



## Evaluation of the suitability to organic recycling of the base coming from champignon mushroom farming

Monika CZOP<sup>1</sup>, Ewelina KLAPCIA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki  
Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, tel. 32 237 21 04,  
[Monika.Czop@polsl.pl](mailto:Monika.Czop@polsl.pl), [ewelina.klapcia@onet.pl](mailto:ewelina.klapcia@onet.pl)

### Abstract

Nowadays, Poland is a leader in the production of champignon mushrooms in Europe and the only country that notes systematic increase in the growth of edible mushrooms. In 2012 262000Mg of champignon mushroom came from Poland, i.e. approximately 25% of total production in European Union. Constant increase of champignon mushroom farming results in creation of large amounts of used base which forms a waste to handle. It is estimated that 1 kg of champignon mushrooms generate 5 kg of used base. Managing of the used base from farming of champignon mushrooms creates problems for manufacturers, as they usually do not have their own agricultural lands and they do not have any possibility to use the base on their own. Presented situation forces a search of methods how to reasonably use the potential of the base from champignon mushroom farming without any harm for the natural environment. The purpose of this work was to determine basic fertilizing properties of the base from the production of champignon mushrooms in the light of its use in organic recycling.

**Keywords:** spent mushroom substrate, organic matter, waste, composting process, methane fermentation

### Streszczenie

Ocena przydatności podłoża po uprawie pieczarek pod kątem recyklingu organicznego

Polska jest obecnie liderem w produkcji pieczarek w Europie i jako jedyny kraj europejski notuje systematyczną tendencję wzrostową w uprawie grzybów jadalnych. Z naszego kraju w roku 2012 pochodziło 262 tys. Mg pieczarek, czyli około 25% całkowitej produkcji Unii Europejskiej. Wzrostowa tendencja w uprawie pieczarek prowadzi do wytworzenia dużej ilości zużytego podłoża, które stanowi odpad do zagospodarowania. Szacuje się, że z 1 kg pieczarek otrzymuje się średnio 5 kg zużytego podłoża. Zagospodarowanie zużytego podłoża po uprawie pieczarek stwarza problemy producentom, którzy z reguły nie posiadają własnych gruntów rolnych i tym samym nie mają warunków, aby wykorzystać go we własnym zakresie. Przedstawiona sytuacja zmusza do poszukiwania metod racjonalnego wykorzystania potencjału zawartego w podłożu po produkcji pieczarek, bez szkody dla środowiska przyrodniczego. Celem pracy było określenie podstawowych właściwości nawozowych podłoża po produkcji pieczarek pod kątem wykorzystania w recyklingu organicznym.

**Słowa kluczowe:** podłoże po uprawie pieczarki, materia organiczna, odpad, kompostowanie, fermentacja metanowa

### 1. Wstęp

Pieczarki są jedynymi z najbardziej rozpoznawalnych grzybów jadalnych na świecie. Dostępne przez cały rok grzyby są chętnie konsumowane nie tylko ze względu na walory smakowe, ale również dlatego, że stanowią cenne źródło witamin z grupy B oraz D, które są niezbędne dla zdrowia kości, a także są źródłem łatwo przyswajalnego białka.

Na przestrzeni sześciu ostatnich lat branża pieczarkarska szybko rozwinęła się. Światowymi producentami pieczarek są Chiny, które w roku 2013 wyprodukowały 7076842 Mg pieczarek [1]. Warto zwrócić uwagę na rozwój pieczarkarstwa w Unii Europejskiej, w której już od kilku lat produkcja utrzymuje się na poziomie 1 mln Mg.

Porównując europejską produkcję grzybów jadalnych na przestrzeni ostatnich sześciu lat, można zauważyć tendencję wzrostową. W latach 2009/2015 odnotowano 100% wzrost produkcji pieczarek. Czołowymi

producentami pieczarek, którzy przyczyniają się do wzrostowego wyniku są: Polska, Holandia, Hiszpania, Francja oraz Niemcy [1,2,3], ale to Polska jest obecnie pieczarkowym liderem w Europie. Osiągnęła to dzięki systematycznemu wzrostowi produkcji. W roku 2012 nasz kraj wyprodukował 262 tys. Mg pieczarek, co stanowi ok. 25% całkowitej produkcji Unii Europejskiej [4].

Dynamiczny rozwój produkcji pieczarek powoduje produkcję coraz większych ilości zużytego podłoża po ich uprawie, które powstaje po ok. 6-8 tygodniach produkcji, a następnie staje się odpadem, gdyż nie może być ponownie wykorzystane w pierwotnym celu [5]. Średnio z 1 kg pieczarek powstaje ok. 5 kg zużytego podłoża, które jako odpad wymaga bezpiecznego zagospodarowania.

Substratem stosowanym do uprawy pieczarek jest kompost, składający się z surowców do produkcji celulozy, gipsu oraz obornika, który stanowią odchody drobiu, a także ściółka zwierzęca. Substrat ten po procesie kompostowania, poddaje się sterylizacji [6]. Podłoże do uprawy pieczarek powszechnie produkowane jest z końskiego nawozu, jednak w Polsce, ze względu na jego ograniczone zasoby, stosuje się podłoże, wytwarzane z mieszaniny słomy zbóż ozimych, pomiotu drobiowego, gipsu i wody [7]. Często jako dodatek stosuje się również substancje strukturotwórcze i odżywcze, takie jak: węglany, mocznik, białko sojowe, włókna kokosowe oraz okrywy z torfu niskiego czy przejściowego, który jest niezamulony czy też słabo zamulony, z udziałem torfu wysokiego oraz środków alkalizujących [8].

Istotną częścią zużytego podłoża po uprawie pieczarek jest warstwa okrywowa. Stanowi ona 5-6 cm warstwę, którą nakłada się na powierzchnię podłoża, uprzednio usytuowanego na półce i jest źródłem wody, niezbędnej dla uzyskania owocników [9]. Okrywa składa się z torfu wysokiego, do którego dodawana jest kreda, zapewniająca optymalny odczyn podłoża, wynoszący 7,5. Warstwa okrywy powinna być porowata oraz posiadać zdolności przyjmowania wody [10].

Podłoże do uprawy pieczarek powinno cechować się wilgotnością, zawierającą się w przedziale 65-67%, wartością pH z przedziału 6,2-6,4 oraz zawartością azotu na poziomie 2,2-2,4%. Powinno charakteryzować się również ceglastoczerwonym kolorem oraz zapachem razowego chleba i grzybni [9].

Skład chemiczny surowców stosowanych do produkcji podłoża, technologia wytwarzania, a także wielkość produkcji pieczarek mają istotny wpływ na zawartość mikroskładników oraz metali ciężkich w zużytych podłożach po uprawie pieczarek. Ich wartości mogą wahać się w szerokich zakresach.

