227-230.
- [49] Wiśniewska-Kadżajan B.: Ocena przydatności podłoża po uprawie pieczarki do nawożenia roślin. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 2012, 54, 165-176.
- [50] Wuest P.J., Fahy H.K.: Spent mushroom compost. Traits and Uses. Mushroom News, 1991, 39, 12, 9-15.
- [51] Yohalem D.S., Nordheim E.V., Andrews J.H.: The effect of water extracts of spent mushroom compost on apple scab in the field. Phytopathology, 1996, 86, 9, 914-922.