

Katedra Warzywnictwa i Zielarstwa, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu,  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 50a, 20–280 Lublin, Polska  
e-mail: [andrzej.salata@up.lublin.pl](mailto:andrzej.salata@up.lublin.pl)

ANDRZEJ SAŁATA 

## Podłoże po uprawie grzybów. Właściwości i zastosowanie

---

Spent mushroom substrate. Parameters and uses

**Streszczenie.** Podłoże po uprawie grzybów stanowi wartościowy nawóz poprawiający żyzność gleby. Wysoki poziom substancji organicznej i bezpieczeństwo biologiczne uzasadnia zastosowanie podłoża w uprawach rolniczych i ogrodniczych. Podłoże po uprawie grzybów korzystnie wpływa na plonowanie roślin. Zagospodarowanie podłoża w produkcji roślinnej przyczynia się do zmniejszenia ilości zbędnych materiałów poprodukcyjnych. Ograniczeniem szerszego stosowania podłoża po uprawie grzybów jest duża zmienność składu chemicznego. Ilość i termin nawożenia kompostem po uprawie grzybów powinny być dostosowane do zasobności gleby w składniki pokarmowe. W niniejszym artykule dokonano przeglądu ostatnich badań nad wykorzystaniem podłoża po uprawie pieczarki w produkcji ogrodniczej.

**Słowa kluczowe:** podłoże po uprawie grzybów, zrównoważone ogrodnictwo, uprawy ogrodnicze

### WSTĘP

Produkcja pieczarki w Polsce jest ważną i dynamicznie rozwijającą się gałęzią produkcji rolniczej. Polska jest obecnie liderem w produkcji pieczarek o rocznych zbiorach 362 400 ton, co stanowi około 25% całkowitej produkcji w Unii Europejskiej [EUSTAT – Database 2020].

Najbardziej popularnym i komercyjnie uprawianym gatunkiem grzybów jest pieczarka dwuzarodnikowa *Agaricus bisporus*. Podłoże jest podstawowym elementem decydującym o plonowaniu i jakości zbieranych owocników [Royse i in. 2017]. W Polsce wzrostowa tendencja w uprawie pieczarki prowadzi do wytworzenia dużych ilości zużytego podłoża, ok. 1,8 mln ton rocznie [Prasad i in. 2022]. Wyprodukowanie 1 kg pieczarki generuje wytworzenie średnio 5 kg zużytego podłoża [Finney i in. 2009]. Możliwość szerszego wykorzystania podłoża po uprawie pieczarki została jak dotąd wybiórczo przebadana, dlatego jest to praktyka mało rozpowszechniona [Raviv 2011]. Podstawową metodą utylizacji podłoża jest dodawanie do gleby przed orką jako biomasy stanowiącej element w nawożeniu organicznym pól [Majchrowska-Safaryan i Tkaczuk 2013].

## SPECYFIKA PODŁOŻA DO UPRAWY PIECZAREK

Produkcja podłoża do uprawy pieczarki jest złożonym procesem, dla którego nie ma stałej receptury [Sakson 2007]. Podłoże produkowane jest z naturalnych surowców jakimi są najwyższej jakości słoma zbóż ozimych (głównie pszenicy i pszenżyta), pomiot kurzy i obornik koński oraz gips i woda. Do podłoża dodaje się różne substancje strukturotwórcze i odżywcze na bazie surowców organicznych pochodzenia zwierzęcego i roślinnego, takie jak węglany, mocznik, białko roślinne itp. Mieszaninę poddaje się procesowi kontrolowanej fermentacji i pasteryzacji, a po obniżeniu temperatury wprowadza się grzybnię pieczarki [Gapiński i Woźniak 1999]. Cały proces wytworzenia podłoża trwa ok. 6 tygodni. Istotnym elementem w uprawie pieczarki jest okrywa składająca się z torfu wysokiego, do którego dodawana jest kreda w celu uzyskania optymalnego do wzrostu grzybów odczynu zasadowego (pH 7,5) [Gapiński 1996]. Podłoże po przeprowadzonym zbiorze owocników najczęściej podlega termicznej dezynfekcji w temperaturze 70°C, co ogranicza możliwości przenoszenia patogenów do gleby po zastosowaniu podłoża jako biomasy. Znaczne zróżnicowanie jakościowe surowców użytych do produkcji podłoża oraz różnice parametrów procesowych w kolejnych etapach jego wytwarzania uznawane są za decydujące czynniki mające wpływ na jakość otrzymanego produktu końcowego [Kalembasa i Majchrowska-Safaryan 2006].

