Joanna Pruszyńska-Wołowik[1]
Studenckie Koło Naukowe Zakładu Rolnictwa, Akademia Bialska im. Jana Pawła II, Biała Podlaska

Marcin Weiner[2]
Akademia Bialska im. Jana Pawła II, Biała Podlaska

https://doi.org/10.29316/9788368103342_4

ZASTOSOWANIE PODŁOŻA PO UPRAWIE PIECZARKI (*AGARICUS BISPORUS*) W KONTEKŚCIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROLNICTWA I GOSPODARKI OBIEGU ZAMKNIĘTEGO

THE USE OF SUBSTRATE FROM MUSHROOM (*AGARICUS BISPORUS*) CULTIVATION IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE AGRICULTURE AND A CLOSED-LOOP ECONOMY

Streszczenie

Przedstawiono możliwość wykorzystania odpadu poprodukcyjnego w postaci zużytego podłoża po uprawie pieczarek (ZPP) jako wysokowartościowego nawozu naturalnego, ograniczającego stosowanie nawozów sztucznych w gospodarstwie rolnym. Podłoże to jest bogate w składniki odżywcze i makroelementy. Postawionym celem badań było sprawdzenie, czy podłoże po uprawie pieczarek, użyte jako nawóz do gleby, wpłynie korzystnie na plon roślin. Wykazano, że wprowadzenie do gleby podłoża po pieczarkach, zwłaszcza z dodatkiem NPK, wpłynęło istotnie na zwiększenie

Abstract

The possibility of using post-production waste in the form of spent mushroom substrate (ZPP) as a high-value natural fertilizer, reducing the use of artificial fertilizers in agricultural practices, has been presented. This substrate is rich in nutrients and macroelements. The aim of the study was to decide whether the spent mushroom substrate, used as a soil fertilizer, would positively affect crop yields. It was proved that the introduction of mushroom substrate into the soil, especially with the addition of NPK, significantly

[1] studentka, http://orcid.org/0009-0009-4543-0543; e-mail: Joanna-pruszynska@wp.pl
[2] prof. dr hab., http://orcid.org/0000-0001-9288-0823; e-mail: m.weiner@dyd.akademiabialska.pl

plonu roślin testowych (ziemniaka i pszenicy ozimej). Przeprowadzone badania wskazują na możliwość wykorzystania podłoża po pieczarkach do nawożenia gleb uprawnych i w konsekwencji, do rozwiązania problemu jego utylizacji.

Słowa kluczowe: odpad poprodukcyjny, zrównoważone rolnictwo, przemysłowa uprawa pieczarek, nawożenie

increased the yield of test plants (potatoes and winter wheat). The conducted research shows the potential for using mushroom substrate for fertilizing arable soils and solving the problem of its disposal.

Keywords: post-production waste, sustainable agriculture, industrial mushroom cultivation, fertilization

