

Metodyka ekologicznej uprawy pieczarki

Skierniewice 2023



Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy

Metodyka ekologicznej uprawy pieczarki



OPRACOWANIE ZBIOROWE pod redakcją dr inż. Joanny Szumigaj-Tarnowskiej

AUTORZY

dr inż. Joanna Szumigaj-Tarnowska

mgr inż. Zbigniew Uliński

RECENZENCI

prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski

prof. dr hab. Adam Wojdyła

REDAKTOR SERII

prof. dr hab. Mirosława Cieślińska

Wykaz autorów poszczególnych zdjęć umieszczono na końcu opracowania

PROJEKT OKŁADKI

dr inż. Iwona Sowik

ISBN 978-83-67039-23-9

Aktualizację wykonano w ramach Zadania Celowego nr 7.2. „Opracowanie technologii produkcji warzyw i grzybów jadalnych w systemie ekologicznym” (Obszar 7. „Sadownictwo i warzywnictwo metodami ekologicznymi”) finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

©Instytut Ogrodnictwa – PIB, Skierniewice 2023, **aktualizacja 2024**

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być reprodukowana w jakiegokolwiek formie i w jakikolwiek sposób bez pisemnej zgody wydawcy.

Spis treści

I.	WSTĘP – CELE I ROZWÓJ ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO.....	7
II.	UPRAWA EKOLOGICZNA PIECZARKI.....	8
III.	BUDOWA I WYPOSAŻENIE PIECZARKARNI.....	9
	1. Lokalizacja i wielkość pieczarkarni.....	9
	2. Elementy składowe pieczarkarni	10
	3. Wymagania konstrukcyjne hal uprawowych.....	11
IV.	SUROWCE DO PRODUKCJI PIECZAREK.....	12
	1. Ekologiczne podłoże uprawowe	12
	1.1. Faza I fermentacji – fermentacja samoistna.....	13
	1.2. Faza II fermentacji – fermentacja kontrolowana.....	14
	1.3. Siew grzybni pieczarki.....	15
	2. Podłoże uprawowe fazy III – przerośnięte w masie grzybnią pieczarki.....	16
	2.1. Inkubacja podłoża z grzybnią.....	17
	3. Okrywa torfowa	18
IV.	ZAKŁADANIE UPRAWY	19
	1. Przygotowanie pieczarkarni do założenia uprawy.....	19
	2. Transport podłoża i okrywy	20
	3. Nakładanie podłoża i okrywy na regały uprawowe.....	20
	3.1. Nakładanie na regały podłoża fazy III konfekcjonowanego w kostki	20
	3.2. Nakładanie okrywy na podłoże w kostkach.....	21
	3.3. Nakładanie na regały podłoża fazy III luzem wraz z okrywą.....	21
	4. Zabiegi profilaktyczne.....	22
V.	PROWADZENIE UPRAWY DO SZOKU	22
	1. Przerastanie okrywy	22
	2. Nawadnianie upraw.....	23
VI.	„SZOKOWANIE” UPRAWY.....	23
VII.	PROWADZENIE UPRAWY PO SZOKU.....	26
	1. Powstawanie zawiązków i kształtowanie się owocników pierwszego rzutu.....	26
	2. Wzrost owocników pierwszego rzutu.....	26
	3. Nawadnianie upraw w trakcie wzrostu i zbioru owocników pierwszego rzutu	27
	4. Zbiór owocników pierwszego rzutu.....	28
	5. Wyprowadzenie i zbiór owocników drugiego rzutu	29
	6. Wyprowadzenie i zbiór owocników trzeciego rzutu	30

7. Pakowanie, przechowywanie i transport zebranych pieczarek.....	31
VIII. LIKWIDACJA UPRAWY.....	31
IX. CHOROBY I SZKODNIKI.....	32
1. Choroby	32
1.1. Choroby grzybowe	32
1.2. Choroby bakteryjne	44
1.3. Choroby wirusowe	47
2. Szkodniki	50
2.1. Muchówki	50
2.2. Roztocze.....	52
2.3. Nicienie	53
X. OCHRONA PRZED CHOROBAMI I SZKODNIKAMI	55
1. Zabiegi profilaktyczne podczas prowadzenia uprawy ekologicznej	55
2. Ekologiczne metody ochrony pieczarki przed chorobami	56
3. Ekologiczne metody ochrony pieczarki przed szkodnikami.....	62
XI. ZASADY HIGIENICZNO-SANITARNE	63
XII. LITERATURA	64
XIII. AKTY PRAWNE DOTYCZĄCE ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO	66

I. WSTĘP – CELE I ROZWÓJ ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO

Rolnictwo ekologiczne, inaczej organiczne lub biologiczne, to zrównoważony sposób produkcji roślinnej lub zwierzęcej, w której stosowane są środki pochodzenia biologicznego i mineralnego, a niedozwolone jest stosowanie syntetycznych nawozów mineralnych, środków ochrony roślin, regulatorów wzrostu i chemicznych dodatków paszowych. Na wszystkich etapach produkcji zwraca się uwagę na ochronę środowiska stosując naturalne środki i metody produkcji, nie naruszając równowagi przyrodniczej i zasobów naturalnych.

Rolnictwo ekologiczne staje się alternatywą dla intensywnej produkcji żywności. Coraz większa grupa konsumentów uważa, że żywność ekologiczna jest smaczniejsza i zdrowsza. Wzrasta też świadomość, że uprawy nieekologiczne i związany z nimi wysoki poziom chemizacji gleby pociąga za sobą szereg negatywnych skutków dla środowiska.

Rolnictwo ekologiczne to przede wszystkim:

- produkcja żywności o wysokich wartościach odżywczych,
- utrzymywanie/podwyższanie żyzności gleby (w sposób stały),
- wykorzystanie odnawialnych zasobów,
- zamknięcie obiegu materii organicznej,
- stosowanie wyłącznie bezpiecznych materiałów i substancji, nadających się do ponownego wykorzystania,
- unikanie form skażenia i zanieczyszczenia gleby i całego środowiska,
- utrzymanie genetycznej różnorodności,
- edukacja związana z ekologią i środowiskiem,
- przestrzeganie sztywnych norm, należących do jednostek certyfikujących wyroby ekologiczne,
- zwrócenie uwagi na problemy środowiska,
- chęć traktowania gospodarstwa jako żywego organizmu,
- naturalna ochrona roślin przed chorobami i szkodnikami.

Produkcja żywności ekologicznej najszybciej rozwija się w krajach Unii Europejskiej, z czego ponad połowa konsumpcji tej żywności ma miejsce w dwóch państwach: w Niemczech oraz we Francji.

Poziom rozwoju gospodarstw ekologicznych zależy od szeregu czynników – np. żyzności gleby, wiedzy, dostępnych funduszy, warunków klimatycznych czy ukształtowania terenu.

W Polsce liczba gospodarstw ekologicznych sukcesywnie rośnie od 2004 r. Konsumentów coraz bardziej zainteresowani są lokalną żywnością ekologiczną oraz zwracają większą uwagę na sposoby uprawy warzyw i owoców. W naszym kraju w 2020 r. było ponad 20 tysięcy gospodarstw ekologicznych. W roku 2023 odnotowano kolejny wzrost producentów żywności ekologicznej, a w odniesieniu do roku poprzedniego był to

wzrost o około 5%. Ostatecznie od 2000 roku ich liczba zwiększyła się prawie sześciokrotnie.

Produkcja ekologiczna podlega urzędowej kontroli na każdym etapie produkcji, przygotowania, przechowywania, transportu i dystrybucji. W Polsce nadzór produkcji ekologicznej pełnią tzw. organy kontroli i certyfikacji w rolnictwie tj.:

1. Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi,
2. Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych, która w swojej pracy uruchamia także: Urzędy Ochrony Konkurencji i Konsumentów, Inspekcji Weterynaryjnej oraz Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa,
3. Polskie Centrum Akredytacji,
4. Upoważnione jednostki certyfikujące.

Producenci żywności ekologicznej, sprzedawcy, a także pośrednicy w sprzedaży tych produktów muszą zarejestrować się w lokalnej jednostce certyfikującej. Produkcja ekologiczna oznacza stosowanie metod produkcji zgodnych z zasadami określonymi w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/848 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007. Obowiązujące od 01.01.2022 roku rozporządzenie PE i Rady (UE) 2018/848 oraz akty wykonawcze i delegowane do tego rozporządzenia znajdują się na stronie: <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/przepisy-unijne>.

II. UPRAWA EKOLOGICZNA PIECZARKI

W Polsce rocznie produkuje się około 350 tys. ton pieczarek. Produkcja ekologiczna pieczarki, podobnie jak w przypadku pozostałych upraw warzyw, stanowi jedynie niewielki procent całości produkcji. Rynek ten jednak stale się rozwija.

Towarowa uprawa pieczarki w nowoczesnych zakładach odbywa się przez cały rok, w pomieszczeniach zamkniętych, specjalnie przystosowanych do prowadzenia tylko i wyłącznie tego typu uprawy. Takie rozwiązanie pozwala z jednej strony zapewnić optymalne warunki dla rozwoju grzybni i owocników na całym etapie produkcji, co umożliwia uzyskiwanie dużych plonów wysokiej jakości, z drugiej jednak wieloletnia intensywna uprawa w monokulturze sprzyja pojawianiu się w niej chorób i szkodników.

Ochrona upraw pieczarki w systemie ekologicznym przed szkodnikami i chorobami jest dużym problemem, ze względu na brak dostępności środków zwalczających lub ograniczających patogeny i szkodniki w tych uprawach. Tym samym, aby wspierać gospodarstwa ekologiczne należy intensywnie poszukiwać nowych metod i produktów naturalnych, które mogłyby skutecznie ograniczać występujące w uprawach agrofagi. W związku z ograniczonymi możliwościami stosowania środków ochrony roślin, szczególne znaczenie ma stosowanie podczas całego cyklu produkcji metod sanitarno-higienicznych oraz dążenie do utrzymywania upraw w stanie wolnym od chorób i szkodników. W uprawie ekologicznej nie dopuszczalne jest stosowanie środków ochrony roślin, które są rekomendowane tylko do ochrony upraw prowadzonych metodą konwencjonalną.

Produkcja pieczarki prowadzona jest na podłożu, które składa się z dwóch komponentów wyprodukowanych w wyspecjalizowanych do tego firmach: podłoża pieczarkowego i okrywy. Podstawową różnicą pomiędzy uprawą ekologiczną a konwencjonalną jest pozyskanie ekologicznego podłoża pieczarkowego z certyfikatem oraz okrywy torfowej, która nie zawiera chemicznych substancji odkażających.

W dużym uproszczeniu uprawa pieczarek polega na odpowiednim sterowaniu klimatem w hali uprawowej tak, aby zapewnić grzybni i grzybom optymalny poziom temperatury, wilgotności i dwutlenku węgla (CO_2). Parametry te mieszczą się w ściśle określonych zakresach, które są różne na poszczególnych etapach produkcji: przerastania podłoża, przerastania okrywy, inicjowania owocowania, dorastania owocników i zbioru. Kontrola tych parametrów oraz umiejętne reagowanie na zmiany warunków w hali są istotnie dla osiągnięcia wysokich plonów o dobrej jakości.

III. BUDOWA I WYPOSAŻENIE PIECZARKARNI

1. Lokalizacja i wielkość pieczarkarni

Wybierając miejsce pod pieczarkarnię oraz planując jej rozmiary należy brać pod uwagę następujące czynniki:

- jakość gruntu – w przypadku pieczarkarni nie odgrywa większego znaczenia, choć preferowane są gleby lekkie o niskim poziomie wód gruntowych;
- powierzchnia działki – powinna uwzględniać potrzeby technologiczne i transportowe planowanej działalności, strefę ochronną oraz możliwości dalszego rozwoju firmy;
- uzbrojenie terenu (drogi dojazdowe, odprowadzenie ścieków, źródło energii o wystarczająco dużej mocy);
- dostępność znacznych ilości wody o standardzie wody pitnej do celów irygacyjnych i dowilżania powietrza;
- sąsiedztwo – w miarę możliwości unikać bliskiego sąsiedztwa takich obiektów jak: szklarnie, obory i chlewnie, składowiska odpadów organicznych, kompostownie czy inne pieczarkarnie, które są miejscem bytowania i rozmnażania się muchówek będących szkodnikami w uprawach grzybów;
- rynek zbytu – dotyczy to głównie lokalizacji niewielkich obiektów, z których pieczarki mają być przeznaczone głównie na rynek lokalny;
- dostępność siły roboczej.