## WŁAŚCIWOŚCI PODŁOŻA POPIECZARKOWEGO

Podłoże po uprawie pieczarki charakteryzuje się zazwyczaj wysoką (21–35%) suchą masą [Wiśniewska-Kadżajan i Jankowski 2015], zawiera makroelementy w ilości ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.): azot 13,0–26,0; fosfor 4,8–10,0; potas 5,0–25,0; magnez 5,3–5,20; wapń 13,8–102,0; sód 0,5–2,9 [Kalembasa i Majchrowska-Safaryan 2009b, Maszkiewicz 2010, Wiśniewska-Kadżajan 2013]. Doniesienia wskazują, że podłoże po uprawie pieczarki jest bezpieczne fitosanitarnie, a śladowe ilości metali ciężkich nie powodują zanieczyszczenia gleby [Kalembasa i Majchrowska-Safaryan 2009a, Rutkowska 2009].

Podłoże po uprawie pieczarki charakteryzuje się korzystnym dla roślin niskim stosunkiem C : N (14 : 1), który przyczynia się do zwiększenia dostępności składników pokarmowych dla roślin [Kalembasa i Wiśniewska 2004, Wiśniewska-Kadżajan i Jankowski 2015]. Według Majchrowskiej-Safaryan [2015] w uprawie pszenicy i ziemniaka zastosowanie podłoża po uprawie pieczarki zaspokoiło ogólne zapotrzebowanie roślin na azot w ilości 25%, a na potas – 55%.

Jak podają Kalembasa i Majchrowska-Safaryan [2009b], związki organiczne zawarte w podłożu po uprawie pieczarki charakteryzują się wysokim udziałem węgla, w tym we frakcji rezydualnej na poziomie 42,5%, a w kwasach huminowych 28,5%. Według cytowanych autorów ilość N w podłożu po uprawie pieczarki jest większa we frakcji rezydualnej (53,8%) aniżeli w kwasach huminowych (20,4%). Ilość i forma azotu w podłożu po uprawie grzybów może wpływać negatywnie na interakcję pomiędzy  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{K}^+$  oraz  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{Ca}^{2+}$ , co może prowadzić do pojawienia się objawów niedoboru wapnia u roślin, np. zahamowania wzrostu korzeni i chlorozy liści [Prasad i in. 2021].

Ograniczeniem wszechstronnego zastosowania podłoża po uprawie grzybów w uprawach ogrodniczych jest duża zmienność i niebilansowany skład chemiczny [Kalembasa i Majchrowska-Safaryan 2009b]. W praktyce oznacza to konieczność ciągłej kontroli składu chemicznego podłoża po uprawie pieczarki i potrzebę uzupełniania brakujących pierwiastków w celu poprawy jego wartości nawozowej [Kalembasa i Wiśniewska 2004, Szudyga 2011]. Skład chemiczny podłoża po uprawie pieczarki związany jest przede wszystkim z technologią produkcji oraz wielkością plonu grzybów [Kalembasa i Wiśniewska 2001]. Kalembasa i Wiśniewska [2008] stwierdzili, że podłoże po uprawie pieczarki zawiera więcej magnezu i sodu w porównaniu z kompostem i wermikompostem na bazie obornika bydłowego. Z kolei z badań przeprowadzonych przez Jankowskiego i in.

[2005] wynika, że podłoże po uprawie pieczarki jest bardziej zasobne w mangan i cynk w porównaniu z obornikiem bydlęcym. Analizując skład biomasy podłoża po uprawie pieczarki i obornika zwierzęcego stwierdzono, że podłoże to dostarcza roślinom więcej składników mineralnych niż ta sama ilość obornika [Wiśniewska-Kadżajan i Jankowski 2015]. Według opinii Adedokun i Orluchukwu [2013] organizmy glebowe szybciej rozkładają związki organiczne dostarczane do gleby w formie biomasy po uprawie grzybów niż obornika. W efekcie składniki pokarmowe z podłoża po uprawie grzybów wykorzystywane są efektywniej przez rośliny, zwłaszcza w początkowej fazie wzrostu, charakteryzującej się dużym zapotrzebowaniem na sole mineralne. Przeciętna zawartość makro- i mikroskładników w 1 m<sup>3</sup> podłoża po uprawie pieczarki jest porównywalna z ilością oznaczoną w masie z 2–3 m<sup>3</sup> świeżego obornika bydlęcego [Gapiński 1996].