Wstęp

Historia uprawy pieczarek

Historia uprawy pieczarek sięga kilku tysięcy lat, pionierami w tej dziedzinie byli Chińczycy. Pierwszym Europejskim państwem, w którym rozpoczęto uprawę pieczarek była Francja, to wydarzenie datuje się na XVI w. W XIX w pieczarka stała się popularna w całej Europie, natomiast w Polsce rozwój uprawy pieczarek na większą skalę rozpoczął się w drugiej połowie XX w. Zaczynano od produkcji na podłożu fazy I, producent sam był odpowiedzialny za jego przygotowanie. Plony były nieporównywalnie mniejsze do obecnych, natomiast nie było wygórowanych wymogów jakościowych, co znacznie ułatwiało produkcję i sprzedaż pieczarek na rynku (Sakson, 2013). Wraz z rozwojem nowoczesnych technologii, rozpoczął się proces ewolucji technologicznej w przemyśle pieczarkarskim. Obecnie produkcja odbywa się na halach z kontrolowanym mikroklimatem, co daje ogromne możliwości zarówno w jakości, jak i ilości wyprodukowanego towaru. Aktualnie produkcja pieczarek odbywa się na podłożu fazy trzeciej co oznacza, że proces przerostu kompostu grzybnią odbywa się w profesjonalnych kompostowniach. Postęp technologiczny umożliwia obecnie zakup podłoża fazy czwartej, co oznacza, że producent zakupuje podłoże już z zawiązanymi grzybami, gotowymi do zbioru po 1-2 dniach. Taki intensywny system produkcji sprawia, że w skali roku producent może wyprodukować dwa razy więcej pieczarek, niż w tradycyjnym systemie uprawy na trzeciej fazie. Dzięki temu obecnie uprawa pieczarek odbywa się na przemysłową skalę, a Polska znajduje się na drugim miejscu spośród producentów w Europie. Rocznie produkujemy ponad 360 000 ton pieczarek, co stanowi około 25% całkowitej produkcji w Unii Europejskiej. Według szacunków Stowarzyszenia Branży Grzybów Uprawnych, co czwarta pieczarka konsumowana na naszym kontynencie została wyprodukowana w Polsce (KOWR 2024). Obecnie na terenie całej Europy

można spotkać ok. 60 rodzajów pieczarek (Sakson, 2013). Najbardziej popularna jest pieczarka dwuzarodnikowa biała i ciesząca się coraz większą popularnością pieczarka brązowa. W latach 80-tych XX w. plony pieczarek z 1 m^2 w jednym cyklu wynosiły około 10-12 kg, a w zdecydowanie większej liczbie pieczarkarni w Polsce standardowo stosowano dwa cykle produkcji. Natomiast w ostatniej dekadzie, według informacji uzyskanych w Instytucie Warzywnictwa w Skierniewicach, plon pieczarek w jednym cyklu wynosił około 25-30 kg/m^2, liczba cykli w roku wzrosła zaś w wielu pieczarkarniach do ośmiu. Plony pieczarek w ciągu ostatnich 30 lat zwiększyły się kilkukrotnie (Szumigaj-Tarnowska, Uliński, 2023).

Uprawa pieczarek

Najbardziej popularna uprawa w Polsce odbywa się na podłożu fazy trzeciej, czyli takim, które jest w pełni przerośnięte grzybnią pieczarki. Cały cykl uprawowy wynosi 6-8 tygodni. Plon zbierany jest w trzech rzutach, a ilość zebranych kilogramów może się znacząco różnić i wynosić 25-30 kg. Czynników tego stanu rzeczy może być kilka, m.in. rodzaj wsianej grzybni, jakość zakupionego podłoża, popyt na rynku, jak również rodzaj zamówienia. Po założeniu hali kompostem, składającym się ze słomy pszennej lub żytniej (materiał węglowy), obornika końskiego lub kurzego, gipsu, który reguluje strukturę i pH, oraz wody, która zapewnia odpowiednią wilgotność i położeniu na nim specjalnej okrywy torfowej rozpoczynamy prace zmierzające do wyprowadzenia grzybni na powierzchnię okrywy i rozpoczęcie tzw. szoku termicznego (Rysunek 1-3). Ma on na celu zawiązanie kilku generacji grzybów. Jest to jeden z kluczowych etapów produkcji pieczarki, który rzutuje na całym plonie danego cyklu. W czasie jego trwania następuje obniżenie temperatury, dwutlenku węgla i wilgotności do poziomu założonego wcześniej (Rysunek 4). Dzięki umiejętnemu sterowaniu tymi trzema parametrami możliwe jest zawiązanie owocników. W uprawie pieczarek możliwa jest regulacja poszczególnych parametrów celem uzyskania produktu przeznaczonego pod konkretnego dostawcę. W przypadku szybkiego obniżenia wymienionych wyżej parametrów, zawiązuje się więcej drobnej generacji pieczarek, a co za tym idzie koszty pracy ulegają zwiększeniu. W pozostałych przypadkach producenci stopniowo obniżają temperaturę, ilość dwutlenku węgla i wilgotność. Doświadczenie producenta odgrywa kluczową rolę w produkcji pieczarek. W czasie zbioru owocników, który trwa ok 5 dni, utrzymuje się temperaturę w granicach 16-18 stopni, przy wilgotności 85-95%, w czasie zbioru należy też utrzymać niskie stężenie dwutlenku węgla w granicach 1800 ppm. Istotnym czynnikiem wpływającym na rozwój pieczarek jest wymiana gazowa. Zbyt wysokie stężenie dwutlenku węgla hamuje rozwój kapelusza grzyba,