Wielkość powierzchni uprawowych pieczarkarni jest bardzo zróżnicowana. Obecnie minimalna wielkość hali do uprawy to 400 m², natomiast optymalną powierzchnią uprawową jest 1000-1500 m². Przy tej powierzchni można prowadzić uprawę pieczarek z użyciem nowoczesnych technologii. Dla niewielkich pieczarkarni (do 8 hal) powierzchnia uprawowa hali powinna wynosić ok. 260 m². Rozważając projektowanie/budowanie pieczarkarni, należy najpierw zaplanować wielkość produkcji w ciągu roku, np. dla 2200 ton/rok powierzchnia uprawy to ok. 8500 m².

O wielkości produkcji decyduje kilka czynników, jak:

- długość cyklu uprawowego, która wynosi od 4 (uprawy fazy IV) do 6,5 tygodni (uprawy na podłożu fazy III),
- dynamika plonowania upraw. Pieczarka plonuje rzutami, które rozpoczynają się co 7-8 dni i trwają 3-5 dni. Na ogół z upraw ekologicznych zbierane są 2 rzuty owocników.
- wielkość plonowania – na potrzeby wyliczeń szacunkowych należy przyjąć przeciętny plon pieczarek z jednego cyklu uprawowego na poziomie ok. 26-30 kg/m².

Zwiększanie powierzchni uprawowej obiektów pozwala na:

- zwiększenie produkcji pieczarek i systematyczności podaży grzybów, a tym samym wzrost dochodu;
- większe możliwości inwestycyjne i niższe średnie koszty wyposażenia obiektu w nowoczesne urządzenia i sprzęt uprawowy;
- lepsze wykorzystanie sprzętu produkcyjnego (środki transportu, urządzenia do załadunku i rozładunku podłoża, agregaty chłodzące i prądowe, opryskiwacze, zamgławiacze) oraz stałych instalacji, jak systemy klimatyzacji, kotłownie czy urządzenia do uzdatniania wody;
- większe zapotrzebowanie na siłę roboczą i możliwość stałego zatrudnienia pracowników, którzy przez stałe podnoszenie swoich kwalifikacji lepiej rozumieją i realizują wymagania uprawowe;
- większe możliwości nawiązania stałej, korzystnej współpracy z dużymi odbiorcami pieczarek (przetwórnice, hurtownie, sieci handlowe, odbiorcy zagraniczni).

Dla zapewnienia regularnych prac uprawowych i podaży grzybów, pieczarkarnia powinna składać się z co najmniej trzech hal uprawowych przy 6-cio tygodniowym lub krótszym cyklu uprawowym. Pozwala to na zakładanie upraw w odstępach około dwutygodniowych. Znacznie większą rytmiczność uzyskać można poprzez podwojenie ilości hal odpowiednio do sześciu i ośmiu. Zwiększy to częstotliwość zakładania upraw do około jednej tygodniowo i zapewni systematyczność produkcji oraz podwoi ilość zbieranych grzybów.

2. Elementy składowe pieczarkarni

Profesjonalna pieczarkarnia powinna składać się z następujących elementów:

- hale uprawowe z regałami;
- korytarz komunikacyjny;
- pakownia;
- chłodnia z komorą wstępnego schładzania;
- kotłownia i skład opału;

- magazyny na skrzynki do zbioru i opakowania jednostkowe, sprzęt, narzędzia oraz środki ochrony i higieny;
- biuro oraz pomieszczenia socjalne i sanitarne;
- system klimatyzacji lub kształtowania mikroklimatu hal uprawowych;
- systemy zaopatrzenia w wodę i kanalizacji;
- układ elektryczny z agregatem prądotwórczym;
- utwardzona strefa manewrowa od strony załadunkowej hal uprawowych oraz drogi dojazdowe.

Ponadto, w profesjonalnej pieczarkarni powinny znajdować się:

- urządzenia do załadunku i wyładunku podłoża oraz okrywy;
- sprzęt i narzędzia do zbioru pieczarek (wózki, wagi, wiadra, nożyki);
- sprzęt do utrzymania należytej higieny w obiekcie (opryskiwacz, zamgławiacz, myjka ciśnieniowa);
- środki transportu wewnętrznego i zewnętrznego (wózki ręczne, akumulatorowe i widłowe, samochody dostawcze).

3. Wymagania konstrukcyjne hal uprawowych

Hale uprawowe wraz z wyposażeniem są najważniejszym elementem pieczarkarni decydującym bezpośrednio o wielkości i jakości zbieranych plonów, dlatego stawia się wobec nich szereg wymagań, z których do najważniejszych należą:

- a. odpowiednia proporcja pomiędzy kubaturą hali a jej powierzchnią uprawową, która powinna wynosić 2:1, co ułatwia zapewnienie optymalnych parametrów mikroklimatu na wszystkich etapach prowadzonych upraw;
- b. wysoka izolacyjność termiczna i przeciw-wilgotnościowa – ogranicza niepożądaną ingerencję warunków zewnętrznych w mikroklimat hali i zmniejsza nakłady ponoszone na utrzymanie jego parametrów na optymalnych poziomach;
- c. szczelność – zabezpiecza uprawy przed zasiedleniem przez szkodniki (głównie muchówki) oraz przed infekcjami z zewnątrz;
- d. trwałość – odporność na znaczne zróżnicowanie mikroklimatu w trakcie cyklu uprawowego, głównie temperatury powietrza w granicach 15-70°C i wilgotności powietrza w granicach 85-100%.

Profesjonalne hale uprawowe powinny być wyposażone w:

- a. regały uprawowe oraz wózki i platformy do zbioru grzybów;
- b. układ klimatyzacji;
- c. system podlewania i kanalizacji;
- d. wydajne, hermetyczne oświetlenie;
- e. szczelne drzwi i wrota.

Najważniejszym spośród wymienionych powyżej elementów jest układ klimatyzacji. Pozwala on na precyzyjne sterowanie klimatem w halach i uniezależnienie go od warunków zewnętrznych, co umożliwia prowadzenie produkcji przez cały rok.

W nowoczesnych pieczarkarniach stosowany jest nadciśnieniowy układ klimatyzacji, składający się z następujących elementów:

- czerpnia powietrza zewnętrznego z filtrem wstępnym i nagrzewnicą;
- kanał powietrzny z filtrem kieszeniowym;
- czerpnia powietrza recyrkulowanego;
- komora mieszania z żaluzjami do płynnej regulacji proporcji mieszanego powietrza;
- chłodnica [80 KW*];
- nagrzewnica [50 KW*];
- wentylator z płynną regulacją obrotów [wydajność do 5000 m³/godz.* i stopień sprężania wynoszący 50 mm słupa wody];
- układ nawilżania powietrza wodny lub parowy;
- kanały i rękawy foliowe rozprowadzające powietrze [szerokość rękawa – 100 cm];
- otwory wywiewne z filtrami i żaluzjami;
- wilgotnościomierz z czujnikiem temperatury powietrza;
- miernik CO₂;
- sondy temperatury podłoża;
- elektroniczny układ sterujący.

[* wartości określone dla hali o powierzchni uprawowej 250 m².]

Układ klimatyzacji hali uprawowej zapewnia:

- schładzanie lub podgrzewanie powietrza w hali i powietrza czerpanego z zewnątrz oraz podłoża;
- dowilżanie lub osuszanie powietrza w hali i powietrza czerpanego z zewnątrz;
- wymuszanie i regulowanie prędkości cyrkulacji powietrza w hali;
- osuszanie owocników po podlaniu;
- wymiana powietrza w hali w celu usunięcia z niej nadmiaru CO₂ emitowanego przez podłoże.

IV. SUROWCE DO PRODUKCJI PIECZAREK

1. Ekologiczne podłoże uprawowe

Podłoże do uprawy pieczarki sporządza się z dobrej jakości słomy zbóż ozimych (głównie pszenicy, pszenżyta), pomiotu drobiowego, gipsu i wody. Jest to tzw. podłoże zastępcze, bowiem z powodu ograniczonej podaży zastępuje ono klasyczny surowiec do produkcji podłoża – nawóz koński.

Surowce do produkcji pieczarek w systemie ekologicznym muszą posiadać wymagane certyfikaty, zgodne z ogólnymi przepisami dla produktów ekologicznych. Zatem konieczne jest, aby słoma oraz pomiot kurzy pochodziły z certyfikowanych gospodarstw rolniczych, wolnych od pozostałości pestycydów oraz regulatorów

wzrostu zbóż. Gips wykorzystywany do obniżenia odczynu podłoża musi być czysty, a nie powstały w elektrowni w procesie oczyszczania spalin z siarki. Kompostownia produkująca ekologiczne podłoże do uprawy pieczarki, jest corocznie kontrolowana, celem sprawdzenia czy są stosowane rygorystyczne normy, przez odpowiednią jednostkę certyfikującą. Nadzór nad rzetelnością jednostki kontrolującej sprawuje Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych, działająca w imieniu Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Surowce do produkcji podłoża stosuje się w następujących proporcjach:

- 1 tona suchej ekologicznej słomy o wilgotności 15-20%
- 1 tona ekologicznego nawozu kurzego o zawartości azotu (N) ok. 2,5%
- 70 kg czystego gipsu
- ok. 3000 l czystej wody, nie pochodzącej z obiegu zamkniętego.

Podłoże do uprawy pieczarki jest źródłem między innymi węgla, azotu, soli mineralnych i witamin dla rozwijającej się grzybni tych grzybów. Podłoże to staje się dostępne dla grzybni po odpowiednim procesie przetworzenia zmieszanych surowców, który nazywany jest kompostowaniem.

Mieszanina komponentów podłoża, po odpowiednim nawilżeniu i dokładnym wymieszaniu, poddawana jest fermentacji wstępnej samoistnej (kompostowanie) oraz kontrolowanej zwanej pasteryzacją.

Przebieg kompostowania zależy od populacji mikroorganizmów, które w trakcie całego procesu zmieniają się i uzupełniają w zależności od panujących warunków, przez co przekształcają kompostowaną mieszaninę w selektywne podłoże.

1.1. Faza I fermentacji – fermentacja samoistna

Mieszanina surowców układana jest na 1-2 dni na płycie odciekowej w przyłmę o średnicy ok. 15 m i wysokości ok. 3,5 m lub w boksie odciekowym. Boksy mają długość od kilkunastu do ok. 20 m i szerokość kilku metrów. W jednym boksie umieszcza się zwykle od ok. 250 do nawet ok. 600 ton mieszaniny. Temperatura wewnątrz przyłmy wzrasta do 35-75°C, co spowodowane jest działalnością grzybów, promieniowców i bakterii. Na początku w mieszaninie aktywne są organizmy zimnolubne (psychrofilne), następnie uaktywniają się organizmy ciepłolubne (mezofile) - grzyby i promieniowce, a po nich bakterie. Wówczas temperatura mieszaniny wzrasta do ok. 40°C, zaczynają namnażać się termofilne grzyby i promieniowce, a po nich bakterie, które przyspieszają procesy fermentacyjne i zagrzewanie się mieszaniny. W temperaturze ok. 48°C organizmy mezofilne obumierają lub przechodzą w formy przetrwalnikowe, a temperatura w przyłmie szybko osiąga poziom 60-63°C. Hamuje to rozwój i działalność poszczególnych organizmów gorącólubnych, które również obumierają lub przechodzą w formy przetrwalnikowe. Nie powstrzymuje to jednak wzrostu temperatury, która już po 20-30 godzinach może osiągnąć w znacznej części przyłmy poziom 75-82°C. Wzrost ten spowodowany jest głównie licznymi reakcjami chemicznymi zachodzącymi pomiędzy grupą karbonylową lub hemiacetalową cukrów redukujących, a grupą aminową

aminokwasów lub peptydów. Produktem tej reakcji są aminocukry (jak np. glikozyloaminy), które zatrzymują cenny dla pieczarki azot. W końcowym etapie tych reakcji następuje karmelizacja węglowodanów, która prowadzi do wytworzenia barwnych związków wielkocząsteczkowych (kwasów humusowych), następuje ciemnienie mieszaniny, która zawiera niezbędny dla pieczarki węgiel. Węglowodany powstające w tak wysokich temperaturach są łatwiej dostępne dla pieczarki niż dla innych mikroorganizmów zasiedlających podłoże w trakcie uprawy (zwłaszcza grzybów konkurencyjnych i chorobotwórczych), co czyni je jednym z elementów selektywności podłoża.