Zawartość metali ciężkich w zużytym podłożu po uprawie pieczarek jest większa, niż w podłożu przed procesem produkcyjnym, czego powodem jest uwalnianie ich z okrywy w czasie całego cyklu produkcyjnego. Zużyte podłoże po uprawie pieczarek jest zróżnicowane pod względem zawartości suchej masy, odczynu oraz zawartości węgla organicznego i składników pokarmowych, co jest również uzależnione od technologii jego produkcji oraz wielkości uzyskiwanych plonów [11].

Szacuje się, że w Polsce, w ciągu roku produkuje się ok. 1500 tys. Mg tego odpadu [5], co również stawia Polskę na czołowym miejscu w Europie pod względem jego produkcji. Duże ilości podłoża stają się problematyczne dla producentów pieczarek, gdyż muszą podjąć działania pod kątem jego zagospodarowania.

Podłoże po uprawie pieczarek klasyfikuje się jako odpad z produkcji rolniczej, podlega ono procedurom, które są zgodne z normami i przepisami prawnymi. Istotne jest zwrócenie uwagi na możliwości racjonalnego i bezpiecznego zagospodarowania zużytego podłoża po uprawie pieczarek, uwzględniając jego właściwości. Celem niniejszej pracy było określenie podstawowych właściwości nawozowych zużytego podłoża po produkcji pieczarek pod kątem jego wykorzystania w recyklingu organicznym (kompostowaniu) lub bezpośrednio przy rekultywacji terenów zdegradowanych.

## 2. Aspekty prawne

Według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów zużyte podłoże po uprawie pieczarek zaliczane jest do grupy odpadów o kodzie 02 01 99, którym określono odpady z rolnictwa, ogrodnictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności jako „inne niewymienione odpady” [12].

Odpady te należy odpowiednio zagospodarować, ale w związku z tym, że producenci pieczarek nie mają ustawowego obowiązku ewidencjonowania ilości powstającego podłoża, w przypadku gdy będzie ono wykorzystywane w rolnictwie, nie można jednoznacznie określić jego dokładnej ilości. Może to być problematyczne przy podjęciu decyzji dotyczącej jego odpowiedniego wykorzystania. Jak wspomniano wcześniej ilości te można oszacować jedynie korzystając z dostępnych danych [13].

Jednym z głównych i obecnych zastosowań zużytego podłoża po uprawie pieczarek jest nawożenie, dlatego należy wspomnieć o regulacjach prawnych dotyczących stosowania nawozów i środków wspomagających uprawę roślin. Przepisy te zostały określone w ustawie z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu i zgodnie z Art.17. ust. 3. „Zastosowana w okresie roku dawka nawozu naturalnego nie może zawierać więcej niż 170 kg

azotu (N) w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych” [9]. Należy więc ściśle stosować się do tego przepisu, jak i innych regulacji dotyczących nawożenia, które zostały zawarte w wyżej wspomnianej ustawie. Stosowanie zużytego podłoża po uprawie pieczarek do nawożenia gleb ciężkich jest możliwe jesienią, przed sadzeniem lub siewem roślin, na glebach lżejszych natomiast wiosną [11]. Kompost z zużytego podłoża po uprawie pieczarek podlega takim samym przepisom jak nawozy naturalne, mówiącym o braku możliwości stosowania go w terminie od 1 grudnia do końca lutego bez względu na stan gleby czy też pogodę. Nie jest zalecane stosowanie tego nawozu w pierwszych fazach wzrostu roślin, ponieważ jego silne zasolenie może negatywnie wpływać na wzrost roślin [9].

Regulacje prawne zawarte w ustawie z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu określają warunki wprowadzenia nawozu do obrotu. Zgodnie z art. 4 ust. 6 „Minister właściwy do spraw rolnictwa wydaje decyzję w sprawie pozwolenia na wprowadzenie do obrotu nawozu albo środka wspomagającego uprawę roślin, po uzyskaniu opinii upoważnionych jednostek organizacyjnych, wydanych na podstawie przeprowadzonych badań, potwierdzających, że nawóz jest przydatny do nawożenia roślin lub gleb lub rekultywacji gleb” [6].

### 3. Produkcja pieczarek w wybranych krajach

Dane statystyczne z 2015 roku potwierdzają tendencję wzrostową polskiej produkcji pieczarek, która w bieżącym roku osiągnęła poziom 335 tys. Mg [3]. Ponad połowa produkowanych w Polsce pieczarek trafia do zagranicznych odbiorców, wśród których można wymienić m.in.: Austrię, Holandię, Niemcy, Francję, Szwecję, Danię, Wielką Brytanię oraz kraje bałkańskie. Jednak strategicznym importerem krajowych pieczarek jest Rosja, do której w latach 2007-2011 trafiło 91% polskich pieczarek [14].

Dynamiczny rozwój branży pieczarkarskiej można zauważyć na całym świecie. Analizując dostępne dane, w latach 2009-2013 odnotowano wzrost produkcji z poziomu 6500000 Mg do poziomu 9926966 Mg. Światowymi liderami w tej dziedzinie są Chiny oraz Stany Zjednoczone. Biorąc pod uwagę te same lata 2009-2013, kraje te odnotowały wzrost produkcji z 4672776 Mg do 7076842 Mg w Chinach, oraz 371844 Mg do 406198 Mg w Stanach Zjednoczonych (Tabela 3.1).