skutkując powstawaniem długich i cienkich trzonków, dlatego wentylacja w pomieszczeniu uprawowym jest kluczowa na każdym etapie wzrostu. Podłoże stanowi podstawę dla rozwoju grzybni, zazwyczaj jest to kompostowany nawóz lub inne materiały organiczne bogate w składniki odżywcze. Jego jakość, skład i odczyn pH (optymalnie 7,0-7,5) mają duży wpływ na tempo wzrostu oraz wielkość plonu. Zarówno kwaśne, jak i zasadowe podłoże mogą osłabić rozwój pieczarek. Równie ważna jest obecność pożytecznych mikroorganizmów w podłożu, które wspomagają wzrost grzybni, poprzez poprawę dostępności składników odżywczych oraz hamowanie patogenów (Bąk, Gąsiorek, 2017). Tempo wzrostu pieczarek od momentu inicjacji zawiązków do dojrzałości kapelusza wynosi zwykle 12-18 dni, co czyni je jednym z najszybciej rosnących grzybów uprawnych. Choć pieczarki naturalnie rozwijają się w ciemności, delikatne oświetlenie w końcowej fazie wzrostu może poprawić ich kolor oraz jakość owocników. Po zbiorze świeże pieczarki przechowuje się w niskich temperaturach około 2°C, co spowalnia dalszy wzrost i procesy starzenia, wydłużając ich świeżość. Jednocześnie uprawa pieczarek jest narażona na ataki chorób grzybowych i bakteryjnych, które mogą hamować wzrost lub powodować deformacje owocników. Z tego powodu stosuje się zintegrowane metody ochrony roślin, które pozwalają utrzymać zdrową i wydajną produkcję.

Rysunek 1. Hala założona kompostem fazy trzeciej

Źródło: materiały własne.

Rysunek 2. Przerost okrywy
Źródło: materiały własne.

Rysunek 3. Początek fazy generatywnej
Źródło: materiały własne.

Rysunek 4. W pełni rozwinięte owocniki, gotowe do zbioru
Źródło: materiały własne.

Różnice pomiędzy odmianami pieczarek

Najpopularniejsze w Polsce są pieczarki dwuzarodnikowe *Agricus bisporus*, na terenie Polski uprawiane są głównie pieczarki białe, natomiast coraz większą popularnością cieszą się pieczarki brązowe. Różnice między odmianami przedstawiono w Tabeli 1. Pieczarka brązowa jest bardziej odporna na choroby, co czyni ją niezwykle atrakcyjną, zarówno dla konsumenta, jak również dla samego producenta, dodatkowo jest bardziej odporna na miejscowe przegrzania i błędy w czasie całego cyklu produkcyjnego. W następstwie globalnych zmian trendów żywieniowych, pieczarki brązowe wpisują się idealnie jako zdrowa alternatywa dla dań mięsnych, jest hitem kulinarnym, trafiającym w preferencje konsumentów. Pieczarka ta, jest nieco droższa od białej, wynika to z faktu, że plonuje słabiej niż pieczarka biała. W uprawie pieczarek białych i brązowych stosuje się podobne techniki, jednak odmiana brązowa wymaga nieco innych warunków środowiskowych – przede wszystkim nieco wyższej temperatury i dłuższego czasu wzrostu, co wpływa również na jej cenę i dostępność na rynku. Różnice te mają znaczenie zarówno dla producentów, jak i konsumentów, którzy wybierają pieczarki według preferencji smakowych i zastosowania kulinarnego.