Wszystkie mikroorganizmy odgrywające istotną rolę w procesie wytwarzania podłoża pieczarkowego są organizmami tlenowymi. Aby zapewnić odpowiednie natlenienie przyzmy, boksy fermentacyjne zaopatrzone są w tzw. „dmuchane posadzki”, którymi wdmuchiwane jest powietrze. Kilkakrotne przemieszczanie mieszaniny z boku do boku (co 2-4 dni) podczas fermentacji powoduje jej wymieszanie, spulchnianie i dowilżanie. Pozwala też zapewnić równomierny przebieg procesów fermentacyjnych w całej przyzmy i jednorodność powstającego kompostu. Po zakończeniu I fazy fermentacji prawidłowo przygotowany kompost powinien mieć następujące parametry:

- wilgotność 73-74%;
- pH 8,2-8,4;
- azot amonowy NH_4^+ 0,5-0,6% w s.m.;
- azot ogólny 1,8-1,9% w s.m.;
- popiół 24-28% w s.m.;
- stosunek C:N 22-24:1;
- barwa – ciemnobrązowa;
- struktura – dość jednorodna i umiarkowanie sprężysta;
- stopień rozkładu – ograniczony (porcja podłoża przekręcana w dłoniach w przeciwnym kierunku stawia duży opór przed rozerwaniem).

1.2. Faza II fermentacji – fermentacja kontrolowana

Po zakończeniu pierwszej fazy fermentacji, kompost umieszcza się w komorze pasteryzacyjnej, w której przeprowadza się drugą, kontrolowaną fazę fermentacji. Zalecana wysokość układanej przyzmy wynosi ok. 2,0-2,2 m. Komora wyposażona jest w ażurową posadzkę oraz system wentylacji z wentylatorem i filtrami powietrza zewnętrznego, a także (jeśli komora wykorzystywana jest też do fazy III) - w chłodnicę. Zadaniem wentylatora jest przedmuchiwanie przez kompost (od dołu) powietrza recyrkulowanego i zewnętrznego, w celu regulacji temperatury w przyzmy. Przepływ powietrza przez przyzmę powinien być równomierny. W tej fazie fermentacji, kontroli i regulacji podlega również temperatura i skład powietrza przedmuchiwanego przez przyzmę, stężenie tlenu nad przyzmą oraz stężenie amoniaku w kompoście. Fazę tę podzielić można na następujące etapy:

- a. wyrównanie temperatur kompostu na poziomie 46-48°C poprzez kilkugodzinne intensywne przedmuchiwanie powietrza;

- b. podgrzewanie kompostu do temperatury 58-60°C, w tempie 2°C/h przez ok. 6 godzin (temperatura powietrza w tym okresie powinna wynosić do 56°C);
- c. pasteryzacja kompostu (dezynfekcja termiczna) w temperaturze 58-60°C przez 8-9 godzin (podczas tego etapu stężenie O₂ w powietrzu nad kompostem powinno wynosić powyżej 10%);
- d. schładzanie kompostu do kondycjonowania, czyli do temperatury 48-50°C;
- e. kondycjonowanie kompostu przez ok. 5 dni w następujących warunkach:
 - temperatura kompostu 48-50°C;
 - temperatura powietrza 43-44°C;
 - stężenie tlenu nad podłożem 16-19%.

Podczas kilkudniowego kondycjonowania w kompoście ponownie rozmnażają się termofilne grzyby, promieniowce i bakterie. Przetwarzają one kompostowaną mieszaninę w podłoże pieczarkowe, przeprowadzając m.in. następujące procesy:

- amonifikację, czyli przemianę organicznego azotu zawartego w białkach w azot amonowy; rozkład tłuszczów i wosku pochodzącego z kutykuli żdźbeł; rozkład celulozy, hemicelulozy, skrobi i pektyny wytwarzając przy tym znaczne ilości ciepła wskutek oddychania tlenowego;
- rozkład ligniny i łączenie się kompleksu węglowodorowego z azotem;
- nityfikację amoniaku, dzięki której jego stężenie utrzymuje się poniżej poziomu toksycznego dla pozostałych organizmów znajdujących się w pryzmie.
- f. schładzanie podłoża do temperatury ok. 20-22°C, w celu jego zagrzybiania. Do schładzania podłoża przystępuje się, gdy stężenie amoniaku w podłożu spadnie poniżej 5 ppm.

Po zakończeniu fermentacji kontrolowanej gotowe podłoże fazy II powinno charakteryzować się następującymi parametrami:

- wilgotność 67-69%;
- pH 7,4-7,7;
- azot amonowy NH₄⁺ poniżej 0,1% w s.m.;
- azot ogólny 2,2-2,4% w s.m.;
- popiół 24-28% w s.m.;
- stosunek C:N 16-18:1;
- barwa – ciemnobrązowa z widocznymi, białymi koloniami promieniowców;
- struktura – jednorodna i sprężysta (po ściśnięciu w dłoni rozpręża się);
- stopień rozkładu – porcja podłoża przekraczana w dłoniach w przeciwnym kierunku łatwo ulega rozdzieleniu;
- wolne od chorób i żywych nicieni, roztoczy oraz muchówek.

1.3. Siew grzybni pieczarki

Po schłodzeniu podłoże wyciągane jest z komory pasteryzacyjnej i za pomocą linii technologicznej zostaje dokładnie wymieszane z ziarnistą grzybnią produkcyjną. Jest to czysta kultura grzybni określonej rasy (odmiany), namnożona na odpowiednio spreparowanym, sterylnym ziarnie pszenicy, żyta, pszenżyta lub prosa. Grzybnia sprzedawana jest w oznakowanych (rasa grzybni, numer partii, data produkcji) workach lub plastikowych pojemnikach zaopatrzonych w filtr powietrza chroniący przed patogenami. Grzybnię należy przechowywać w chłodni w temperaturze 2-4°C. Przed wysianiem, każda partia grzybni pieczarki powinna być dokładnie sprawdzona pod kątem barwy, zapachu, stopnia przerośnięcia ziarna i potencjalnych infekcji. Ilość wsiewanej grzybni do podłoża wynosi ok. 0,5–0,75%, czyli ok. 5–,5 kg na tonę podłoża.

Wyróżnić można trzy grupy ras pieczarki białej stosowanych do uprawy:

- a. Duże hybrydy pochodzące od ras o symbolu U-1. Tworzą one na ogół owocniki o doskonałej jakości, które bardzo dobrze przechowują się, co jest szczególnie pożądane przy uprawie na „świeży rynek”. Mają wysokie wymagania w stosunku do podłoża i mikroklimatu hali uprawowej. Plonują słabiej od pozostałych dwóch grup odmian i głównie z tego powodu są mało popularne.
- b. Małe hybrydy pochodzące od ras o symbolu U-3. Były one bardzo popularne pod koniec ubiegłego stulecia. Ich zaletą jest bardzo łatwe zawiązywanie owocników, duża tolerancja w stosunku do jakości podłoża i mikroklimatu oraz duża plenność. Wykazują jednak tendencję do nadmiernego wiązania owocników, co powoduje wysokie koszty ich zbioru oraz relatywnie niższą jakość zbieranych grzybów. Są przydatne tylko do uprawy grzybów dla przetwórstwa.
- c. Hybrydy pośrednie grupy U-2, które są najczęściej uprawiane i są polecane do uprawy, zarówno na rynek świeży, jak i dla przetwórstwa. Są krzyżówkami ras U-1 i U-3, po których odziedziczyły pozytywne cechy takie jak: dobre wiązanie owocników, umiarkowane wymagania w stosunku do podłoża i mikroklimatu oraz duża plenność i dobra jakość owocników. Ich wadą jest skłonność do znacznego pogarszania jakości owocników w przypadku niewłaściwych warunków uprawy.

Należy zaznaczyć, że na rynku polskim nie ma tzw. grzybni ekologicznej. Ze względu na mały udział grzybni pieczarki na ziarnie w produkcji gotowego produktu jakimi są grzyby, dopuszcza się stosowanie ogólnie dostępnej grzybni ziarnistej.

Zakład produkujący ekologiczne podłoże pieczarkowe zobligowany jest cyklicznie starać się o pozwolenie użycia grzybni do produkcji podłoża ekologicznego, zazwyczaj pochodzącej od jednego, stałego producenta.

2. Podłoże uprawowe fazy III – przerośnięte w masie grzybnią pieczarki

Produkcja podłoża fazy III kontynuowana jest na terenie kompostowni i polega na spowodowaniu jego przerośnięcia przez grzybnię pieczarki, co trwa zwykle 15-17 dni. Podłoże do fazy III nie powinno być nadmiernie dofermentowane oraz powinno być bardzo dobrze nawilżone, z dobrze wchłoniętą wodą. Przerost może odbywać się w tych samych komorach co pasteryzacja, a oba procesy wykonywane są wówczas przemienne. Komory te wyposażone są w systemy chłodzenia pozwalające na zapewnienie temperatury

powietrza wynoszącej ok. 20-21°C w okresie przerastania podłoża, przy zachowaniu w nim wysokiego stężenia CO₂. Są również kompostownie, w których procesy pasteryzacji i przerostu odbywają się w odrębnych komorach. W tych obiektach komory przerostowe i maty muszą być szczególnie bardzo dokładnie dezynfekowane po wyciągnięciu przerośniętego podłoża, gdyż w następnym cyklu nie będą poddawane etapowi dezynfekcji termicznej, który jest jednym z głównych elementów omówionej wcześniej II fazy fermentacji. W procesie produkcyjnym podłoża fazy III wyróżnić można kilka etapów.

- Wyciągnięcie podłoża z komory pasteryzacyjnej i rozdrobnienie go z wykorzystaniem specjalistycznej wyciągarko-rozdrabniarki oraz zestawu taśmociągów. Podczas przeprowadzania tej czynności bardzo ważne jest zachowanie najwyższych reżimów higienicznych.
- Wsianie grzybni pieczarki. Do rozdrobnionego podłoża wsiewana jest grzybnia pieczarki w ilości ok. 5 kg (7-8 l) na tonę podłoża. Odbywa się to za pomocą siewnika zainstalowanego na wyciągarko-rozdrabniarce.
- Załadunek podłoża do komory inkubacyjnej. Podłoże z wsianą grzybnią ładowane jest ponownie do kolejnej komory za pomocą zestawu taśmociągów kasetowych, w celu poddania go przerostowi grzybnią w dużej masie. W komorze takiej mieści się zwykle sto kilkadziesiąt ton podłoża.

2.1. Inkubacja podłoża z grzybnią

Przerastanie podłoża w masie przez grzybnię trwa zwykle 15-17 dni i przebiega w ściśle kontrolowanych warunkach. Optymalne wartości poszczególnych parametrów podczas tego etapu produkcji podłoża wynoszą:

- temperatura podłoża 24-27°C;
- temperatura powietrza wlotowego 22-24°C;
- stężenie CO₂ w powietrzu 0,5-1,5% (5000-15000 ppm);
- ilość tłoczonego powietrza od 50 do 170 m³/tonę podłoża/godz.

Po zakończeniu inkubacji przerośnięte podłoże powinno mieć następujące parametry:

- wilgotność 63-64% (spotykane też 55-66%);
- pH 6,0-6,4;
- azot amonowy NH₄⁺ nie mierzy się;
- azot ogólny powyżej 2% w s.m.;
- barwa – ciemnobrązowa z widocznym nalotem grzybni pieczarki;
- struktura – rozdrobniona, jednorodna i sprężysta (po ściśnięciu dłonią rozpręża się);
- wolne od chorób i szkodników (żywych nicieni, roztoczy i muchówek).

Przed wyciągnięciem podłoża z tunelu konieczne jest jego schłodzenie do temperatury przynajmniej 17°C. Do tego wykorzystuje się najczęściej dwutlenek węgla. Aby schłodzić podłoże o 1°C należy dodać ok. 10 kg CO₂/tonę podłoża. Następnie podłoże wyciąga się z komory inkubacyjnej z wykorzystaniem wyciągarko-rozdrabniarki oraz taśmociągów. Przerośnięte grzybnią podłoże może być dostarczane do odbiorcy luzem (jeśli

w pieczarkarni wykonuje się mechaniczny załadunek podłoża i okrywy) lub w formie sprasowanych bloków (kostek) przeznaczonych do załadunku ręcznego. Podłoże kostkowane, zabezpieczone jest perforowaną folią PE i układane na paletach lub bezpośrednio na środki transportu. Wymiary kostek z poszczególnych wytwórni podłoża różnią się między sobą i wynoszą przykładowo ok. 54 x 40 x 19 cm lub 50 x 44 x 19 cm. Wymiary te pozwalają na szczelne wypełnienie 2 m² półki standardowego regału uprawowego wykorzystując 9-9,5 kostki. Przeciętna masa kostki podłoża wynosi ok. 17-19 kg. Na 1 m² powierzchni uprawowej nakłada się ok. 87 kg podłoża.