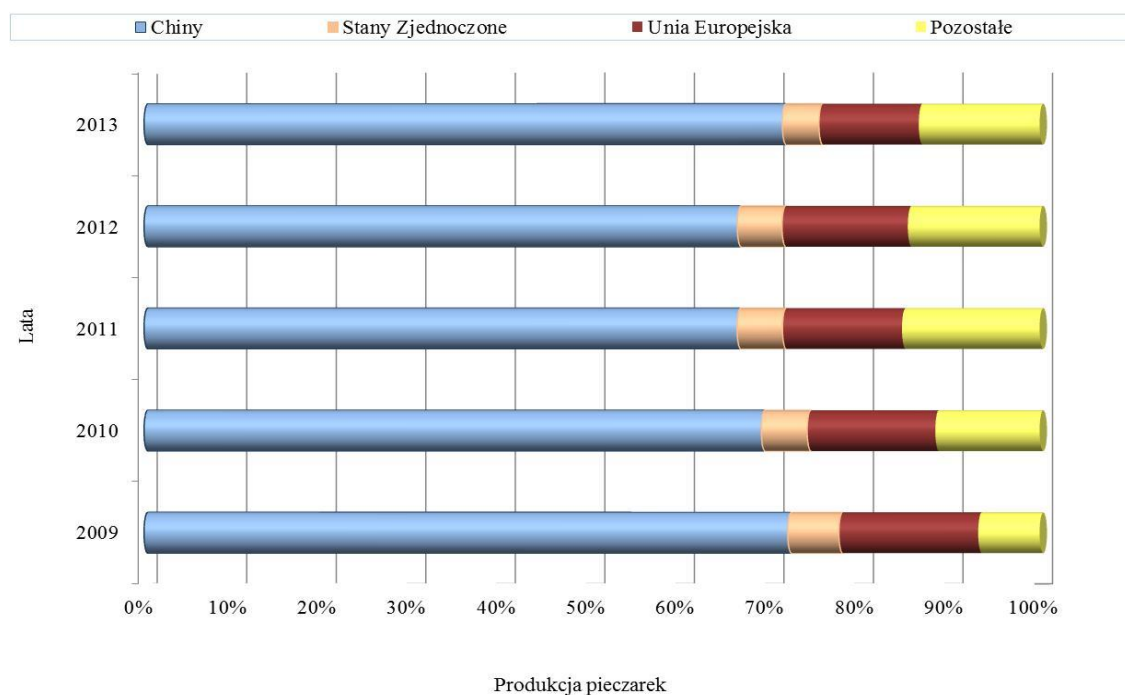
W samej Unii Europejskiej, wzrost produkcji od roku 2009 do roku 2013 wyniósł 150800 Mg. Na czele Europy stoją: Polska, Holandia, Hiszpania, Francja oraz Niemcy [2]. W samej Holandii, która może konkurować z Polską, w roku 2015 odnotowano zbiory pieczarek na poziomie 270000 Mg, zaś w Niemczech zbiory te były najmniejsze i wyniosły 68000 Mg [2]. Podobne wyniki osiąga Hiszpania i Francja, które w roku 2015 wytworzyły kolejno 105000 Mg oraz 87500 Mg pieczarek (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 Produkcja pieczarek w wybranych krajach [Mg] [2].

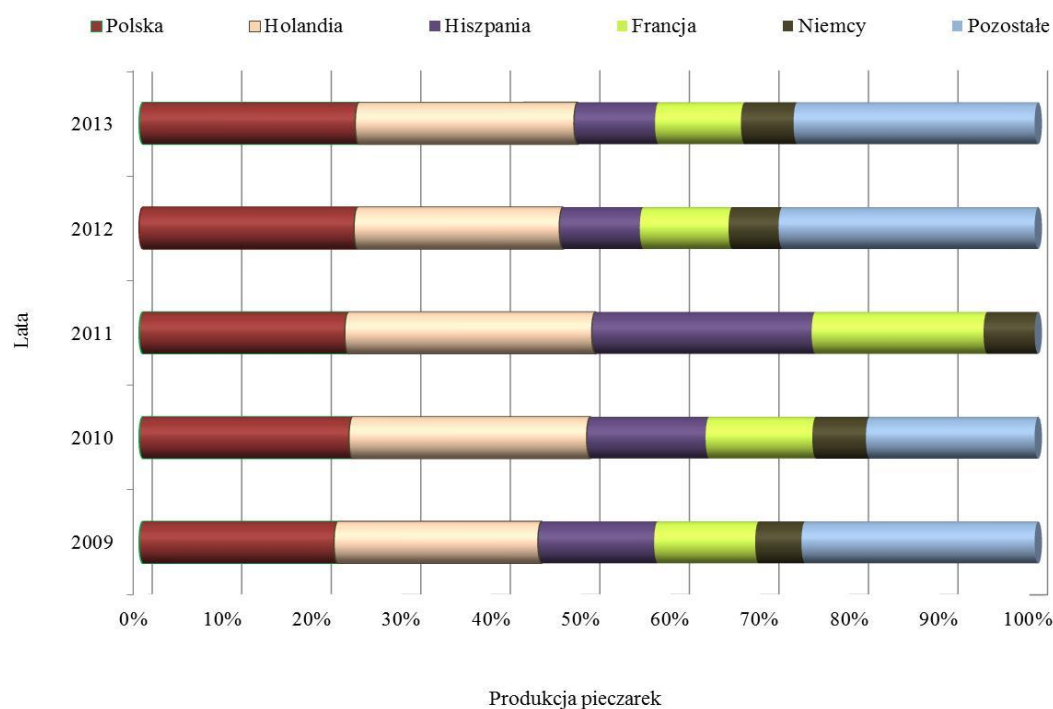
Wybrane kraje	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Świat	6500000	7011422	7700000	7772149	9926966	bd	bd
Chiny	4672776	4833725	5100000	5150000	7076842	bd	bd
Stany Zjednoczone	371844	359469	390902	388450	406198	bd	bd
Unia Europejska	1009900	1002000	1087726	1090700	1105400	1139700	1160700
Polska	220000	235000	250000	262000	267000	335000	335000
Holandia	230000	266000	300000	250000	270000	270000	270000
Hiszpania	131000	133000	267030	98000	100000	103000	105000
Francja	113850	119346	208696	108000	106000	92500	87500
Niemcy	52200	60000	62000	61000	65000	65000	68000

bd- brak danych

Na rysunku 3.1. przedstawiono (procentowo) produkcję pieczarek w wybranych krajach świata. Widać, iż chińska produkcja plasuje się na poziomie ok. 70% i jest większa o ponad 50% od produkcji pieczarek w samej Europie. Jeśli chodzi o zbiory w samej Europie (Rys. 3.2), procentowy udział produkowanych pieczarek w Polsce i w Holandii kształtuje się na podobnym poziomie. Zbliżona sytuacja jest w przypadku Hiszpanii oraz Francji, których produkcja stanowi ok. 2%, niemiecka produkcja zaś nie przekracza 1%.



Rys. 3.1 Produkcja pieczarek w wybranych krajach [%] [1,2,3].

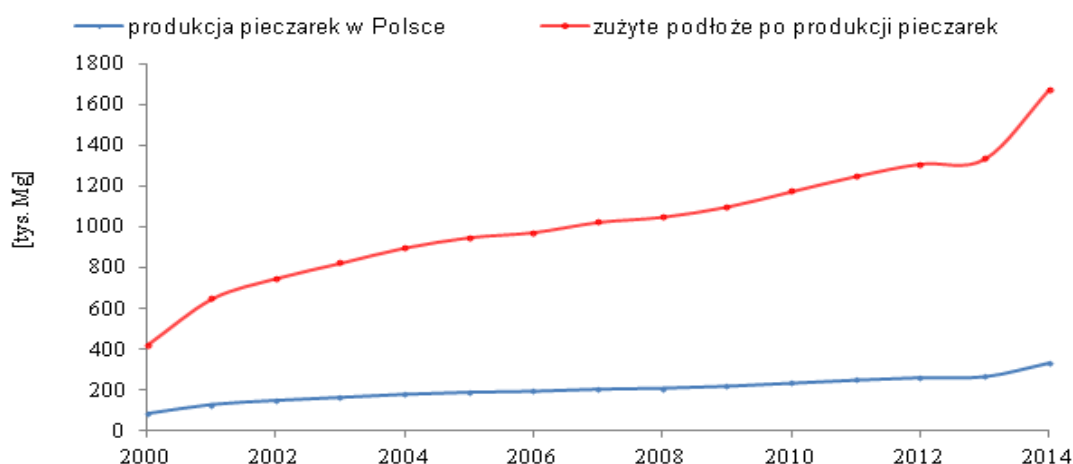


Rys. 3.2 Produkcja pieczarek w wybranych krajach Unii Europejskiej [%] [1,2,3].