Tabela 1. Różnice pomiędzy odmianami pieczarek

Pieczarki białe	Pieczarki brązowe
Delikatny smak	Intensywniejszy, głębszy smak
Uniwersalne – do sałatek, zup, sosów	Świetne do dań duszonych i pieczonych, risotto
21 kcal / 100 g	27 kcal / 100 g
Mniej witaminy D i B2	Więcej witaminy D i B2
Nieco mniej antyoksydantów i błonnika	Nieco więcej antyoksydantów i błonnika
Tańsze od brązowych	Droższe od białych

Źródło: opracowania własne.

Właściwości prozdrowotne pieczarek

Oprócz walorów smakowych, pieczarki są niezwykle cennym składnikiem diety. Stanowią doskonałe źródło białka 75%, (Sakson, 2007) szczególnie cennego w diecie wegetariańskiej, zawierają prawie wszystkie aminokwasy, dodatkowo zawierają błonnik, sole mineralne, witaminę A i E, witaminy z grupy B w tym (kwas foliowy), witaminę D, potas, miedź, selen, oraz jod. (Sobieralski i in., 2017). Wspomagają funkcjonowanie układu odpornościowego, mają właściwości przeciwnowotworowe, dzięki niskiemu indeksowi glikemicznemu są dobrze przyswajalne przez osoby chore na cukrzycę. Polisacharydom zawartym w ścianie komórkowej grzybów przypisuje się działania prozdrowotne, w tym immunostymulujące, przeciwnowotworowe, hipoglikemiczne i antyoksydacyjne. W pieczarkach stwierdzono również obecność beta glukanu, polisacharydu zaliczanego do rozpuszczalnej frakcji błonnika pokarmowego. Polisacharydy to bardzo liczna grupa związków, które obniżają poziom cholesterolu, aktywują komórki NK (naturall killers), chronią przed miażdżycą i nadciśnieniem, są ubogie w węglowodany i tłuszcze. Pieczarki należą do tzw. żywności funkcjonalnej, dzięki licznym wartościom prozdrowotnym. Zawierają wysoką zawartość antyoksydantów, ergotioneinę i glutation, silne przeciwutleniacze, które chronią komórki przed stresem oksydacyjnym, co może zmniejszać ryzyko chorób neurodegeneracyjnych np. Alzheimera, Parkinsona (Szwedziak, Polanczyk, 2014).

Skład i działanie podłoża po pieczarkach (ZPP)

ZPP ogranicza stosowanie nawozów sztucznych i jest bogate w składniki odżywcze. Zawiera makroelementy w ilości (g/kg s.m.): azot 12,9-26,1; fosfor 4,7-10,2; potas 5.5-25,5; magnez 5,5-5,3; wapń 13,7-103; sód 0,5-2,8 a uwalnianie składników następuje stopniowo, działa jak nawóz długodziałający (Dąbek i Kowalik, 2020). Zawiera materię organiczną, co czyni je