Zaletami stosowania podłoża fazy III są:

- Skrócenie o około 2 tygodnie cyklu uprawowego.
- Wyeliminowanie z pieczarkarni problemów występujących podczas przerastania podłoża, takich jak przegrzewanie się i zagniwanie podłoża oraz nierównomierny rozrost grzybni.
- Możliwość lepszej, wstępnej weryfikacji jakości podłoża.
- Ograniczenie w pieczarkarni zapotrzebowania na chłodzenie w przeliczeniu na jednostkę masy wyprodukowanych grzybów.
- Lepsza, bardziej równomierna struktura podłoża.
- Ułatwione stosowanie dodatków białkowych w optymalnym do tego momencie.
- Możliwość jednoczesnego nakładania podłoża i okrywy z równoczesnym wprowadzeniem do okrywy kakingu.
- Łatwiejsze dowilżanie podłoża.
- Opóźnienie o dwa tygodnie momentu, w którym uprawy mogą zostać porażone chorobami i szkodnikami występującymi na terenie pieczarkarni.
- Wzrost plonowania upraw.

3. Okrywa torfowa

Owocniki pieczarki nie wyrosną na samym podłożu uprawowym przerośniętym jej grzybnią. Aby uzyskać owocniki podłoże należy przykryć warstwą okrywy torfowej, którą grzybnia pieczarki musi przerosnąć. Okrywa spełnia w uprawie szereg istotnych funkcji, takich jak:

- Zapewnienie uprawie dużej ilości wody niezbędnej do rozwoju grzybni i wzrostu owocników. Ze względu na plony ok. 30 kg/m² uzyskiwane w okresie ok. 3 tygodni, pieczarki charakteryzują się bardzo dużymi wymaganiami wodnymi.
- Ochrona kompostu przed wysychaniem i zbyt szybkim zanikiem produktów metabolicznych powstających w podłożu, takich jak CO₂ i energia.
- Zapewnienie odpowiedniego poziomu odparowania wody w celu utrzymania optymalnej wilgotności powietrza w hali uprawowej.
- Stworzenie pomiędzy podłożem i powietrzem strefy o pośredniej koncentracji CO₂, umożliwiającej zarówno wegetatywny, jak i generatywny rozwój grzybni.
- Zapewnienie występowania bakterii (głównie *Pseudomonas putida*) niezbędnych do plonowania.

- Zapewnienie dla procesu plonowania korzystniejszego niż w podłożu stosunku węgla do azotu (C:N).

Aktualnie do uprawy ekologicznej pieczarki stosowane są okrywy o dużym i średnim ciężarze objętościowym, sporządzane z torfów niskich lub mieszaniny torfów niskich i wysokich. Aby torfy mogły być użyte jako okrywy w ekologicznej produkcji pieczarek nie mogą być odkażane substancjami chemicznymi oraz muszą zostać odkwaszane do poziomu pH wynoszącego ok. 7,5. Do odkwaszania stosowane jest wapno kredowe (kreda nawozowa dopuszczona do stosowania w rolnictwie ekologicznym) w ilości kilku kilogramów na m³ torfu, które nadaje też odpowiednie właściwości strukturotwórcze i większy ciężar objętościowy..

Okrywa powinna charakteryzować się następującymi cechami:

- bardzo dużą pojemnością wodną – około 80%;
- wilgotnością nie niższą niż 50% w momencie dostarczenia do klienta i 65-70% w momencie nakładania;
- pH ok. 7,5;
- strukturą gruzelkową lub łatwością jej tworzenia;
- brakiem szkodników, patogenów i substancji chemicznych.

Wybierając typ okrywy należy kierować się głównie przeznaczeniem uprawianych grzybów. Do intensywnej uprawy ras pośrednich z przeznaczeniem na świeży rynek polecane są wyłącznie okrywy ciężkie (z torfów niskich o gęstości objętościowej 1,18-1,21 t/m³) i średnio-ciężkie (mieszanina torfów niskich i wysokich o gęstości objętościowej 1,06-1,09 t/m³), a w szczególności te łatwo tworzące bryłki o zróżnicowanych, stosunkowo dużych rozmiarach. Pozwalają one na umiarkowane i luźniejsze zawiązywanie owocników oraz łatwiejsze rozciąganie rzutów.

IV. ZAKŁADANIE UPRAWY

1. Przygotowanie pieczarkarni do założenia uprawy

Przed przystąpieniem do zakładania uprawy należy w hali oraz w jej otoczeniu wykonać następujące zabiegi profilaktyczne:

- Po usunięciu poprzedniej uprawy wykonać dezynfekcję hali (Rozdział X, Tab. 1). Zabieg należy wykonać na kilka-kilkanaście godzin przed załadunkiem, a następnie halę opłukać, osuszyć i wywietrzyć przed rozpoczęciem prac załadunkowych.
- Wymienić na czyste lub zdezynfekować filtry w otworach wywiewnych hali.
- Sprawdzić szczelność hal, m.in. filtrów w otworach wywiewnych, w szczególności w halach z uprawami, w których występują choroby i muchówki.
- Zmyć i zdezynfekować płytę załadunkową przed halą, korytarze komunikacyjne oraz urządzenia i narzędzia przeznaczone do załadunku.
- Usunąć z otoczenia pieczarkarni wszelkie odpady poprodukcyjne.

2. Transport podłoża i okrywy

Podłoże fazy III konfekcjonowane w kostki (bloczki) i zabezpieczone folią transportowane jest do pieczarkarni za pomocą samochodów dostawczych przystosowanych do załadunku bocznego, natomiast do przewozu podłoża oraz okrywy luzem używane są samochody specjalistyczne, przystosowane do załadunku zasypowego (od góry) i do jego mechanicznego wyładunku. Transportując podłoże i okrywę należy:

- dokładnie oczyścić, umyć i zdezynfekować środki transportu, którymi będą dostarczone;
- na czas transportu podłoże oraz okrywę szczelnie zakryć, aby zabezpieczyć przed zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi z otoczenia;
- przed rozpoczęciem transportu należy w obecności przedstawiciela kompostowni sprawdzić wyrywkowo temperaturę podłoża;
- czas transportu podłoża ograniczyć do niezbędnego minimum, aby nie dopuścić do nadmiernego zagrzania się podłoża. Temperatura wynosząca ok. 30°C osłabi, a wyższa uszkodzi lub zabije grzybnię pieczarki, a także ułatwi rozwój drobnoustrojów chorobotwórczych i konkurencyjnych w trakcie uprawy. W okresie wysokich, letnich temperatur podłoże najlepiej jest transportować w godzinach wieczornych, nocnych i porannych;
- po dostarczeniu podłoża do pieczarkarni należy ponownie sprawdzić wyrywkowo jego temperaturę, aby w przypadku wysokiego jej poziomu przystąpić do działań zapobiegających jej dalszemu, nadmiernemu wzrostowi lub też obniżających ją do zalecanego, bezpiecznego poziomu.

3. Nakładanie podłoża i okrywy na regały uprawowe

3.1. Nakładanie na regały podłoża fazy III konfekcjonowanego w kostki

Kostki podłoża fazy III układa się na regałach ręcznie w ilości 4,5-4,75 szt./m² półki, przy czym na 1 m² przypada najczęściej ok. 80-85 kg podłoża. Kostki należy układać tak, aby pozostało między nimi jak najmniej wolnych przestrzeni. Podłoże fazy III jest na ogół bardzo aktywne i od momentu dostarczenia do pieczarkarni (lub już podczas transportu) jego temperatura może wzrastać, nawet w tempie ok. 1°C/godz. Po nałożeniu podłoża na regały, należy jak najszybciej umieścić w nim czujniki temperatury lub termometry, a urządzenia klimatyzacyjne i wentylacyjne zaprogramować na działania zapobiegające nadmiernemu wzrostowi temperatury. Jeśli w obiekcie nie funkcjonuje komputerowy system rejestracji parametrów uprawowych w hali, to trzeba jak najszybciej wypełnić kartę uprawy i na bieżąco śledzić dynamikę zmian temperatur. Po załadowaniu podłoża na regały należy odciąć z kostek wierzchnią folię. Puste przestrzenie między kostkami trzeba wypełnić podłożem, aby zapobiec przeciekaniu wody do dolnych warstw, co mogłoby powodować gnienie podłoża. Następnie powierzchnię podłoża należy wyrównać oraz docisnąć.

3.2. Nakładanie okrywy na podłoże w kostkach

Na przerośnięte grzybnią i wyrównane podłoże nakłada się warstwę okrywy. Zalecana grubość tej warstwy wynosi 4-5 cm, co uzyskuje się rozkładając równomiernie 50 l okrywy na 1 m² uprawy. Podobnie jak podłoże w kostkach, również okrywę nakłada się ręcznie. Do tej metody najwygodniej jest stosować okrywy pakowane w worki o określonej pojemności – zwykle jest to 25 l. W przypadku okrywy dostarczanej luzem lub w workach typu „big bag”, jej ilość odmierza się pojemnikami stosowanymi do nakładania. Nakładając okrywę należy ją równomiernie rozgarnąć po podłożu, jednocześnie rozdrabniając na odpowiedniej wielkości bryłki. Sprzyja to równomiernemu przerośnięciu okrywy grzybnią. Wielkość bryłek warunkuje w znacznej mierze zagęszczenie owocników w trakcie plonowania. Między drobniejszymi bryłkami grzybnia rozrasta się gęściej, co wpływa na tworzenie większej liczby owocników. Większe bryłki natomiast bardziej rozdzielają rozrastającą się między nimi grzybnię, co zmniejsza liczebność i zagęszczenie wyrastających owocników.

Po nałożeniu okrywy następuje jej przerastanie przez grzybnię z podłoża, które może trwać 10-11 dni. Czas przerastania można skrócić o ok. 3-4 dni, dodając do okrywy niewielkie ilości podłoża przerośniętego grzybnią lub specjalnej grzybni do okrywy (tzw. CI - casing inoculum) i mieszając ręcznie lub mechanicznie z nakładaną okrywą. Zabieg dodawania podłoża do okrywy nazywamy „kakingem”. Określenie to pochodzi od angielskiego skrótu CAC-ing tzn. Compost Added at Casing (kompost dodany do okrywy). Podłoże dodaje się ok. 40-50 dag/m² uprawy, a grzybni tylko 10-15 dag/m² uprawy. Mieszanie wykonuje się tuż przed nałożeniem, w trakcie, bądź zaraz po nałożeniu okrywy. W praktyce kaking do okrywy wprowadza się poprzez wymieszanie przerośniętego podłoża z okrywą, przed ręcznym nałożeniem jej na podłoże lub rozsypuje się przerośnięte podłoże na powierzchni okrywy, a następnie miesza z okrywą.

3.3. Nakładanie na regały podłoża fazy III luzem wraz z okrywą

W nowoczesnych obiektach uprawa pieczarki prowadzona jest głównie na podłożu fazy III dostarczanego luzem, lub w workach typu „big bag” o pojemności 1 m³. Podłoże i okrywa nakładane są na regały uprawowe jednocześnie za pomocą specjalnych stycznych zestawów załadunkowych i mat uprawowych, na których wciągane są wciągarką na poszczególne półki. Podłoże transportowane jest podajnikiem taśmowym na zestaw załadunkowy, gdzie zostaje sprasowane w taflę o szerokości regału i zadanej grubości ok. 19-20 cm. Na podłoże dostarczana jest drugim podajnikiem okrywa, która rozgarniana jest równomiernie po jego powierzchni i rozdrabniana za pomocą obrotowych wałków zębatach. Dodatkowo jeden z wałków wykonuje kaking, poprzez wprowadzanie do rozłożonej okrywy niewielkiej ilości znajdującego się pod nią przerośniętego podłoża. W efekcie rozdrobnienia i wymieszania z kakingiem, okrywa uzyskuje odpowiednią, jednorodną strukturę.

4. Zabiegi profilaktyczne

Tuż przed rozpoczęciem załadunku należy koniecznie włączyć nawiew świeżego, filtrowanego powietrza do hali, aby wytworzyć w niej nadciśnienie. Włączenie wentylatora bez dopływu powietrza zewnętrznego (opcja recyrkulacji) nie spowoduje odpowiedniego nadciśnienia. Nadciśnienie wypycha z hali nadmiar powietrza, co uniemożliwia lub utrudnia (w przypadku silnego wiatru) nawiewanie z otoczenia mikroorganizmów chorobotwórczych lub konkurencyjnych.