Badania Danai i in. [2011] wskazują, że potas i fosfor dostarczone do gleby wraz z podłożem po uprawie pieczarki należą do najłatwiej przemieszczających się składników mineralnych, gdyż występują głównie w formie soli nieorganicznych. Podłoże po uprawie pieczarki jest z reguły stabilne odnośnie zawartości materii organicznej i odczynu [Shamsabad i in. 2020].

Danai i in. [2011] zwrócili uwagę, że wysokie wartości zasolenia świeżego podłoża po uprawie grzybów może być przyczyną wystąpienia u roślin stresu abiotycznego i negatywnie wpływać na proces fotosyntezy. Obserwowano hamujący wpływ na kiełkowanie i wzrost roślin sałaty majsowej spowodowany wysoką wartością EC w uprawie z dodatkiem podłoża po uprawie pieczarki [Marques i in. 2014].

Podłoże po uprawie pieczarki wykazuje właściwości glebotwórcze i nawozowe [Kalembasa i Wiśniewska 2004]. Na glebie lekkiej, z kompleksem sorpcyjnym o małej pojemności zastosowanie podłoża po uprawie boczniaka ostrygowatego poprawiało niekorzystny bilans materii organicznej [Adedokun i Orluchukwu 2013]. Wiśniewska-Kadżajan [2013] wykazała, że doglebowe zastosowanie podłoża po uprawie pieczarki poprawiło zaopatrzenie roślin w wapń. Ponadto stwierdziła, że w wyniku zmiany odczynu gleby z kwaśnego na obojętny zwiększyła się przyswajalność magnezu. Z tego względu stosowanie podłoża po uprawie pieczarki jest szczególnie polecane na glebach lekkich, piaszczystych i kwaśnych.

#### KOMPOSTOWANIE

Bezpośrednie użycie świeżego podłoża po uprawie grzybów w ogrodnictwie jest ograniczone, ponieważ przed zastosowaniem wymaga stabilizacji, najczęściej poprzez kompostowanie [Cebula i in. 2013, Paula i in. 2017]. Przygotowanie pryzmy kompostowej przebiega w ten sam sposób jak przy kompostach gospodarskich. Podłoże po uprawie pieczarki może być układane w pryzmy stałe ułożone w ten sposób, że powietrze dostaje się do wewnątrz lub pryzmy przetwarzane które wymagają mieszania [Pilarski i Pilarska 2009]. Mikroorganizmy odpowiedzialne za kompostowanie (głównie bakterie i grzyby) mineralizują i humifikują substancje organiczne zawarte w podłożu po uprawie grzybów, przekształcając je w stabilny i użyteczny produkt, który może poprawić żyzność gleby [Abdellah i in. 2021]. Przebieg kompostowania zależy od funkcjonowania zmieniających się populacji mikroorganizmów, a także od ilości dostarczanego powietrza do pryzmy oraz od składu podłoża po uprawie grzybów [Paula i in. 2017].

Rozkład substancji organicznej zawartej w podłożu po uprawie grzybów, czyli powstanie odpowiedniego kompostu trwa przeciętnie 1–1,5 roku [Cebula i in. 2013]. Gonani i in. [2011] uważają, że przy wysokim zasoleniu podłoża po uprawie pieczarki okres 12-miesięcznego kompostowania jest niewystarczający i proponują przedłużenie tego procesu. Natomiast Guo i in. [2001] zwrócili uwagę, że podczas kompostowania podłoża po uprawie grzybów może dochodzić do znacznej straty materii organicznej i azotu, a przemywanie pryzmy powoduje zagrożenie dla środowiska.