cennym nawozem organicznym. Ponadto poprawia strukturę gleby, jej przewiewność i zdolność do zatrzymywania wody, resztki grzybni sprzyjają rozwojowi mikroorganizmów glebowych oraz odkwasza glebę, poprawiając jej właściwości dla wielu roślin uprawnych. Podłoże przed użyciem jako nawóz, powinno być przekompostowane, ponieważ w stanie surowym może mieć niekorzystny wpływ na glebę i rośliny. Ma zbyt wysokie zasolenie, zbyt dużą zawartość azotu w formie amonowej. W trakcie kompostowania mikroorganizmy przetwarzają go w formy łatwiej przyswajalne – azot azotanowy. Świeży kompost jest aktywny biologicznie i przebiegają w nim procesy fermentacji, wytwarza ciepło i gazy mogące być szkodliwe dla roślin. Kompostowanie pozwala na rozkład białek i cukrów do form łatwiej przyswajalnych. Redukuje ryzyko wystąpienia chorób, pleśni i patogenów. W trakcie kompostowania rozwijają się pożyteczne mikroorganizmy, które konkurują z patogenami, stabilizują pH i warunki fizykochemiczne, poprawiają strukturę kompostu. Zużyte podłoże pieczarkowe jest cennym źródłem substancji organicznej o korzystnym pod względem wartości nawozowej stosunku C:N. Ponadto zużyte podłoże pieczarkowe może pełnić funkcję naturalnego środka mulczującego, który ogranicza rozwój chwastów, redukuje parowanie wody oraz stabilizuje temperaturę gleby wokół roślin i wspomaga efektywność upraw warzyw, owoców czy roślin ozdobnych (Nowicka, Wiśniewski, 2019).

Materiał i metoda

Celem badań było sprawdzenie, czy podłoże po uprawie pieczarki, użyte jako nawóz do gleby, wpłynie korzystnie na plon roślin. Doświadczenie przeprowadzono metodą wyznaczenia losowych bloków w czterech powtórzeniach, na glebie o lekko kwaśnym odczynie, glebie lekkiej (piaskowo-gliniastej) i dobrych warunkach bonitacyjnych. W czasie trwania doświadczenia występowały zróżnicowane warunki pogodowe. Przeprowadzono trzy warianty nawożenia: obiekt kontrolny (bez nawożenia), obiekt z nawozem NPK i obiekt z użytym ZPP+NPK. W pierwszym roku doświadczenia rośliną testową był ziemniak odmiany Pasat, w drugim roku pszenica ozima odmiany Finezja. Wykorzystane do nawożenia podłoże pochodziło z pieczarkarni z cyklu trzyrzutowego faza trzecia, bogate w torf, kredę, mączkę i dodatki organiczne.

Wyniki

Wpływ zastosowanego nawożenia na plonowanie ziemniaka w pierwszym roku doświadczenia. W obiekcie, w którym zastosowano nawożenie samym ZPP, plon rośliny testowej wynosił 25,8 t/ha był nieco wyższy niż w obiekcie kontrolnym, w którym wynosił on 25,4 t/ha. Plon bulw ziemniaka odmiany pasat zależał w dużej mierze od zastosowanego nawożenia podłożem po pieczarkach z dodatkiem NPK i wynosił 35,9 t/ha.

Wpływ nawożenia na plonowanie pszenicy ozimej w drugim roku doświadczenia. Zauważono istotny wpływ zastosowanego nawożenia na plonowanie pszenicy ozimej. Efekty nawożenia samym podłożem po pieczarkach na plon ziarna był podobny do uzyskanego wyniku na obiekcie kontrolnym i wynosił 4,33 i 4,28 t/ha. Największy plon ziarna uzyskano na obiekcie, który był nawożony ZPP z dodatkiem NPK i wynosił on 5,79 t/ha.

Oprócz ekonomicznych korzyści jakie wynikały z zastosowania ZPP, wynikających z ograniczenia konieczności zakupu nawozów sztucznych oraz kosztów potencjalnej utylizacji ZPP, które oszacowano na poziomie 600-110 zł/ha, zauważono poprawę struktury gleby, zwiększenie próchnicy, zwiększenie zasobności w związki makro i zdecydowaną poprawę zdolności do zatrzymywania wody.