Obecnie w Polsce działa ok. 200 dużych pieczarek oraz 5 tysięcy małych, przy tak dużym rozwoju branży szacuje się, że w przyszłości mniejsze gospodarstwa będą zastępowane pieczarekarniami o większej wydajności. Najwięcej pieczarek pochodzi z rejonów Wielkopolski, Górnego Śląska oraz Podlasia [15].

Analizując produkcję pieczarek w Polsce, która jest liderem na rynku europejskim można zauważyć jej ciągły wzrost. Jest on jednoznaczny ze wzrostem zużytego podłoża po uprawie pieczarek, dlatego tak istotna jest

analiza jego zagospodarowania. Polską produkcję pieczarek oraz ilości zużytego podłoża po ich uprawie przedstawiono na rysunku 3.3.



Rys. 3.3. Produkcja pieczarek i szacunkowa ilość zużytego podłoża w Polsce [tys. Mg] [2,3].

#### 4. Charakterystyka badanych odpadów

W celu zrealizowania założeń pracy należało przebadać podłoże w trzech, różnych konfiguracjach:

- świeże podłoże, zebrane tuż po zakończonym cyklu produkcyjnym,
- podłoże oddzielone od warstwy okrywowej (Rys.4.1 a),
- okrywa (Rys. 4.1 b).

Dwa ostatnie rodzaje badanego materiału uzyskano poprzez mechaniczne rozdzielanie podłoża, które zostało zebrane po okresie produkcyjnym. Rozdzielenie odbyło się za pomocą mechanicznego separatora. Warstwa dolna stanowi 80% całkowitej masy świeżego zużytego podłoża po uprawie pieczarek, a warstwa okrywy pozostałe 20%.

Pomimo, że okrywa zawiera pozostałości grzybni, a według regulacji prawnych nie kwalifikuje się jako odpad, można powiedzieć, że jest to biomasa. Dlatego najistotniejsze jest zagospodarowanie samego podłoża, które niewątpliwie jest odpadem. Jednakże w przypadku zagospodarowania zużytego podłoża po uprawie pieczarek jako nawozu, oddzielenie od warstwy okrywy można pominąć [16].

Na rysunku 4.1 przedstawiono warstwę podłoża (Rys. 4.1a) oraz warstwę okrywy (Rys. 4.1b), które zostały przebadane w kierunku recyklingu organicznego.

a)



b)



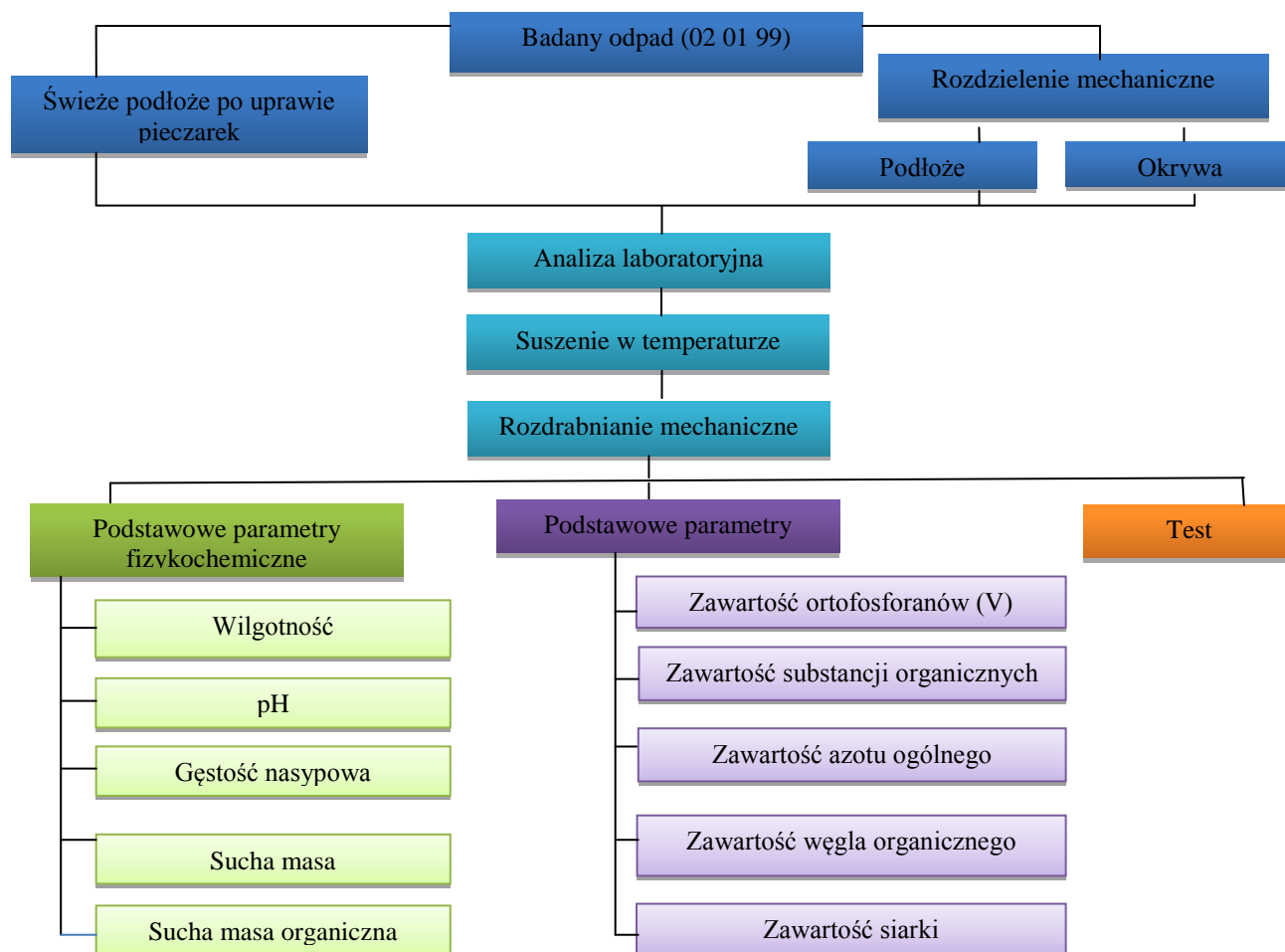
Rys. 4.1 Odpad po produkcji pieczarek a) zużyte podłoże, b) okrywa [wyk. E. Kłapcia]

#### 5. Metodyka prowadzenia badań

Aby zrealizować cel pracy, jakim było określenie podstawowych właściwości nawozowych podłoża po produkcji pieczarek pod kątem jego wykorzystania do rekultywacji zdegradowanych terenów oraz w recyklingu organicznym (kompostowaniu), przeprowadzono szereg oznaczeń, które prezentuje rysunek 5.1. Przed



przystąpieniem do analizy laboratoryjnej, badany materiał został mechanicznie rozdrobniony. Wszystkie oznaczenia przeprowadzono zgodnie z obowiązującymi normami, a prezentowane wyniki są średnią arytmetyczną z przeprowadzonych pomiarów.