## WSPÓŁCZESNE BADANIA NAD PODŁOŻEM POPIECZARKOWYM

Podłoże po uprawie grzybów jako materiał organiczny łatwo ulega rozkładowi w glebie, wzbogaca ją w próchnicę, co sprzyja równomiernemu zaopatrzeniu roślin w składniki mineralne [Gobbi i in. 2016]. W wielu pracach wykazano wzrost plonu handlowego po zastosowaniu podłoża po uprawie pieczarki w uprawie: pomidora i ogórka [Zhang i in. 2012], sałaty i pora [Gobbi i in. 2016]. Istotne jest jednak określenie zawartości makroskładników w podłożu po uprawie grzybów, te zaś w wielu doświadczeniach nie są określone albo nie były analizowane.

Podłoże po uprawie grzybów zazwyczaj jest wykorzystywane do sporządzania podłoży mieszanych, najczęściej z torfem. Wyniki badań przeprowadzone przez Stoknes i in. [2019] dotyczące zastosowania przekompostowanego podłoża po uprawie *A. subrufescens* w mieszaninie z różnym udziałem torfu wskazują na korzystny wpływ na plonowanie kilku gatunków warzyw. Większy plon uzyskano w uprawie sałaty, gdy 20% objętości podłoża z torfu zastąpiono przekompostowanym podłożem po uprawie pieczarki, w uprawie pomidora z dodatkiem 15% objętości podłoża (bez fertygacji) oraz w uprawie ogórka z dodatkiem 30% objętości podłoża (po pasteryzacji). Autorzy podkreślili konieczność opracowania nowych receptur przygotowywania podłoża do uprawy roślin ogrodniczych, w których stosowanie przekompostowanego podłoża po uprawie grzybów w mieszaninie z różnymi składnikami pozwoli zmniejszyć udział intensywnie eksploatowanych pokładów torfu wysokiego.

W badaniach przeprowadzonych przez Polat i in. [2009] w porównaniu z uprawą konwencjonalną ogórka w szklarni, w której stosuje się podłoże inertne i nawożenie mineralne, zastosowanie przekompostowanego podłoża po uprawie grzybów zapewniło prawidłowy wzrost roślin przez okres 6 miesięcy uprawy. Badania Sendi i in. [2013] wykazały, że stosując mieszaninę podłoża po uprawie grzybów i torfu (1/1 v/v), przy nawożeniu NPK w systemie fertygacji można uzyskać większy plon chińskiego brokołu (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*). W Nigerii zastosowanie dodatku podłoża po uprawie *Pleurotus pulmonarius* zwiększyło liczbę kwiatów i owoców u czterech gatunków warzyw: okry, pomidora, papryki rocznej i papryki chińskiej w uprawie polowej [Jonathan i in. 2011].

Podłoże po uprawie pieczarki stosowano z dobrymi rezultatami w uprawie truskawki. W pierwszym roku uprawy z udziałem podłoża po uprawie pieczarki plon owoców był większy od 16,6% do 21,1% w porównaniu z uprawą w torfie [Cabilovski i in. 2014]. Wyniki potwierdzające możliwość zastosowania podłoża po uprawie grzybów otrzymali Prasad i in. [2022], uprawiając truskawkę w pojemnikach. Ponadto wykazali, że świeże podłoże po uprawie grzybów może być skutecznym i niedrogim substytutem torfu w mieszaninie 15% i 25% (v/v). Wykorzystanie świeżego podłoża po uprawie grzybów mogłoby wyeliminować problemy związane z jego kompostowaniem i utylizacją [Prasad i in. 2021]. Dobre rezultaty uzyskuje się, stosując podłoże po uprawie pieczarki jako ściółkę w uprawach sadowniczych (fot. 1). Utrzymana jest wtedy wilgotność gleby, a z podłoża wypłukiwane są i przemieszczane w głąb profilu glebowego wraz z opadami lub nawadnianiem niektóre składniki pokarmowe, np. potas [Szulc i in. 2019]. Wyniki badań przeprowadzone przez Danai i in. [2011] w uprawie awokado wskazują, że gleba wzbogacona podłożem po uprawie grzybów charakteryzowała się lepszą porowatością, zdolnością zatrzymywania wody, co w konsekwencji zwiększyło plon owoców. W uprawie roślin ozdobnych także wykazano, że przekompostowane podłoże po uprawie pieczarki stymulowało wzrost krzewów irgi błyszczącej, derenia białego, forsycji, krzewuszki cudownej [Chong i in. 1994] i wilczomleczu [Topcuoglu 2011].