Intensywna produkcja rolna jest efektywna, ale często odbywa się kosztem środowiska i zdrowia ludzi (Kowalski, Nowak, 2018). Coraz częściej mówimy o potrzebie przejścia na model zrównoważonego rolnictwa, które łączy wydajność z troską o przyszłość planety. Rolnictwo ekologiczne staje się coraz bliższą nam alternatywą dla intensywnej produkcji żywności. Coraz więcej konsumentów uważa, że żywność wyprodukowana w sposób ekologiczna jest smaczniejsza i zdrowsza. Wzrasta też nasza świadomość, że uprawy nie ekologiczne i związany z nimi wysoki poziom chemizacji gleby pociąga za sobą szereg negatywnych skutków dla środowiska. Przy zrównoważonym rozwoju i ogromnej w nim roli obiegu gospodarki zamkniętej, użycie odpadu poprodukcyjnego w postaci kompostu uzyskanego po zakończonym cyklu uprawy pieczarki nabiera ogromnego znaczenia. Zróżnicowane rolnictwo opiera się na równowadze, między produkcją żywności, a ochroną środowiska, efektywnym wykorzystaniem zasobów, oraz dbałością o aspekty społeczne i ekonomiczne rolnictwa. Recykling zużytego podłoża w gospodarstwie rolnym stanowi świetną alternatywę dla nawozów syntetycznych. Minimalizacja odpadów w produkcji pieczarek sprawia, że efektywnie gospodarujemy zasobami. Gospodarka obiegu zamkniętego minimalizuje odpady, a ponowne wykorzystanie surowców w postaci ZPP (zużyte podłoże pieczarkowe) idealnie wpisuje się w powyższy schemat (Sobczak, Wiśniewska, 2018).

Wnioski

Wprowadzenie do gleby podłoża produkcji pieczarek, w szczególności z dodatkiem NPK wpłynęło korzystnie na poprawę plonowania roślin testowych. Badania, które zostały przeprowadzone wykazały możliwość wykorzystanie podłoża po pieczarkach do nawożenia gleb uprawnych, co prowadzi do rozwiązania problemu związanego z jego utylizacją. Rezultaty jakie

udało się osiągnąć, wskazują na możliwość rozwiązania problemu współczesnego rolnictwa w kontekście ograniczenia zużycia chemicznych środków na rzecz metod biologicznych. Zastosowane ZPP przyczyniło się do redukcji emisji CO_2 poprzez ponowne wykorzystanie podłoża. Zużyte podłoże po pieczarkach przyczyniło się do poprawy struktury gleby i może być kluczowym elementem zrównoważonego rolnictwa w kontekście obiegu zamkniętego.

Piśmiennictwo

1. Bąk, K., Gąsiorek, M. (2017). *Wykorzystanie mikroorganizmów w uprawie pieczarek*. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy.
2. Dąbek, M., Kowalik, M. (2020). *Efektywność stosowania ZPP w uprawie pieczarek*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.
3. Kowalski, T., Nowak, M. (2018). *Zastosowanie zintegrowanej produkcji roślin w uprawie warzyw i grzybów jadalnych*. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy.
4. Nowicka, B., Wiśniewski, R. (2019). *Wpływ ZPP na wzrost plonów pieczarek i warzyw gruntowych*. Prace Komisji Nauk Rolniczych. Polska Akademia Nauk.
5. Sakson, N. (2007). *Produkcja podłoża do uprawy pieczarek*. Polskie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
6. Sakson, N. (2013). *Pieczarka: Uprawa intensywna*. Polskie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
7. Sobczak, J., Wiśniewska, A. (2018). *Znaczenie zrównoważonej produkcji pieczarek w rolnictwie ekologicznym*. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy.
8. Szwedziak, K., Polanczyk, E. (2014). *Zintegrowana uprawa pieczarek z pożytecznymi mikroorganizmami*. Instytut Technologii Przetwórstwa Spożywczego.
9. Szumigaj-Tarnowska, J., Uliński, Z. (2023). *Metodyka ekologicznej uprawy pieczarki*. Instytut Ogrodnictwa – InHort.