Rys. 5.1 Schemat blokowy przeprowadzonych badań laboratoryjnych [wyk. E. Kłąpca].

Test kiełkowania nasion i wydłużania korzeni przeprowadzono w oparciu o normę [18,19,20]. W badaniach wykorzystano pieprznicę siewną pot. rzeżucha (*Lepidium sativum* L.). Przed przystąpieniem do testów toksykologicznych sprawdzono zdolność kiełkowania nasion (w ciemności) w temperaturze 21°C.

Do dalszych badań wybrano te partie nasion, których zdolność kiełkowania przekraczała 90%. Test prowadzono przez 72 godziny w ciemności, w temperaturze 25°C, na płytkach Petriego. Ocenę stymulującego/ inhibicyjnego oddziaływania podłoża na badane rośliny przeprowadzono na podstawie pomiaru stopnia wzrostu korzeni oraz pędu, po porównaniu z roślinami z próbek kontrolnych.

Zdolność kiełkowania ( $Z_k$ , %) zdefiniowano wzorem:

$$Z_k = \frac{n_k}{n_c} \times 100 \quad (5.1)$$

gdzie:

$n_k$  - liczba nasion wykiełkowanych,

$n_c$  - liczba wszystkich wysianych nasion.

Wartość współczynnika inhibicji wzrostu korzeni roślin ( $I_k$ , %) obliczono ze wzoru:

$$I_k = \frac{L_k - L_b}{L_k} \times 100 \quad (5.2)$$

gdzie:

$L_k$  – średnia długość korzeni roślin w próbce kontrolnej, [mm],

$L_b$  – średnia długość korzeni roślin w próbce badanej, [mm].

W analogiczny sposób obliczono wartość współczynnika inhibicji wzrostu pędu roślin ( $I_N$ ).

Dla sumarycznej oceny obu parametrów wyliczono indeks kiełkowania(%GI — ang. germination index) zgodnie ze wzorem:

$$GI = \frac{(G_s \times L_s)}{(G_c \times L_c)} \times 100 \quad (5.3)$$

gdzie:

$G_S$  - liczba wykiełkowanych nasion w badanej próbce,

$G_C$  - liczba wykiełkowanych nasion w próbce kontrolnej,

$L_S$  - długości korzeni w badanej próbce, [mm],

$L_C$  - długości korzeni w próbce kontrolnej, [mm].

## 6. Wyniki badań

Zużyte podłoże po uprawie pieczarek może być stosowane jako nawóz organiczno-mineralny lub bezpośrednio do rekultywacji terenów zdegradowanych, jednakże musi posiadać odpowiednie właściwości, dzięki którym będzie mogło poprawiać stan gleb oraz zwiększać plony, nie zakłócając przy tym procesów zachodzących w glebie, a także nie zanieczyszczając środowiska przyrodniczego.

Aby sprawdzić przydatność zużytego podłoża po uprawie pieczarek do tych celów, zbadano jego podstawowe właściwości fizykochemiczne i nawozowe, a następnie porównano wyniki badań z właściwościami gleb takich jak torf i gleba ogrodnicza. Właściwości wymienionych gleb oraz wyniki badań wszystkich trzech badanych materiałów zostały zestawione tabelarycznie w tabeli 6.1 oraz 6.2.

Tabela 6.1. Podstawowe właściwości fizykochemiczne torfu, gleby ogrodniczej oraz badanego materiału [17,21,22].

Parametry	Jednostka	Świeże podłoże po uprawie pieczarek	Podłoże oddzielone od okrywy	Okrywa do uprawy pieczarek	Torf	Gleba ogrodnicza
Wilgotność całkowita ( $W_t$ )	%	68,69	66,50	32,00	12,14	18,30
Gęstość nasypowa, stan roboczy	kg/m <sup>3</sup>	196,50	204,00	210,00	bd	bd
Gęstość nasypowa, stan suchy	kg/m <sup>3</sup>	131,65	82,20	96,50	1,67	0,87
Odczyn (pH)	-	6,41	6,40	6,40	4,31	6,68
Sucha masa	%	31,31	33,50	68,00	bd	bd
Sucha masa organiczna	%	20,13	21,11	37,30	98,00	96,23
Substancje mineralne	%	28,90	39,35	34,31	bd	bd

bd- brak danych

Wszystkie przebadane odpady charakteryzują się wysoką wilgotnością, co może pozytywnie wpływać na przyswajalność składników pokarmowych przez rośliny, powodując przy tym ich prawidłowy rozwój. Po porównaniu wilgotności okrywy z torfem oraz ziemią ogrodniczą stwierdzono, że jest ona 2 krotnie większa niż

wilgotność torfu i gleby ogrodniczej, w przypadku których wartość ta wynosi kolejno 12,14% oraz 18,30%. Świeże podłoże po uprawie pieczarek i to oddzielone od warstwy okrywy charakteryzuje się wilgotnością 5 razy większą od wilgotności torfu i gleby ogrodniczej. Zbyt duża wilgotność nie jest jednak pożądana, gdyż może ona obniżyć jakość fizyczną nawozów. Wpływa ona na wzrost objętości, co może stanowić problem z magazynowaniem, a także problemy z procesami gnilnymi.

Gęstość nasypowa podłoża świeżego, która wynosi  $132 \text{ kg/m}^3$  i oddzielonego od warstwy okrywy, wynosząca  $82,2 \text{ kg/m}^3$  są znacznie większe od gęstości torfu oraz gleby ogrodniczej, których wartości nie przekraczają  $3 \text{ kg/m}^3$ .

Właściwa wartość pH gwarantuje dostępność dla roślin niektórych składników odżywczych. Większość roślin rozwija się prawidłowo, gdy odczyn gleby jest lekko kwaśny. Wtedy rośliny najlepiej przyswajają składniki pokarmowe. W glebie charakteryzującej się takim odczynem rozwijają się również pożyteczne mikroorganizmy [24,25]. Odczyn wszystkich przebadanych materiałów wynosi ok. 6,4, co oznacza, że są one lekko kwaśne. Wartość ta jest zbliżona do gleby ogrodowej, której odczyn wynosi 6,7.