Fot. 1. Podłoże po uprawie grzybów na półce (A) oraz w sadzie (B) [fot. A. Sałata, J. Szelaąg]  
Phot. 1. Spent mushroom substrate on the shelf (A) and in the orchard (B)  
[phot. by A. Sałata, J. Szelaąg]

Znane są prace o korzystnym wpływie podłoża po uprawie grzybów na zawartość składników mineralnych decydujących o wartości biologicznej roślin ogrodniczych. Na przykład w uprawie z zastosowaniem podłoża po uprawie grzybów stwierdzono większą zawartość białka (ponad 2,5-krotnie) w owocach papryki rocznej [Roy i in. 2015]. W uprawie kupkówki pospolitej, w której podłoże po uprawie pieczarki uzupełniono nawożeniem azotowo-potasowym [Wiśniewska-Kadžajan i Jankowski 2015]. W uprawie pszenicy ozimej zastosowanie dodatku podłoża po uprawie pieczarki uzupełnionego nawożeniem mineralnym NPK zwiększyło plon ziemniaków o  $10,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  oraz plon ziarna pszenicy ozimej o  $2,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  w stosunku do obiektu bez podłoża po uprawie grzybów [Majchrowska-Safaryan 2015].

#### PODSUMOWANIE

Bezpośrednie i efektywne wykorzystanie podłoża po uprawie grzybów może być korzystnym i praktycznym rozwiązaniem w przezwyciężeniu problemów związanych z utylizacją rolniczych odpadów poprodukcyjnych i ochroną środowiska. Podłoże po uprawie pieczarki stanowi doskonały materiał poprawiający właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. Podłoże popieczarkowe może być użyte jako komponent w mieszaninie z torfem dla roślin uprawianych w pojemnikach, np. truskawki. Zastąpienie torfu podłożem po uprawie grzybów może częściowo ochronić nieodnawialne zasoby naturalne torfu, a zarazem obniżyć koszt w produkcji rolniczej i ogrodniczej. Przed wykorzystaniem zużytego podłoża po uprawie pieczarek do recyklingu organicznego należy każdorazowo określać jego skład, który zależy zarówno od substratów stosowanych do przygotowania podłoża do uprawy grzybów, technologii wytwarzania oraz wielkości plonu zebranych owocników.

#### PIŚMIENNICTWO

- Abdellah Y.A.Y., Li T., Chen X., Cheng Y., Sun S., Wang Y., Jiang C., Zang H., Li C., 2021. Role of psychrotrophic fungal strains in accelerating and enhancing the maturity of pig manure composting under low-temperature conditions. *Bioresour. Technol.* 320, 124402. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124402>
- Adedokun O.M., Orluchukwu J.A., 2013. Pineapple: organic production on soil amended with spent mushroom substrate. *Agric. Biol. J.N. Am.* 4(6), 590–593. <https://doi.org/10.5251/abjna.2013.4.6.590.593>
- Cabilovski R., Manojlovic M., Bogdanovic D., Magazin N., Keserovic Z., Sitaula B.K., 2014. Mulch type and application of manure and composts in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) production: impact on soil fertility and yield. *Zemdirbyste – Agriculture* 101(1), 67–74.