Pracownicy zakładający uprawę powinni być ubrani w czystą odzież roboczą. Dla osób wykonujących załadunek podłoża i okrywy należy na czas tych prac wprowadzić ograniczenia w poruszaniu się po terenie pieczarkarni, a pozostałym pracownikom, nie biorącym udziału w zakładaniu uprawy, należy zakazać wchodzenia do strefy załadunku.

Podłoże i okrywę, które upadną na posadzkę trzeba zawsze traktować jako odpad.

Czas załadunku podłoża i okrywy należy ograniczyć do minimum. Im krótszy czas otwarcia hali, tym krótszy czas potencjalnego nalotu muchówek z zewnątrz. Krótsza też będzie ekspozycja podłoża i okrywy na osiadanie z powietrza niepożądanych mikroorganizmów. Po zakończeniu załadunku należy usunąć z hali wszelkie odpady z podłoża lub/i okrywy, dokładnie zmyć i zdezynfekować posadzkę oraz włączyć lampy owadobójcze lub/i zawiesić tablice lepowe. Należy przy tym pamiętać, że rola lamp i tablic lepowych w zwalczaniu muchówek jest bardzo ograniczona. Ich głównym zadaniem jest monitorowanie pojawienia się w hali muchówek oraz o ich liczebności.

W okresie letnim i jesiennym, jeśli to możliwe, należy unikać , załadunku podłoża i okrywy w czasie wietrznej pogody. Podczas załadunku hal nie powinno się wykonywać żadnych prac porządkowych w otoczeniu pieczarkarni. Przed lub zaraz po założeniu uprawy należy sprawdzić szczelność hali i w razie potrzeby uszczelnić wszystkie otwory i szczeliny.

V. PROWADZENIE UPRAWY DO SZOKU

1. Przerastanie okrywy

W czasie przerastania warstwy okrywy przez grzybnię pieczarki należy uprawę poddać inkubacji zapewniając w hali następujące warunki:

- temperatura podłoża 24-28°C;
- temperatura powietrza w hali 18-23°C;
- wilgotność powietrza w hali pow. 95%;
- stężenie CO₂ w powietrzu pow. 3500 ppm;
- cyrkulacja powietrza w hali dostosowana do temperatury podłoża.

Przerastanie okrywy przez grzybnię przebiega dość wolno, gdyż strzępki grzybni muszą przedostać się na powierzchnię przez całą warstwę okrywy o grubości ok. 4-5 cm.

Proces ten z wykorzystaniem dodanego kakingu i znajdującego się pod nią podłoża przebiega szybciej bardziej równomiernie niż bez stosowania kakingu i trwa wtedy ok. 7 dni, gdyż strzępki grzybni rozrastają się równocześnie w całym przekroju okrywy. Dzieje

się tak niezależnie od ewentualnych różnic w grubości okrywy, które mogą wystąpić przy ręcznym rozgarnianiu jej na podłożu w kostkach.

2. Nawadnianie upraw

W okresie przerastania okrywy każdą uprawę należy odpowiednio nawodnić, aby maksymalnie dowlżyć okrywę i podłoże (do ok. 71%) oraz utrzymać jego temperaturę na poziomie bezpiecznym dla grzybni (chłodzenie podłoża), a także uzupełnić ubytki wody, która odparowuje z okrywy pod wpływem cyrkulacji i chłodzenia powietrza w hali. Harmonogram nawadniania oraz ilość wody, jaką należy zastosować zależy przede wszystkim od:

- wilgotności podłoża w momencie zakładania uprawy;
- ilości podłoża użytego do uprawy w przeliczeniu na jednostkę powierzchni;
- sposobu konfekcjonowania podłoża (kostka/luz);
- aktywności podłoża;
- wilgotności nakładanej okrywy;
- pojemności wodnej okrywy;
- ilości okrywy nałożonej na podłoże;
- intensywności chłodzenia i cyrkulacji powietrza w hali.

Nakładane na regały podłoża fazy III mają wilgotność ok. 55-65% oraz charakteryzują się dużą aktywnością mikrobiologiczną. Prowadzone na nich uprawy wymagają zatem dużego dowlżenia podczas przerastania okrywy. Zwykle w tym okresie należy zastosować w nich łącznie od dwudziestu-kilku do trzydziestu-kilku litrów wody na m² półki. W uprawach prowadzonych na tych podłożach, a w szczególności przy zastosowaniu kakingu do okrywy, zaleca się, aby niemal całe nawadnianie podać w okresie pierwszych 3-4 dni od nałożenia okrywy. W tym okresie grzybnia z podłoża nie jest jeszcze zrosnięta z grzybnią z okrywy i woda z łatwością może do niego wnikać, aby je nawilżyć i ułatwić jego chłodzenie. Wczesne zakończenie lub ograniczenie podlewania ma też na celu zapewnienie optymalnych warunków do wzrostu grzybni znajdującej się w okrywie.

Niezależnie od ilości wody, jaką należy zastosować w tym okresie w uprawie zaleca się, aby jednorazowe dawki podawanej wody wynosiły 1-2 l/m², gdyż nadmierne zalewanie okrywy powoduje jej uplastycznienie i zlewanie się, czyli utratę struktury nadanej jej podczas nakładania i mieszania z kakingiem. Ponadto, zaleca się, aby w przypadku podłoży znacznie wychłodzonych, intensywniejsze nawadnianie rozpoczynać dopiero, gdy ich temperatura wzrośnie do ok. 21°C.

VI. „SZOKOWANIE” UPRAWY

Po przerośnięciu okrywy należy w odpowiednim momencie przerwać dalszy wzrost wegetatywny grzybni pieczarki i zmusić ją do przejścia w fazę generatywną, czyli w fazę plonowania. Proces ten nazywany jest „szokiem” i polega na zmianie parametrów mikroklimatu w hali uprawowej i podłoża. Tempo oraz skala tych zmian decydują o liczbie

tworzących się później owocników i ich zagęszczeniu na powierzchni uprawy podczas dorastania i zbiorów.

W celu przeprowadzenia szoku w procesie uprawowym następuje:

1. Obniżenie temperatury powietrza w hali uprawowej. Temperatura pomiędzy 22 i 28°C korzystnie wpływa na rozrastanie się grzybni pieczarki, czyli na jej wzrost wegetatywny. W celu rozpoczęcia tworzenia zawiązków należy obniżyć temperaturę powietrza z ok. 22,5°C (zalecana przed samym szokiem) do ok. 17-18°C. Wykorzystuje się do tego celu urządzenia chłodnicze lub/i powietrze zewnętrzne, jeśli jego temperatura jest odpowiednio niska. Poziom temperatury, do którego zostanie schłodzone powietrze w hali decyduje głównie o ilości zawiązanych później owocników. Silniejsze schłodzenie np. do ok. 16°C, sprzyjać będzie wytworzeniu większej liczby zawiązków. Natomiast temperatury powyżej 18°C spowodują wytworzenie mniejszej liczby zawiązków. Podczas schładzania powietrza w hali istotną rolę odgrywa również szybkość schładzania. Wpływa ono głównie na długość okresu tworzenia się (zawijywania) owocników, czyli na tzw. „rozciągnięcie” rzutów. W zależności od tempa schładzania powietrza w hali wyróżnia się trzy rodzaje szoku:

- szybki (do 1,5 dnia) - tempo schładzania ok. 0,2°C/godz.;
- pośredni (2-3 dni) - tempo schładzania ok. 0,09°C/godz.;
- wolny (4-5 dni) - tempo schładzania ok. 0,05°C/godz.

Wolniejsze schładzanie wydłuża na ogół okres, w którym będą tworzyły się związki owocników. Skutkiem tego w okresie wzrostu i zbioru owocników pierwszego rzutu, będą znajdowały się obok siebie pieczarki bardzo różnej wielkości. Zmniejszy to ich zagęszczenie na powierzchni okrywy oraz pozwoli wydłużyć okres zbioru pierwszego i zwykle drugiego rzutu. Przyspieszenie schładzania skraca okres tworzenia zawiązków oraz zwiększa zagęszczenie owocników podczas ich wzrostu i zbioru.

2. Obniżenie temperatury podłoża. Aby uzyskać prawidłowe plonowanie, podłoże należy schłodzić z ok. 26-28°C (lub więcej) do ok. 21°C tak, aby po schłodzeniu różnica temperatur między kompostem (w środkowej jego warstwie) i powietrzem w hali wynosiła ok. 3,5°C. Schłodzenie podłoża podczas szoku jest skutkiem schłodzenia powietrza. Jego tempo oraz stopień zależą głównie od tempa i stopnia schładzania powietrza, aktywności i wilgotności podłoża oraz szybkości cyrkulacji powietrza w hali.
3. Obniżenie stężenia CO₂ w powietrzu. Wysokie stężenie CO₂ w powietrzu wewnątrz hali uprawowej sprzyja rozrastaniu się grzybni. Aby zatrzymać jej wzrost i spowodować plonowanie, należy obniżyć stężenie CO₂ z ponad 3500 ppm do ok. 1500-1800 ppm. Uzyskuje się to poprzez wtłoczenie do hali świeżego powietrza zewnętrznego i wypchnięcie nadmiaru powietrza bogatego w CO₂ z hali na zewnątrz. Tempo zmiany stężenia wpływa na intensywność późniejszego zawijywania owocników. Szybszy spadek stężenia CO₂ w powietrzu sprzyja równoczesnemu zawiązaniu owocników. Należy również pamiętać, że stężeniem CO₂ podczas szoku można w pewnym stopniu korygować potencjalne negatywne

efekty zbyt niskich lub zbyt wysokich poziomów pozostałych parametrów mikroklimatu hali uprawowej.

4. Obniżenie wilgotności powietrza. Wysoka wilgotność powietrza w hali sprzyja rozrastaniu się grzybni w okrywie. Wilgotność należy obniżać stopniowo z ok. 96% w momencie rozpoczęcia szoku do ok. 94-95% w kolejnych 3-4 dniach aż do ok. 90-93% po 5-6 dniach od rozpoczęcia szoku. Nieco wyższa wilgotność powietrza i wolniejsze jej obniżanie spowalnia zmianę faz rozwojowych grzybni i tworzenie się zawiązków owocników. Jest to szczególnie korzystne w przypadku, gdy bardzo aktywne podłoże zmusza do utrzymywania przed szokiem temperatury powietrza znacznie poniżej 20°C oraz, gdy w momencie rozpoczynania szoku na powierzchni okrywy jest jeszcze zbyt mało grzybni. Wówczas wilgotność ogranicza nadmierne oddziaływanie niskiej temperatury, lub/ oraz pozwala na dorośnięcie większej ilości grzybni i rozciągnięcie procesu wiązania. Należy jednak pamiętać, że zbyt długo utrzymywana zbyt wysoka wilgotność może spowodować nadmierną redukcję owocników, szczególnie w pierwszym rzucie. Nieco niższa wilgotność powietrza w fazie szoku sprzyja tworzeniu się zawiązków owocników. Jednocześnie nadmierne, długotrwałe obniżenie wilgotności może spowodować przesuszenie wierzchniej warstwy okrywy wraz ze strzępkami grzybni i ograniczać tworzenie zawiązków. Spadek wilgotności następuje zwykle samoistnie, na skutek wtłoczenia do hali świeżego powietrza zewnętrznego. Jeśli tak się nie dzieje powinien zadziałać system odwilżania w układzie klimatyzacji.
5. Regulacja prędkości cyrkulacji powietrza w hali. Prędkość cyrkulacji powietrza powinna być dostosowana do zamierzonego tempa i intensywności tworzenia się zawiązków oraz do poziomu pozostałych parametrów mikroklimatu hali jak: temperatura i wilgotność powietrza oraz zawartość w nim dwutlenku węgla. Cyrkulacja modyfikuje zarówno szybkość przechodzenia grzybni z fazy wegetatywnej do generatywnej, jak i ilość powstających zawiązków. Szybsza cyrkulacja przyspiesza tempo wiązania i zwiększa liczebność zawiązków, a wolniejsza spowalnia to tempo i rozciąga proces zawiązywania w czasie. Wolniejsza cyrkulacja wskazana jest więc, gdy w hali podczas szoku panuje niższa od optymalnej temperatura i wilgotność powietrza oraz niższe stężenie CO₂. W przypadku upraw o różnym pofałdowaniu powierzchni okryw, dla uzyskania podobnego efektu zawiązywania owocników należy stosować nieco szybszą cyrkulację powietrza nad okrywą pofałdowaną, niż nad okrywą o powierzchni wyrównanej. Ponadto, w każdym przypadku należy pamiętać, że zbyt szybka cyrkulacja przy dostatecznej wilgotności okrywy może skutkować nadmierną ilością zawiązków, zaś w przypadku długotrwałego i nadmiernego przesuszenia okrywy - ich niedoborem.