Na jakość gleb wpływa również materia organiczna, która decyduje o żyzności gleby. Od zawartości materii organicznej uzależnione są właściwości chemiczne i fizyczne i gleby. Mikroorganizmy znajdujące się w glebie czerpią z niej energię oraz mineralne składniki pokarmowe. Substancje organiczne dostarczają niezbędne dla rozwoju i wzrostu roślin składniki odżywcze [26]. Ze względu na tak istotną funkcję substancji organicznych, sprawdzono je również w badanych odpadach i porównano z wynikami dla gleb.

W przypadku torfu oraz gleby ogrodniczej sucha masa organiczna przekracza kolejno 98% oraz 96%. W świeżym, zużyтым podłożu po uprawie pieczarek oraz w tym oddzielnym od warstwy okrywy poziom ten jest dużo niższy, rzędu 20%.

Tabela 6.2 Podstawowe właściwości nawozowe torfu, gleby ogrodniczej oraz badanego materiału [17,21,22].

Parametry	Jednostka	Świeże podłoże po uprawie pieczarek	Podłoże oddzielone od okrywy	Okrywa do uprawy pieczarek	Torf	Gleba ogrodnicza
Substancje organiczne	%	71,10	60,66	65,76	bd	bd
Zawartość azotu ogólnego	%	6,00	5,72	6,20	bd	bd
Zawartość azotu amonowego	mg/kg	201,23	533,97	338,60	bd	bd
Zawartość RSO	% s. m.	54,36	39,61	39,10	34,64	21,49
Zawartość węgla organicznego	%	25,55	18,62	18,38	16,28	10,10
Zawartość ortofosforanów (V) ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	%	7,79	10,54	9,10	bd	bd
Zawartość siarki	%	2,99	4,70	3,21	bd	bd
Stosunek C/N	-	4,26	3,26	2,96	bd	bd

bd- brak danych

Uwzględniając wyżej opisane właściwości nawozowe badanych odpadów stwierdza się, że stanowią one dobry materiał nawozowy, ale ze względu na to, że stosunek C/N jest dużo niższy od optymalnego, który powinien zawierać się w przedziale 25-35 w przypadku kompostów, które stanowią dobry nawóz [23], badane podłoże przed zastosowaniem należy mieszać z odpadami bogatymi w azot, czyli z tzw. produktami zielonymi, które poprawią ten stosunek, nie zaburzając przy tym innych parametrów.

Odnosząc się do Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu, które mówi, że „stałe nawozy organiczno-mineralne, powinny charakteryzować się zawartością azotu całkowitego i fosforu w przeliczeniu na pięciotlenek fosforu ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), nie mniejszą niż odpowiednio: 1% w przypadku azotu całkowitego oraz 0,5% w przypadku fosforu”, na podstawie przeprowadzonej analizy potwierdzono, że wszystkie podłoża, które zostały przebadane



nadają się do recyklingu organicznego, gdyż zawartość azotu ogólnego w nich wynosi ok. 6%, a fosforu ok. 10%.

Rozkładalne substancje organiczne (RSO) są substancjami organicznymi, zdolnymi do biochemicznego rozkładu, co oznacza, że mogą być łatwo przyswajalne przez rośliny. Zawartość rozkładalnych substancji organicznych w przypadku świeżego podłoża wynosi 54,4%, a w przypadku oddzielonego od okrywy, ok. 39%, zatem wartości te są zbliżone do torfu, gdzie zawartość tych substancji wynosi ok. 35% i jest większa niż w przypadku gleby ogrodniczej, gdzie wartość ta wynosi 21,5%.

Węgiel organiczny służy jako wskaźnik aktywności biologicznej gleby. Zawartość węgla organicznego w przypadku podłoża oddzielonego od warstwy okrywy i samej okrywy wynosi ok. 18%. Wartość ta jest zbliżona do zawartości węgla organicznego w torfie, w którym wynosi ona 16,3%. Jest większa od zawartości węgla organicznego w glebie ogrodniczej, w której utrzymuje się ona na poziomie 10%. Na podstawie tego parametru można powiedzieć, że podłoże jest produktem do kompostowania z grupy brązowej, czyli bogatej w węgiel organiczny.

Azot amonowy ma zasadnicze znaczenie dla roślin, ponieważ to on jest formą bezpośrednio pobieraną przez system korzeniowy roślin, a dodatkowo jest łatwo przekształcony w azotany, które są jeszcze łatwiej przyswajalne. Jednakże może on oddziaływać fitotoksycznie. Dlatego też, dodatkowym argumentem, przemawiającym na korzyść badanych materiałów jest ich obojętny odczyn, przy którym nie dochodzi do redukcji formy amonowej do wolnego amoniaku, który może oddziaływać fitotoksycznie. W przypadku badanego podłoża wartość azotu amonowego nie przekroczyła 0,1%, w przypadku torfu wartość ta jest dużo niższa i utrzymuje się na poziomie 0,004% [27].

Wyniki badania zmian fitotoksyczności wybranych form podłoża po produkcji pieczarek przedstawiono w tabeli 6.3 oraz na rysunkach 6.1-6.2. Ocenę toksyczności badanego podłoża przeprowadzono w oparciu o test biologiczny z zastosowaniem rzeżuchy ogrodowej, która charakteryzuje się wysoką wrażliwością korzeni na obecność związków mutagennych oraz kancerogennych.

Najdłuższe korzenie rzeżuchy uzyskano na podłożu oddzielonym od okrywy, niewiele mniejszy przyrost zanotowano na świeżym podłożu po zakończonym cyklu (Rys. 6.1). Najkrótsze korzenie otrzymano na okrywie, którą oddzielono mechanicznie od podłoża. Analogicznie sytuacja wygląda ze wzrostem łodygi.