- Cebula J., Pelczar J., Loska K., Widziewicz K., 2013. The effect of spent mushroom substrate field storage conditions on its leachate composition. *Inż. Ochr. Środ.* 16(1), 93–102.
- Chong C., Cline R.A., Rinker D., 1994. Bark and peat amended spent mushroom compost for containerized culture of shrubs. *HortScience* 29, 781–784. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.7.781>
- Danai O., Cohen H., Ezov N., Yehieli N., Levanon D., 2011. Recycling of spent mushroom substrate (SMS) in avocado orchards. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products*, Arcachon, France, 352–360.
- EUSTAT – Database, 2020. <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu> [dostęp: 10.09.2022].
- Finney K.N., Ryu C., Sharifi V.N., Swithenbank J., 2009. The reuse of spent mushroom compost and coal tailings for energy recovery: Comparison of thermal treatment technologies. *Bioresour. Technol.* 100, 310–315. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.05.054>
- Gapiński M., 1996. Kompost popieczarkowy. *Pieczarki, Biul. Prod. Pieczarek* 3, 22–25.
- Gapiński M., Woźniak W., 1999. *Pieczarka. Technologia uprawy i przetwarzania*. PWRiL, Poznań, 212–213.
- Gobbi V., Bonato S., Nicoletto C. Zanin, G., 2016. Spent mushroom substrate as organic fertilizer: vegetable organic trials. *Acta Hort.* 1146, 49–56. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1146.6>
- Gonani Z., Riahi H., Sharifi K., 2011. Impact of using leached spent mushroom compost as a partial growing media for horticultural plants. *J. Plant Nutr.* 34, 337–344. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2011.536876>
- Guo M., Chorover J., Fox R.H., 2001. Effects of spent mushroom substrate weathering on the chemistry of underlying soils. *J. Environ. Qual.* 30(6), 2127–2134. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.2127>
- Jankowski K., Jodełka J., Ciepela G.A., 2005. Wpływ nawożenia łąki trwałej kompostem popieczarkowym na zawartość wybranych mikroelementów w runi łąkowej. *Łąkarstwo Pol.* 8, 81–86.
- Jonathan S.G., Lawal M.M., Oyetunij O.J., 2011. Effect of spent mushroom compost of *Pleurotus pulmonarius* on growth performance of four Nigerian vegetables. *Mycobiology*, 39(3), 164–169. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2011.39.3.164>
- 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. *Ochr. Śr. Zasobów Nat.* 41, 572–577.
- Kalembasa D., Majchrowska-Safaryan A., 2009b. Zasobność zużytego podłoża z pieczarkarni. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 535, 195–200.
- Kalembasa S., Wiśniewska B., 2001. Skład chemiczny podłoża po produkcji pieczarek. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 475, 295–300.
- Kalembasa D., Wiśniewska B., 2004. Wykorzystanie podłoża popieczarkowego do rekultywacji gleb. *Rocz. Glebozn.* 55(2), 209–217.
- Kalembasa D., Wiśniewska B., 2008. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na plon i zawartość wybranych makroelementów w życicy wielokwiatowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 526, 191–198.
- Majchrowska-Safaryan A., 2015. Wpływ zastosowania podłoża popieczarkowego na plon i zawartość wybranych makroelementów w bulwach ziemniaka i ziarnie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 32(2), 63–70.
- Majchrowska-Safaryan A., Tkaczuk C., 2013. Możliwość wykorzystania podłoża po produkcji pieczarki w nawożeniu gleb jako jeden ze sposobów jego utylizacji. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 58(4), 57–62.
- Marques E.L.S., Martos E.T., Souza R.J., Silva R., Zied D.C., Souza Dias E., 2014. Spent mushroom compost as a substrate for the production of lettuce seedlings. *J. Agric. Sci.* 6(7), 1–6. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n7p138>
- Maszkiewicz J., 2010. Zużyte podłoże popieczarkowe jako nawóz i paliwo. *Pieczarki, Biul. Prod. Pieczarek* 1, 59–60.
- Paula F.S., Tatti E., Abram F., Wilson J., O’Flaherty V., 2017. Stabilisation of spent mushroom substrate for application as a plant growth-promoting organic amendment. *J. Environ. Manag.* 196(1), 476–486. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.038>
- Pilarski K., Pilarska A., 2009. Parametry procesu kompostowania. *Techn. Roln. Ogrodn. Leśna* 1.
- Polat E., Uzun H.I., Topçuglu B., Önal K., Onus A.N. Karaca M., 2009. Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in greenhouses. *Afr. J. Biotechnol.* 8(2), 176–180. <https://doi.org/10.5897/AJB2009.000-9032>
- Prasad R., Lisiecka J., Antala M., Rastogi A., 2021. Influence of different spent mushroom substrates on yield, morphological and photosynthetic parameters of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Agronomy* 11, 2086. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102086>