Pod wpływem zmian mikroklimatu hali i temperatury podłoża grzybnia w okrywie wyhamowuje stopniowo swój wzrost i zmienia swą barwę z lekko szarej na białą. Następnie luźne, napuszone strzępki stopniowo zbijają się w bardziej zwarte struktury. Proces ten nazywany jest ścinaniem się grzybni. W dalszej fazie „ścięte” strzępki zbijają się punktowo w maleńkie, przypominające szpileczki lub słupki twory. Proces ten

nazywany jest szpilkowaniem lub słupkowaniem. Dopiero one przekształcają się w kuliste zawiązki owocników.

VII. PROWADZENIE UPRAWY PO SZOKU

1. Powstawanie zawiązków i kształtowanie się owocników pierwszego rzutu

Powstawanie zawiązków rozpoczyna się już podczas szoku (jeśli jest dostatecznie długi) i kontynuowane jest po jego zakończeniu. Po krótkim okresie wzrostu, kulisty zawiązek zaczyna różnicować swój kształt na kapelusz i trzon. W przypadku upraw, z których zbierane ręcznie pieczarki mają być przeznaczone na świeży rynek należy zadbać, aby procesy tworzenia się zawiązków oraz kształtowania się owocników trwały po ok. 5 dni. Pozwoli to następnie na dorastanie obok siebie na określonej powierzchni półki większej liczby różnej wielkości owocników, nie powodując ich nadmiernego zagęszczenia. Zapewni to także rozciągnięcie okresu zbioru owocników, szczególnie z pierwszego, najobfitszego z rzutów. W każdej uprawie ważna jest ilość wyrastających owocników i ich zagęszczenie podczas dorastania i zbioru. Zbyt mała ich ilość to niski plon. Z kolei, zbyt duża liczba owocników może wprawdzie wpłynąć pozytywnie na wielkość plonu, jednak jest on zwykle gorszej jakości i wymaga większych nakładów pracy na zbiór liczniejszych, lecz mniejszych i bardziej zagęszczonych pieczarek. Na rozciągnięcie w czasie procesu powstawania zawiązków, a następnie owocników, bardzo duży wpływ ma rodzaj i sposób przeprowadzenia szoku. Po zakończeniu tego procesu należy w dalszym ciągu stymulować proces powstawania i wzrostu kolejnych generacji zawiązków, aby uzyskać odpowiednią ilość owocników. Główną rolę w tym okresie odgrywa wilgotność powietrza w hali, której poziom nieco powyżej 90% sprzyja tworzeniu się zawiązków, a poziom poniżej 90% pobudza je do wzrostu. Aby procesy te przebiegały właściwie należy po szoku zapewnić w hali uprawowej następujące warunki:

- temperatura powietrza 17-18°C;
- temperatura podłoża 21-22°C;
- stężenie CO₂ w powietrzu 1500-1800 ppm;
- wilgotność powietrza ok. 91%, – podczas tworzenia się zawiązków po szoku
ok. 87-90% - podczas stymulowania ich wzrostu (po ok. 7 dniach od rozpoczęcia szoku);
- cyrkulacja powietrza – umiarkowana, dostosowana do oczekiwanej intensywności wiązania owocników i do regulacji temperatury podłoża.

2. Wzrost owocników pierwszego rzutu

Po ukształtowaniu się owocników należy zapewnić im optymalne warunki do wzrostu. W tym celu w hali uprawowej należy utrzymywać:

- temperaturę powietrza 17-18°C;

- temperaturę podłoża 20-21°C;
- stężenie CO₂ w powietrzu od ok. 1200 do ok. 1600 ppm. W obrębie tego przedziału poziom CO₂ można w ciągu dnia okresowo korygować, dostosowując go do parametrów powietrza zewnętrznego używanego do wietrzenia. Jeśli są one korzystne, to można właczać do hali więcej powietrza i obniżać stężenie CO₂, a jeśli są znacząco niekorzystne można zwiększyć to stężenie ograniczając wietrzenie;
- wilgotność powietrza w zakresie 87-91%. Utrzymywany poziom powinien zapewnić optymalne odparowanie wody z owocników, wraz z którą pobierają one substancje pokarmowe niezbędne do wzrostu. Powierzchnia owocników powinna być tylko nieznacznie wilgotna. Jeśli jest zbyt sucha to traci swoją elastyczność i na owocnikach łatwiej tworzy się łuska. Jeśli zaś jest zbyt wilgotna to łatwiej ulega infekcjom, szczególnie bakteryjnym;
- cyrkulacja powietrza umiarkowana, czyli ograniczona do minimalnego poziomu, który jest w stanie zapewnić w hali równomierny rozkład temperatur, stężenia CO₂ i wilgotności powietrza oraz dostateczne odparowanie wody z powierzchni owocników. Należy unikać nadmiernego ruchu powietrza, który mógłby spowodować zbyt szybkie przesuszanie okrywy i tworzenie się łuski na owocnikach.

Jeśli na tym etapie uprawy różnica temperatur między podłożem i powietrzem znacząco przewyższa zalecane 2,5-3°C, to należy zwiększyć nieco ruch powietrza w hali, zwiększając równocześnie wilgotność powietrza.

3. Nawadnianie upraw w trakcie wzrostu i zbioru owocników pierwszego rzutu

Podlewanie owocników w fazie wzrostu zalecane jest głównie w uprawach prowadzonych na aktywnych podłożach fazy III. Ich duża aktywność sprawia, że uprawy dość szybko wpadają w deficyt wody w okrywie. Dzieje się tak najczęściej pod wpływem dużej ilości owocników rosnących w pierwszym rzucie oraz z powodu niedostatecznej wilgotności lub zbyt szybkiej cyrkulacji i wymianie powietrza w hali po rozpoczęciu szoku. Warunkami sprzyjającymi wykonaniu takiego podlewania są: utrzymująca się wyższa, niż oczekiwana aktywność podłoża przed rozpoczęciem zbiorów oraz samoistny wzrost temperatury podłoża w trakcie zbioru pierwszego rzutu. W pierwszym przypadku, 24-36 godzin przed pierwszym zbiorem można podlewać wodą w ilości 2-4 l/m² uprawy stosując dwie dawki (po 1-2 l/m²) bezpośrednio po sobie. W drugim przypadku (w trakcie zbiorów) wskazaniem do podlewania jest stwierdzenie podeschnięcia okrywy (szczególnie w brzeżnych strefach półek) oraz zbieranie lżejszych i mniej jędrnych owocników. Można wówczas zastosować 4-8 l wody na m² uprawy w 2-4 dawkach (po 1-2 l/m²), podanych bezpośrednio po sobie. Większe dawki zaleca się w uprawach na podłożach bardzo aktywnych, nałożonych luzem, a mniejsze - na mniej aktywnych nałożonych w kostkach. Niezależnie od przeznaczenia pieczarek i aktywności podłoża, kolejnym możliwym terminem podlewania jest przedostatni dzień zbierania rzutu. Po zakończeniu w tym dniu

zbiorów, jeśli na półkach pozostanie mniej, niż 10% owocników rzutu, można rozpocząć nawadnianie pod potrzeby rzutu drugiego.

Po podlaniu owocniki należy osuszyć w ciągu 3-4 godzin. Może to nastąpić samoistnie lub po zmianie klimatu hali poprzez obniżenie wilgotności powietrza o 1-2% i/lub podniesienie jego temperatury o 1-2°C oraz zwiększenie cyrkulacji i wymiany powietrza do poziomu umożliwiającego osuszenie owocników. Podczas ostatniego dnia zbioru owocników pierwszego rzutu zaleca się pozostawić niewielką ich ilość na półce, co powinno korzystnie wpłynąć na rozciągnięcie procesu kształtowania się zawiązków i owocników w drugim rzucie.

4. Zbiór owocników pierwszego rzutu

Pieczarki plonują rzutami, które rozpoczynają się co 7-9 dni. W uprawach, w których pieczarki zbierane są ręcznie z przeznaczeniem na „świeży rynek” zbiera się na ogół trzy rzuty owocników, a zbiór każdego z nich trwa zwykle 3-5 dni. W uprawach ekologicznych, w których już w drugim rzucie wystąpi znaczne lub duże nasilenie chorób, z reguły rezygnuje się z trzeciego rzutu. Zbiór jest jedną z najważniejszych, najbardziej kosztownych i najtrudniejszych czynności w całym procesie uprawowym. Decyduje on o wielkości plonów, o wydajności zbierania i jego kosztach. Ponadto, zbiór decyduje o jakości zebranych pieczarek i ich przydatności do sprzedaży na rynek „świeży” (wewnętrzny i na eksport) lub dla przetwórstwa oraz o możliwości zbytu i cenie, którą można byłoby uzyskać. Z tego powodu owocniki powinny być zbierane w odpowiedniej fazie dojrzałości i po uzyskaniu pożądanej przez odbiorcę wielkości. Rynek grzybów świeżych zainteresowany jest głównie owocnikami średniej wielkości oraz zupełnie zamkniętymi (zwłaszcza na eksport) ewentualnie z lekko widoczną błoną. Przetwórstwo wykorzystuje natomiast głównie małe owocniki zamknięte oraz owocniki bardziej wyblonione i otwarte o większych rozmiarach. Na rynku „świeżym” pożądane są też duże, mięsiste i całkowicie otworzone owocniki, tzw. pieczarki portobello.

Zbiór owocników pierwszego rzutu zaczyna się na ogół 11-12 dni od rozpoczęcia szoku. Nierzadko, w uprawach występują również tzw. przed-rzuty, czyli owocniki wyrastające nawet kilka dni wcześniej. Pierwszy rzut jest na ogół największy i wynosi kilkanaście kilogramów z metra kwadratowego uprawy, co stanowi około 45-50% plonu ogólnego. Celem uzyskania pożądanej jakości pieczarek zbieranych ręcznie i przeznaczanych na rynek „świeży”, ich zbiory powinny wykonywać osoby odpowiednio przeszkolone. Zbiór owocników odbywa się według zaplanowanej strategii, która jest dostosowywana na bieżąco do wymagań i oczekiwań odbiorcy. Prawidłową jej realizację można uzyskać przeprowadzając zbiór selektywny. Polega on na zbieraniu owocników w kilku przejściach w ciągu doby, przy czym w każdym przejściu zbierane są owocniki tylko jednego, ściśle określonego rodzaju. W pierwszym przejściu należy zbierać grzyby największe, mieszczące się jednocześnie pod względem średnicy kapelusza w granicy określonej przez odbiorcę. Następnie zbiera się oddzielnie grzyby o coraz mniejszej średnicy. W kolejnych przejściach owocniki są zbierane z uwzględnieniem konieczności ich przerzedzenia w pewnych miejscach uprawy, nadal jednak z zachowaniem podziału w zależności od wielkości grzybów. Dla zachowania odpowiedniej jakości i wysokości

plonów istotne jest, aby przerzedzanie kęp owocników wykonywać w kierunku od ich obrzeży do środka. W ostatnich przejściach należy zebrać pieczarki, które nie utrzymają wymaganej jakości do następnego dnia prowadzonego zbioru. Bardzo ważna jest także odpowiednia technika zbioru. W celu odseparowania owocnika od okrywy należy chwycić go delikatnie za kapelusz i wykręcić wykonując przy tym ruch całą dłonią. Za jednym sięgnięciem nie powinno się zbierać w dłoń więcej niż 3 owocniki. Trzonki owocników odcina się na odpowiedniej wysokości, tj. trzonek przy kapeluszu powinien mieć długość około 1,5 cm lub połowę szerokości kapelusza.

Inne zasady obowiązują w przypadku zbioru mechanicznego, podczas którego jednorazowo zbierane są wszystkie owocniki z danego rzutu. Tak zebrane pieczarki przeznacza się niemal wyłącznie dla przetwórstwa, choć można też sortować z nich owocniki wysokiej jakości. W przypadku zbioru mechanicznego, główny nacisk kładzie się jednak na ilość grzybów, a ich jakość jest czynnikiem drugorzędym. Tą metodą zbierane są zwykle tylko dwa rzuty z uprawy. Zbiór mechaniczny odbywa się przy pomocy specjalistycznych urządzeń, co wiąże się z koniecznością przeprowadzenia dodatkowych inwestycji w obiekcie, lecz jednocześnie pozwala ograniczyć zatrudnienie.