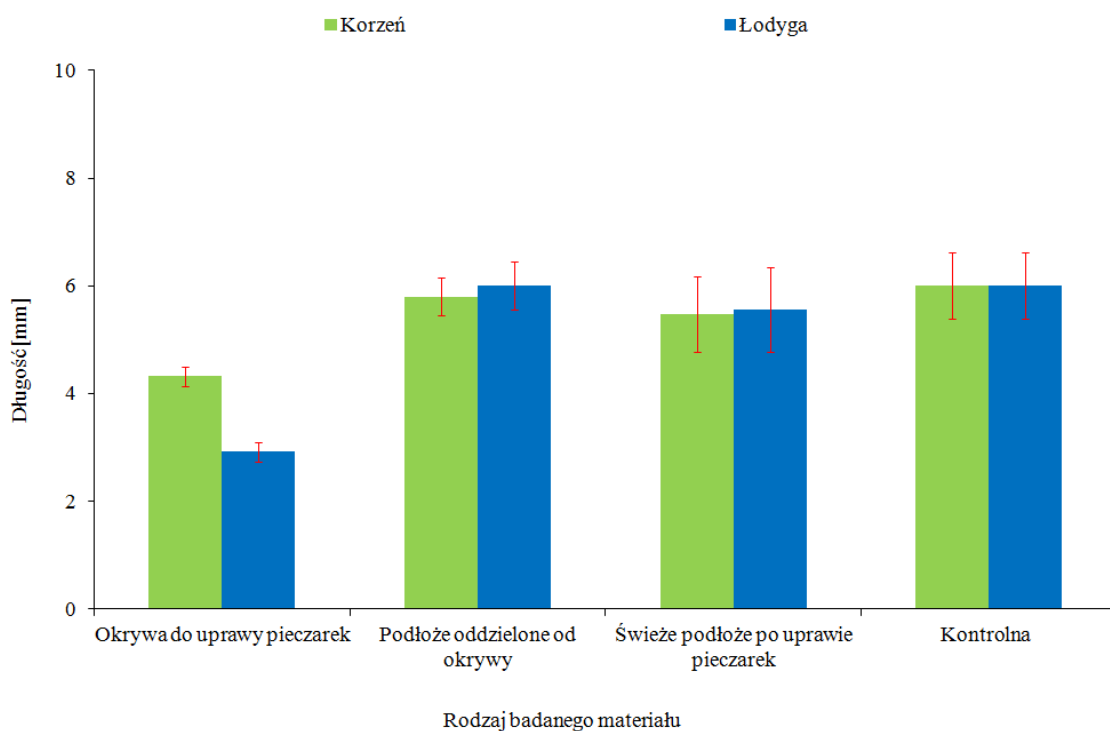
Okazało się, że po 72 godzinach badań okrywa spowodowała ok. 28% inhibicję wzrostu korzeni i ok. 51% inhibicję wzrostu łodyg rzeżuchy (Rys. 6.2). Współczynnik inhibicji dla świeżego podłoża pobranego po zakończonym cyklu produkcyjnym zarówno dla korzenia jak i dla łodygi kształtował się na poziomie ok. 8%. Można powiedzieć, że taka forma podłoża nie wykazuje znaczącej dla roślin inhibicji we wczesnym stadium wzrostu. Najmniejsze oddziaływanie inhibicji na korzeń i łodygę odnotowano dla podłoża oddzielonego od okrywy, o czym świadczy współczynnik zahamowania wzrostu korzeni i łodyg rzeżuchy, wyniósł on dla korzenia ok. 3%, a dla łodygi ok. 0%.

W przeprowadzonych badaniach zdolność kiełkowania wyniosła dla korzeni od 72-100%, natomiast dla łodyg od 60-100%. Najniższe wyniki zdolności kiełkowania uzyskano dla świeżego podłoża, pobranego po zakończonym cyklu produkcyjnym.

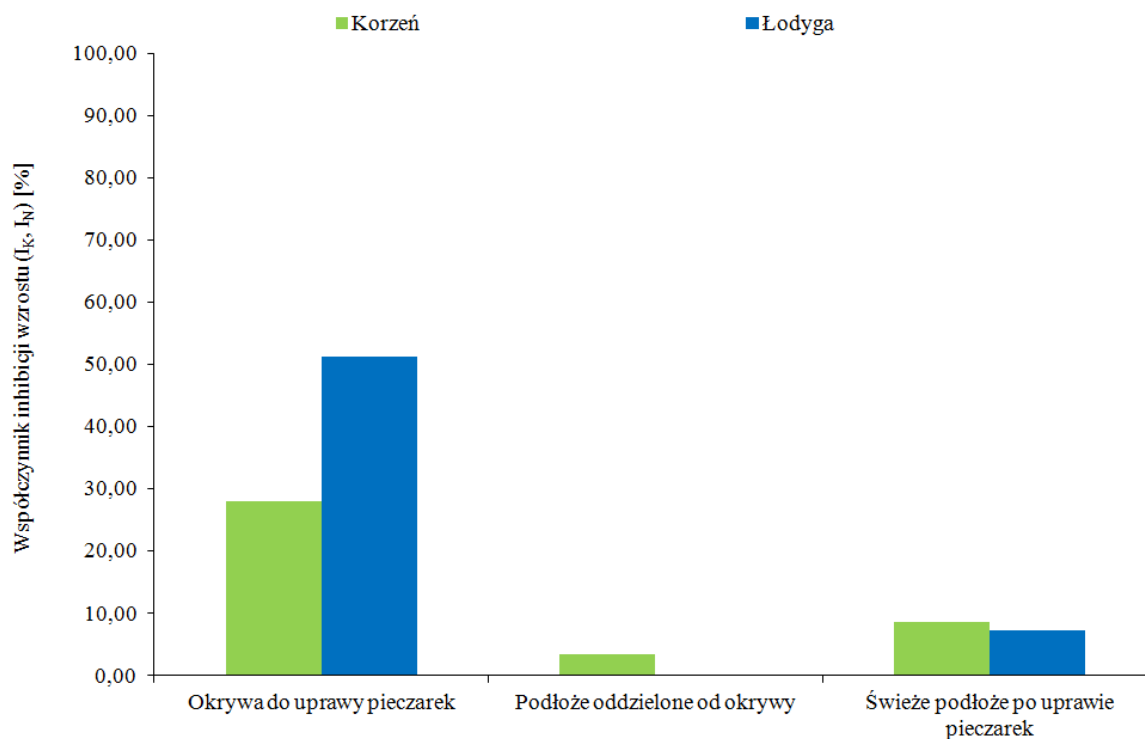
Kiełkowanie i wzrost korzenia to dwa etapy rozwoju roślin, które są szczególnie wrażliwe na oddziaływanie szeregu zanieczyszczeń.

Tabela 6.3. Zestawienie danych uzyskanych z przeprowadzonego testu fitotoksyczności.

Parametr	Okrywa do uprawy pieczarek		Podłoże oddzielone od okrywy		Świeże podłoże po uprawie pieczarek		Kontrolna	
	Korzeń	Łodyga	Korzeń	Łodyga	Korzeń	Łodyga	Korzeń	Łodyga
Zdolność kiełkowania (Zp), %	100,00	84,00	92,00	84,00	76,00	60,00	100,00	100,00
Indeks kiełkowania (GI), %	72,00	40,88	88,93	84,00	69,41	55,60		
Stosunek długości korzenia do łodygi	1,48		0,97		0,99		1,00	



Rys. 6.1. Porównanie długości korzeni i łodyg w zależności od badanego wariantu podłoża.



Rys. 6.2. Fitotoksyczność badanego podłoża.