- Prasad R., Lisiecka J., Kleiber T., 2022. Morphological and yield parameters, dry matter distribution, nutrients uptake, and distribution in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cv. 'Elsanta' as influenced by spent mushroom substrates and planting seasons. *Agronomy* 12, 854. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040854>
- Raviv M., 2011. The future of composts as ingredients of growing media. *Acta Hort.* 891, 19–32. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.891.1>
- Roy S., Barman S., Chakraborty U., Chakraborty B., 2015. Evaluation of spent mushroom substrate as biofertilizer for growth improvement of *Capsicum annuum* L. *J. Appl. Biol. Biotechnol.* 3(3), 22–27.
- Royse D.J., Baars J., Tan Q., 2017. Current overview of mushroom production in the world. W: C.Z. Diego, A. Pardo-Giménez (red.). *Edible and medicinal mushrooms: technology and applications*. John Wiley and Sons, London, 5–13. <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch2>
- Rutkowska B., 2009. Możliwości rolniczego wykorzystania zużytych podłoży po produkcji pieczarek. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 535, 349–354.
- Sakson N., 2007. *Produkcja podłoża do uprawy pieczarek*. PWRiL, Poznań, ss. 131.
- Sendi H., Mohamed M.T.M., Anwar M.P., Saud H.M., 2013. Spent mushroom waste as a media replacement for peat moss in Kai-Lan (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*) Production. *Sci. World. J.*, 258562. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/258562>
- Shamsabad M.R.M., Roosta H.R., Esmailizadeh M., 2020. Responses of seven strawberry cultivars to alkalinity stress under soilless culture system. *J. Plant Nutr.* 44, 166–180. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1822401>
- Stoknes K., Wojciechowska E., Jasinska A., Noble R., 2019. Amelioration of composts for greenhouse vegetable plants using pasteurised *Agaricus* mushroom substrate. *Sustainability* 11, 23, 6779. <https://doi.org/10.3390/su11236779>
- Szudyga K., 2011. Ja pieczarka. *Pieczarki. Biul. Prod. Pieczarek* 1, 8–13.
- Szulc W., Rutkowska B., Kuśmirek E., Spychaj-Fabisiak E., Kowalczyk A., Dębska K., 2019. Yielding, chemical composition and nitrogen use efficiency determined for white cabbage (*Brassica leracea* L. var. *capitata* L.) supplied organo-mineral fertilizers from spent mushroom substrate. *J. Elem.* 24(3), 1063–1077.
- Topcuoglu B., 2011. The usability of sewage sludge municipal solid waste compost and spent mushroom compost as growing media on the growth of *Euphorbia pulcherrima*. *Int. Conf. Biol. Envir. Chem. IP-CBEE* 24, 386–392. <http://www.ipcbee.com/vol24/78-ICBEE2011-C30018.pdf>
- Wiśniewska-Kadżajan B., 2013. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na zawartość oraz pobieranie wapnia i sodu przez ruń łąkową. *Folia Pomeranae Univ. Technol. Stetin., Agric. Aliment. Piscaria Zootech.* 305(27), 83–90.
- Wiśniewska-Kadżajan B., Jankowski K., 2015. Wpływ podłoża popieczarkowego uzupełnionego mineralnie na plon biomasy i białka kupkówki pospolitej. *Acta Agroph.* 22(3), 335–344.
- Zhang R.-H., Duan Z.-Q., Li Z.-G., 2012. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. *Pedosphere* 22(3), 333–342. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60020-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60020-4)

**Źródło finansowania:** Praca nie była finansowana ze środków zewnętrznych.

**Summary.** Spent mushroom substrate (SMS) is a valuable fertilizer that improves soil fertility. The high level of organic matter and biological safety justify the use of the substrate in agricultural and horticultural crops. The SMS has a positive effect on the yield of plants. The development of the SMS in plant production contributes to reducing the amount of unnecessary post-production materials. A limitation of the universal use of SMS to the cultivation is the high variability of the chemical composition. The amount and term of fertilization with the spent mushroom compost to the cultivation should be adjusted to the soil's nutrient content. This article reviews recent research into the use of SMS in horticultural production.

**Key words:** spent mushroom substrate, sustainable horticulture, horticultural crops

Otrzymano/Received: 14.10.2022

Zaakceptowano/Accepted: 22.11.2022