5. Wyprowadzenie i zbiór owocników drugiego rzutu

Po zebraniu owocników pierwszego rzutu należy uprawę ponownie nawodnić, aby maksymalnie odbudować zapasy wody w okrywie oraz częściowo w podłożu, niezbędne dla drugiego rzutu. Podlewaniu sprzyja podwyższona w tym okresie o kilka stopni temperatura podłoża, której samoistny wzrost następuje zwykle już w połowie okresu zbiorów pierwszego rzutu. Pod drugi rzut należy wlać ok. 10-15 litrów wody na m² uprawy, uwzględniając w tej ilości nawadnianie z końcowego okresu pierwszego rzutu. Ilość wody do podlewania należy uzależnić głównie od wilgotności okrywy po zbiorze oraz masy i aktywności podłoża. Większą dawkę wody stosuje się, gdy podłoże jest bardzo aktywne, a w okrywie wyraźnie widoczny jest jej niedobór. Zaleca się również, aby nawadnianie wykonać w ciągu jednego dnia, dzieląc je na 2-3 części, które należy wlać do okrywy w odstępach kilku godzin. Każdą z tych części dobrze jest podzielić jeszcze na mniejsze dawki po ok. 2 l/m² i podlać nimi uprawę w krótkich odstępach po sobie. Kilkakrotne podlanie małymi dawkami pozwala lepiej dowilżyć wierzchnią warstwę okrywy, gdyż woda może być po każdym podlaniu stopniowo wchłaniana przez tę warstwę. W uprawach prowadzonych na podłożach prasowanych w kostki, stosowanie mniejszych jednorazowych dawek wody ogranicza też przeciekanie nadmiaru wody między kostkami na niższe półki regałów. Względnie szybkie podlanie ma na celu zapewnienie uprawie optymalnych warunków do rozwoju zawiązków drugiego rzutu.

Jeżeli po zakończeniu podlewania na okrywie nie widać jeszcze ukształtowanych zawiązków, lub jest ich bardzo mało, to należy pobudzić ich rozwój, rozciągając jednocześnie ten proces w czasie. W tym celu należy podnieść wilgotność powietrza w hali do ok. 90% i zawartość CO₂ o ok. 300-400 ppm oraz ograniczyć jego cyrkulację. Po uzyskaniu odpowiedniej ilości, różnej wielkości zawiązków i kształtujących się owocników, należy obniżyć w hali wilgotność powietrza o 2-3%, aby pobudzić ich wzrost poprzez zwiększone odparowanie wody z ich powierzchni. Jeśli natomiast w trakcie lub po

nawodnieniu, na okrywie będą już widoczne znaczne ilości zawiązków, to należy od samego początku po podlaniu obniżyć wilgotność powietrza do ok. 85-88%.

Po ukształtowaniu się owocników drugiego rzutu należy zapewnić im optymalne warunki do wzrostu i plonowania, podobne do panujących podczas pierwszego rzutu. Tu również powinno się zwracać uwagę na zachowanie odpowiedniej różnicy temperatur między podłożem, a powietrzem (ok. 2-2,5°C). Jeśli aktywność i tym samym temperatura podłoża obniża się, to konieczne jest też obniżenie temperatury powietrza, a jeżeli spadek w podłożu jest zbyt szybki, to należy ograniczyć cyrkulację powietrza. Podobnie, gdy temperatura podłoża w trakcie zbiorów wzrasta to powinno się podnieść temperaturę powietrza. Gdy natomiast brak jest samoistnego wzrostu aktywności podłoża podczas plonowania, należy pod koniec rzutu wymusić tę aktywność poprzez stopniowe podnoszenie o ok. 3°C temperatury powietrza. W trakcie drugiego rzutu należy stymulować odparowanie wody z owocników zapewniając właściwą wilgotność powietrza w hali oraz unikać zbędnego przesuszania okrywy poprzez nadmierne wietrzenie i zbyt szybką cyrkulację powietrza w hali.

W uprawach, w których podłoże zachowuje dobrą aktywność oraz gdy pieczarki produkowane są dla przetwórstwa, można pomiędzy zbiorami drugiego rzutu wykonać nawadnianie. Zalecana wówczas ilość wody wynosi 3-5 l/m² i należy ją wlać w 2-3 dawkach po 1-2 l/m², podanych w krótkich odstępach po sobie. Po podlaniu owocniki należy osuszyć w ciągu 3-4 godzin, obniżając wilgotność powietrza o 1-2% i/lub podnosząc jego temperaturę o 1-2°C oraz zwiększając cyrkulację i wymianę powietrza jedynie do poziomów pozwalających osuszyć owocniki. Drugi rzut stanowi zwykle ok. 35-40% plonu całkowitego.

6. Wyprowadzenie i zbiór owocników trzeciego rzutu

Trzeci rzut jest najmniejszy i wynosi tylko ok. 15-20% plonu całkowitego. Plony całkowite (z trzech rzutów) uzyskiwane z upraw na podłożach fazy III wynoszą przeciętnie po ok. 30-33 kg/m² uprawy. **W uprawie prowadzonej systemem ekologicznym z reguły rezygnuje się ze zbierania trzeciego rzutu, ze względu na nasilone występowanie chorób infekcyjnych. Przetrzymywanie upraw zainfekowanych nie jest zalecane ani opłacalne, w uwagi na bardzo duże ryzyko porażenia innych upraw w obiekcie.**

W przypadku, gdy stan zdrowotności uprawy pozwala na prowadzenie rzutu trzeciego, po zakończeniu zbiorów drugiego rzutu, uprawę należy ponownie nawodnić. Zalecana wówczas dawka wody wynosi 2-6 l/m² uprawy i zależy od wilgotności okrywy oraz od aktywności podłoża. Mniejsze dawki stosuje się, gdy w uprawie występują choroby, zwłaszcza daktylium. Zalecaną dawkę należy podzielić na 2-3 części po 1-2 l/m² każda i zastosować je w krótkich, kilkunastominutowych odstępach po sobie.

Po podlaniu należy na ok. 24 godziny zwiększyć w hali wilgotność powietrza o ok. 2% i zawartość CO₂ o ok. 300 ppm, aby pobudzić do rozwoju zawiązki trzeciego rzutu. Później, do końca rzutu powinno się utrzymywać w hali nieco łagodniejszy, niż w drugim rzucie mikroklimat, gdyż podłoże jest już zdecydowanie mniej aktywne, a owocniki wyrastają rzadziej. Należy ograniczyć ruch powietrza, aby nie wychładzać podłoża i starać

się zachować między nimi różnicę temperatur ok. 2°C, właściwą do prawidłowego wzrostu owocników. W tym okresie wilgotność powietrza powinna wynosić 86-90%.

7. Pakowanie, przechowywanie i transport zebranych pieczarek

Pieczarki po zbiorze są sortowane i pakowane do opakowań jednostkowych o różnych kształtach i gramaturach, w zależności od przeznaczenia i wymagań odbiorcy. Czynność ta odbywa się w hali lub w specjalnie przeznaczonych do tego celu pakowni. Pieczarki mogą być pakowane w skrzynki po 2-3 kg lub w mniejsze opakowania po 150, 250, 500, 750, 1000 g, a następnie w skrzynki zbiorcze, które umieszczane są na paletach.

Gotowe palety przykrywa się papierem od góry, aby pęd powietrza z agregatu w chłodni nie owiewał grzybów, gdyż może to powodować powstawanie na grzybach łuski, która obniża wartość handlową produktu. Ze względu na ryzyko powstawania uszkodzeń pieczarek, nie należy ich przesypywać z jednego opakowania do drugiego. Opakowania powinny być czyste oraz nieprzeładowane.

Pieczarki po zbiorze należy jak najszybciej schłodzić i przechowywać w chłodniach, ponieważ owocniki na skutek ciepła tracą jędrność i brunatnieją, a ich kapelusze otwierają się. Optymalne warunki przechowywania grzybów to wilgotność względna powietrza 85-90% oraz temperatura ok. 2°C. Podczas przechowywania nie należy wystawiać pieczarek na działanie silnego suchego powietrza. Szczególnie wrażliwe są pod tym względem pieczarki pierwszego rzutu. Dla zachowania odpowiedniego poziomu higieny, chłodnię należy regularnie myć, a przynajmniej raz w miesiącu dezynfekować chemicznie.

Pieczarka świeża, ze względu na swoją delikatność jest towarem trudnym do transportowania, dlatego pojazdy przeznaczone do jej transportu powinny być wyposażone w nowoczesne urządzenia do kontroli atmosfery, umożliwiające bezpieczny przewóz pieczarki świeżej w wymaganej temperaturze 2-4°C. Ze względu na wrażliwość na zmiany klimatu, pieczarki muszą być transportowane w tzw. trybie chłodzenia ciągłego, co oznacza, że konieczna jest stała praca agregatu chłodniczego, od załadowania aż do momentu dostarczenia ich do odbiorcy. Jeżeli agregat podczas transportu jest wyłączony, woda zaczyna się skraplać na skrzynkach i ścianach naczepy, a następnie po ponownym załączeniu urządzenia kropelki wody spadają na grzyby i powodują powstawanie na nich plamy, co pogarsza ich jakość. Wszelkie zmiany temperatury, nawet o 2-3°C, mogą wpłynąć na pogorszenie jakości owocników. W związku z tym niedopuszczalne jest, aby kierowca wyłączał podczas transportu agregat lub przestawiał go w tryb automatyczny. Agregaty chłodnicze nowej generacji posiadają wgrane specjalne programy przeznaczone do pojazdów transportujących pieczarki. Przy odbiorze produktu odbiorca może sprawdzić zarówno wydruk z pracy agregatu w czasie transportu, jak i temperaturę pieczarek. Czas, przez który można transportować pieczarki bez ryzyka utraty ich jakości zależy zawsze od jakości załadowanych grzybów.

VIII. LIKWIDACJA UPRAWY

Uprawę najlepiej zakończyć dezynfekcją termiczną, a jeśli to niemożliwe przeprowadzić dezynfekcję chemiczną hali wraz z podłożem. Dezynfekcja chemiczna po

zakończonej uprawie jest możliwa, bowiem środki chemiczne nie mają już bezpośredniego kontaktu z produktem gotowym, jakim jest pieczarka. Wykaz możliwych środków do dezynfekcji zawiera tabela 1 (Rozdział X). Najskuteczniejszym sposobem dezynfekcji jest przeprowadzenie „parowania” hali. W tym celu należy parą wodną podgrzać powietrze i podłóżę w hali do temperatury 65-70°C i utrzymać ją przez minimum 8 godzin. Zabieg ten pozwala na zniszczenie wszystkich patogenów i szkodników pieczarki, nawet znajdujących się wewnątrz podłóża i okrywy. Dezynfekcja chemiczna hali wraz z podłóżem jest sposobem mniej efektywnym. Likwidowaną uprawę należy podlać lub intensywnie zrosić roztworem dezynfektanta, stosując 2-3 l roztworu na m² półki (Rozdział X, tab. 1). Likwidację uprawy należy przeprowadzać jak najszybciej od zakończenia zbiorów nawet, jeśli w danej hali nie jest planowane szybkie założenie kolejnej uprawy. Czas likwidacji uprawy należy ograniczyć do niezbędnego minimum. Po opróżnieniu, halę wraz z wyposażeniem, płytę załadowniczą oraz inny wykorzystywany sprzęt należy oczyścić z resztek poprodukcyjnych, a następnie dokładnie umyć i zdezynfekować.

IX. CHOROBY I SZKODNIKI

1. Choroby

1.1. Choroby grzybowe

Sucha zgnilizna

Sucha zgnilizna pieczarki wywoływana jest przez patogeniczny grzyb *Lecanicillium fungicola* (dawna nazwa *Verticillium fungicola*). Chorobotwórcze dla pieczarki są *L. fungicola* var. *fungicola* (Lff – odmiana występująca w Europie) i *L. fungicola* var. *aleophilum* (Lfa - występująca w Ameryce Północnej).