## 7. Podsumowanie

Reasumując zaprezentowane wyniki badań wysunięto następujące wnioski:

- Wszystkie trzy warianty zużytego podłoża po uprawie pieczarek spełniają wymagania dla nawozów organiczno-mineralnych pod względem zawartości azotu całkowitego i fosforu w przeliczeniu na pięciotlenek fosforu ( $P_2O_5$ );
- Uwzględniając stosunek C/N w zużytym podłożu po uprawie pieczarek należy zwrócić uwagę, że jest on dużo niższy niż na przykład w przypadku prawidłowo przygotowanego kompostu, dlatego nawóz z badanych odpadów należy przed zastosowaniem zmieszać z innymi substratami, poprawiającymi ten stosunek;
- Wszystkie przebadane odpady charakteryzują się znaczną wilgotnością, co może pozytywnie wpływać na przyswajalność składników pokarmowych przez rośliny, powodując przy tym ich prawidłowy rozwój. Istotnym parametrem, który spełnia również obie te funkcje jest pH lekko kwaśne, którym charakteryzują się przebadane materiały;
- Zużyte podłoże po uprawie pieczarek jest ubogie w substancje organiczne, które mogłyby dostarczać składniki pokarmowe roślinom oraz mikroorganizmom funkcjonującym w glebie, jednak zawartość rozkładalnych substancji organicznych, łatwo przyswajalnych przez rośliny jest większa niż w przypadku ziemi ogrodniczej, co przemawia na korzyść zużytego podłoża po uprawie pieczarek.

Podsumowując można stwierdzić, iż zużyte podłoże po uprawie pieczarek stanowi cenny materiał nawozowy, jednakże ze względu na brak ustawowej konieczności ewidencjonowania ilości jego wytwarzania i przekazywania do zagospodarowania, trudno jest określić opłacalność tego zastosowania. Przed wykorzystaniem zużytego podłoża po uprawie pieczarek do recyklingu organicznego, należy każdorazowo określać jakość powstałego nawozu, gdyż tak jak wspomniano, na skład odpadu ma wpływ zarówno skład chemiczny substratów stosowanych do wytwarzania podłoża, technologia wytwarzania, jak i wielkość plonu. Należy również wziąć pod uwagę wszystkie wymagania, co do ilości i terminów nawożenia wytworzonym nawozem, a także należy rozpatrzyć aspekt ekologiczny, tak by nie zaburzać prawidłowych funkcji gleb.

## Literatura

1. Production and Marketing of Mushrooms: Global and National, Scenario, [http://www.researchgate.net/publication/235951347\\_Production\\_and\\_Marketing\\_of\\_Mushrooms\\_Global\\_and\\_National\\_Scenario](http://www.researchgate.net/publication/235951347_Production_and_Marketing_of_Mushrooms_Global_and_National_Scenario), z dnia 10.10.2015 r.
2. Olewnicki D., Jabłońska L., Długookresowa analiza rozwoju sektora pieczarkarskiego w Polsce. Roczniki Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, T. 99, z. 4, 2012.
3. Produkcja pieczarek w UE. Polska liderem, <http://www.gospodarz.pl/aktualnosci/grzyby/unijna-produkcja-pieczarek.html>, <http://www.gospodarz.pl/aktualnosci/grzyby/unijna-produkcja-pieczarek.html>, z dnia 10.08.2015 r.
4. Produkcja pieczarek, [www.naszdziennik.pl](http://www.naszdziennik.pl), z dnia 15.11.2014 r.
5. Wiśniewska-Kadżajan B, Sposoby przechowywania podłoża popieczarkowego w czasie, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 54, 2012 r., str.158-164.
6. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz.U. 2007 nr 147 poz. 1033).
7. Charakterystyka zużytego podłoża po uprawie pieczarek, <http://agro-technika.pl/>, z dnia 18.12.2014 r.
8. Ekonomia i środowisko, Czasopismo Europejskiego Stowarzyszenia Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 4 (47) Fundacja Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych, Białystok, 2013 r.
9. Majchrowska-Safaryn A., Tkaczuk C., Możliwość wykorzystania podłoża po produkcji pieczarki w nawożeniu gleb jako jeden ze sposobów jego utylizacji, str. 57-62.
10. Opis pieczarki, [www.swiatkwiatow.pl](http://www.swiatkwiatow.pl), z dnia 15.11.2014 r.
11. Wiśniewska-Kadżajan B., Ocena przydatności podłoża po uprawie pieczarki do nawożenia roślin, str. 165-176.

12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów, (Dz.U. 2014 poz. 1923).
  13. Informacja o braku konieczności ewidencjonowania podłoża popieczarkowego, <http://www.sejm.gov.pl/sejm7.nsf/InterpelacjaTresc.xsp?key=1DA71D94>, z dnia 3.03.2015 r.
  14. Nosecka B., Bugała A., Paszko D., Łukasz Zaremba Ł., Sytuacja na światowym rynku wybranych produktów ogrodniczych i jej wpływ na polski rynek gospodarczy, Instytut Ekonomiki, rolnictwa i gospodarki żywnościowej nr 39, Warszawa 2012 r.
  15. Opis branży pieczarkarskiej <http://gpcodziennie.pl/>, z dnia 15.11.2014 r.
  16. Informacje o konieczności rozdzielania podłoża od okrywy, [www.afirma.com.pl](http://www.afirma.com.pl), z dnia 3.03.2015 r.
  17. Kłapcia E.: Badanie podstawowych właściwości fizykochemicznych zużytego podłoża po uprawie pieczarek pod kątem ich zagospodarowania. Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Śląska, Gliwice 2015 r.
  18. OECD. 2006. Guideline for the testing of chemicals: Proposal for a new Guideline 227. Terrestrial Plant Test: Vegetative Vigour Test. DOI: [http://www.biotechnologiebt.it/pdf\\_our\\_services/OECD227.pdf](http://www.biotechnologiebt.it/pdf_our_services/OECD227.pdf).
  19. PN-EN ISO 11269-1:2013-06. Jakość gleby. Oznaczanie wpływu zanieczyszczeń na florę glebową. Część 1: Metoda pomiaru hamowania wzrostu korzeni.
  20. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne (Dz.U. 2004 nr 128 poz. 1347).
  21. Czop M. Określenie współczynników wymiany masy substancji toksycznych przenikających przez warstwę gleby. Praca doktorska. Promotor prof. dr hab. inż. Janusz W. Wandrasz, Gliwice 2004.
  22. Zawadzki S. Gleboznawstwo. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1999.
  23. Informacje na temat kompostu, <http://www.backhus.com>, z dnia 8.04.2015 r.
  24. Informacja o odczynie gleby <http://abc-ogrodnictwa.pl/>, z dnia 21.10.2015 r.
  25. Informacja o odczynie gleby <http://murator-dom.pl/>, z dnia 21.10.2015 r.
  26. Informacja o znaczeniu materii organicznej <http://www.wodr.poznan.pl/>, z dnia 21.10.2015 r.
  27. Informacja o zawartości azotu amonowego w torfie <http://www.ekobrykiet.eu/torf.html>, z dnia 11.11.2015 r.
-