Objawy suchej zgnilizny mogą być różne i zależą od stopnia oraz terminu porażenia uprawy. Najczęściej są to zdeformowane, nieodróżnicowane twory powstałe z tkanki pieczarki, pokryte szarym nalotem zarodników patogenu (fot. 1-2). Na porażonych tkankach mogą pojawiać się bursztynowe, pojedyncze krople. Owocniki nie różnicują się na trzon i kapelusz, są silnie nabrzmiałe i przybierają kształt purchawki czy też cebuli. Takie objawy wskazują na infekcję uprawy we wczesnych stadiach rozwoju pieczarki, np. tuż po nałożeniu okrywy. Wykształcone owocniki są wygięte a zewnętrzna tkanka trzonu się łuszczy (fot. 3). Gdy infekcji ulegnie dojrzały owocnik, mogą pojawiać się również szaro-brązowe, lekko wgłębione i matowe, nekrotyczne plamy na kapeluszu. Takie objawy występują, gdy choroba jest wywołana przez niewielką liczbę zarodników.



Fot. 1-2. Objawy suchej zgnilizny w wyniku porażenia owocników przez *Lecanicillium fungicola*



Fot. 3. Łuszczenie zewnętrznej tkanki trzonu, wygięcie się owocnika w wyniku porażenia owocnika przez *Lecanicillium fungicola*

Szybkość rozwoju choroby jest również uzależniona od ilości konidiów, które zainfekowały uprawę. Przy wysokiej liczbie zarodników tj. 10^8 na m^2 , objawy chorobowe widoczne są już po 8-10 dniach. Rozwój choroby jest stosunkowo dłuższy, gdy uprawa jest zainfekowana mniejszą ilością konidiów. Zarodniki *Lecanicillium* sp. w wilgotnej glebie mogą przetrwać około roku, natomiast w warunkach suchych przez 7 miesięcy.

Biała zgnilizna

Biała zgnilizna wywoływana jest przez grzyb *Mycogone perniciosa* ze stadium doskonałym *Hypomyces pernicius*.

Objawy choroby można obserwować w każdym stadium rozwojowym pieczarki. Na porażonych zawiązkach owocników powstają duże, nieregularne, nabrzmiące formy niezróżnicowanej tkanki pieczarki (fot. 4).



Fot. 4. Objawy białej zgnilizny w wyniku porażenia uprawy przez *Mycogone perniciosa*

Porażenie uprawy w późniejszym terminie skutkuje tworzeniem się owocników zniekształconych, tj. z rozdętymi, nabrzmiałymi trzonami i zdeformowanymi kapeluszami, na powierzchni których powstają guzkowate narośla. W początkowym etapie rozwoju różnice między suchą a białą zgnilizną są trudne do uchwycenia, ale tkanki pieczarki zainfekowane przez *M. perniciosa* szybciej powiększają swoje rozmiary, a porażona tkanka zmienia barwę na kolor brązowy (fot. 5).



Fot. 5. Objawy białej zgnilizny w wyniku porażenia uprawy przez *Mycogone perniciosa*

Patogen na porażonej pieczarce wytwarza początkowo białą grzybnię, która po upływie kilku dni ciemnieje do barwy brązowej, co jest wynikiem wytwarzania chlamydospor (tj. dużych, grubościennych zarodników). Po kilku dniach, na grzybach pojawiają się bursztynowe krople (fot. 6-7). Wysoka temperatura i wilgotność powietrza sprzyja rozwojowi bakterii gnilnych, w wyniku czego już po 10 dniach następuje rozkład tkanki pieczarki, czego skutkiem jest nieprzyjemny, wyczuwalny zapach.



Fot. 6-7. Bursztynowe krople na porażonych owocnikach pieczarki w wyniku wystąpienia białej zgnilizny

Objawy chorobowe w pierwszym rzucie pieczarek wskazują, że źródłem porażenia jest okrywa lub zakażenie mogło wystąpić w trakcie jej nakładania. Porażenie pieczarek w kolejnych rzutach świadczy o wtórnym zakażeniu uprawy, np. przez wniesienie zarodników grzyba z prądami powietrza, na ubraniach pracowników czy narzędziach. Zarodniki mogą być przenoszone również przez muchówki.

Daktylium

Choroba daktylium wywoływana jest przez grzyby *Cladobotryum dendroides* (dawna nazwa *Dactylium dendroides*) oraz *C. mycophilum* ze stadium doskonałym - *Hypomyces rosellus*. Gatunki te różnią się między sobą budową konidiów, szybkością wzrostu i morfologią kolonii, a także zapachem. Grzyby *Cladobotryum* spp. rozwijają się w szerokim zakresie temperatur 10-33°C i pH 3,0-8,0.

C. dendroides wytwarza najczęściej 3-4 komórkowe zarodniki konidialne. Grzyb tworzy duże, początkowo białe, watowate, pozbawione zapachu kolonie o luźnej strukturze. Patogen zarodnikuje już po 4 dniach, co objawia się zmianą koloru kolonii na kremową. Po 8-10 dniach kolonie stają się różowo-czerwone, w wyniku wytwarzania rubinowoczerwonych zarodni workowych (perytecjum). *C. mycophilum* wytwarza duże, najczęściej dwukomórkowe konidia i wyczuwalny zapach kamfory. Wśród tego gatunku wyróżnić należy jeszcze *C. mycophilum* Typ II, który jest genetycznie podobny do *C. mycophilum*, ale posiada też cechy *C. dendroides*. Cechą, która wyróżnia ten szczep, jest odporność na fungicydy z grupy benzimidazoli.

Straty w uprawie pieczarki wywoływane przez daktylium szacuje się na 15-30%. Choroba często prowadzi do całkowitej utraty plonu po II rzucie. Od porażenia uprawy do pierwszych objawów choroby mija 5-12 dni, w zależności od liczby konidiów wywołujących infekcję. Im wcześniej nastąpi zakażenie, tym choroba ma silniejszy przebieg i może skutkować całkowitym zahamowaniem rozwoju pieczarki. Kolonie patogenu mogą pojawić się na okrywie już przed pierwszym rzutem pieczarek, co objawia się utworzeniem białej lub szarobiałej, watowatej struktury, która następnie przybiera barwę żółtobrazową. Grzybnia powiększa się i gęstnieje (fot. 8-9), a po kilku dniach zmienia barwę na różową. W pełni rozwinięta grzybnia oplata pieczarki, tworząc pajęczynowaty nalot, a porażone owocniki ciemnieją lub żółkną, więdną i gniją (fot. 10-11).



Fot. 8-9. Daktylium w uprawie pieczarki.



Fot. 10-11. Rozwijająca się grzybnia *Cladobotryum mycophillum*.

Objawem choroby są też plamy na owocnikach, które może wywołać już niewielka liczba zarodników patogena. Wyróżnia się dwa typy plam. Najczęściej pojawiają się nieregularne, brązowe plamy już po 3-4 dniach od zainfekowania. W przypadku dużej liczby zarodników i warunków korzystnych dla rozwoju patogenu, plamy mogą rozprzestrzenić się na całą uprawę. Mogą się też pojawić po zbiorze grzybów. Plamy drugiego typu są jasnobrązowe, o kształcie bardziej regularnym, okrągłym. Początkowo niewielki punkt, zaczyna się promieniście rozrastać, aż zainfekuje całą powierzchnię kapelusza (fot. 12).



Fot. 12. Plamy na owocnikach w wyniku infekcji daktylium.

Nasilenie objawów choroby zależy od terminu porażenia okrywy, oraz od jej rodzaju. Uważa się, że ciężka okrywa sprzyja rozwojowi choroby, natomiast niskie pH okrywy

wpływa na zahamowanie infekcji. Ponadto, na rozwój choroby ma wpływ wilgotność okrywy i szybkość jej parowania - wyższa wilgotność okrywy i mniejsza intensywność parowania sprzyja rozwojowi choroby. Tempo szerzenia się choroby zależy też w dużym stopniu od warunków panujących w hali uprawowej, tj. temperatury (optymalna dla patogena to 25°C) i wilgotności powietrza (95% i powyżej).

Grzyby z rodzaju *Cladobotryum* powszechnie występują w glebie, powietrzu i substratach pochodzenia organicznego. Dlatego nieodpowiednio pasteryzowane podłoże lub źle przygotowana okrywa mogą być źródłem zakażenia. Najczęściej przyczyną rozsiewania zarodników są czynności wykonywane podczas uprawy (podlewanie, zbiór). Konidia patogenu są z łatwością przenoszone z ruchem powietrza, przez owady, pracowników i sprzęt (skrzynki, palety, noże) używany w pieczarkarni.

Zielona pleśń

Rozwój zielonej pleśni w uprawie pieczarki może być przyczyną utraty nawet 100% plonu. Infekcje te wywoływane są przez powszechnie występujące w środowisku naturalnym grzyby *Trichoderma* spp. (ze stadium płciowym z rodzaju *Hypocrea*).

Początkowo za sprawcę zielonej pleśni uznawano gatunek *Trichoderma harzianum*. Na podstawie analiz molekularnych w obrębie tego gatunku wyróżniono 4 biotypy Th1, Th2, Th3 i Th4 różniące się szybkością wzrostu, zarodnikowaniem i agresywnością w stosunku do pieczarki. Grzyby różnią się również wyglądem kolonii oraz cechami morfologicznymi, tj. długością fialid i wielkością konidiów.

Biotyp Th1 to *T. harzianum sensu stricto* (niepatogeniczny dla pieczarki), charakteryzuje się szybkim wzrostem, tj. 1,0 mm/godz. w temperaturze 27°C, zarodnikuje po dwóch dniach inkubacji i tworzy obfitą grzybnię powietrzną. Izolowany jest przede wszystkim z surowców na kompost, natomiast rzadko z kompostu zainfekowanego.

Biotyp Th3 to niepatogeniczny gatunek *T. artroviride*, który również izoluje się z surowców, a rzadko z porażonych pól uprawowych. Grzyb na agarze tworzy promieniste kolonie o orzechowym zapachu i przyrasta w tempie 0,5-1,0 mm/godz.

Agresywne w stosunku do pieczarki są biotypy Th2 i Th4 określone jako *T. aggressivum*, które izolowane są z porażonego kompostu, a rzadko z surowców. Zarodnikowanie nie pojawia się wcześniej, niż po czwartym dniu, w centralnej części, co objawia się tworzeniem zielonych koncentrycznych promieni. W Europie, za występowanie zielonej pleśni odpowiedzialny jest patogeniczny biotyp *T. aggressivum* f. *europaeum* (Th2), natomiast w Ameryce Północnej występuje *T. aggressivum* f. *aggressivum* (Th4). Zarodniki konidialne oraz grzybnia patogenów giną w temperaturze 45°C po kilku godzinach.

Największe straty związane z rozwojem zielonej pleśni są w przypadku, gdy zainfekowane zostanie podłoże pieczarkowe w okresie wysiewu grzybni pieczarki. Zielona pleśń może pojawić się już przed nałożeniem okrywy, jednak najczęściej pojawia się z pierwszym rzutem pieczarki, tj. przed lub w trakcie trwania „szoku”. Początkowo *T. aggressivum* objawia się jako białe kolonie, dlatego często w trakcie rozrostu tego grzyba w podłożu, trudno go odróżnić od grzybni pieczarki. W miarę rozwoju, kolonie patogenu ciemnieją, zmieniając barwę na zieloną (fot. 13-15).



Fot. 13-15. Etapy rozwoju grzybni *Trichoderma aggressivum* w podłożu pieczarkowym

Objawy choroby pojawiają się około 10 dni od wysiewu grzybni, mogą też pojawić się na okrywie kilka dni po jej nałożeniu. Grzyby *T. aggressivum* rozwijają się w podłożu uprawowym tylko w obecności grzybni pieczarki, prowadząc do jej degradacji w wyniku wytwarzania enzymów litycznych, toksycznych produktów przemiany materii oraz lotnych związków organicznych. Wzrost izolatów agresywnych jest stymulowany obecnością grzybni pieczarki. Jednoczesny wzrost grzybni *A. bisporus* i *T. aggressivum* obserwuje się do momentu zarodnikowania patogenu, po czym następuje zahamowanie rozwoju pieczarki i gwałtowny rozrost zielonej pleśni w podłożu. Związkiem hamującym rozwój grzybni pieczarki i tworzenia owocników jest 3,4-dihydro-8-hydroksy-3-metyloizokumaryna, której nie produkują izolaty nieagresywne. Ponadto, obecność grzybni pieczarki dla rozwoju zielonej pleśni jest konieczny, gdyż *A. bisporus* rozkłada złożone związki organiczne podłoża (ligninę, celulozę) na prostsze związki, które są asymilowane jako źródło węgla przez grzyby *Trichoderma*. Izolaty *T. aggressivum* bardzo szybko kolonizują kompost, dzięki czemu mogą konkurować z grzybnią pieczarki o przestrzeń i składniki odżywcze w podłożu, powodując nawet całkowite zniszczenie plonu.

Pojawienie się zielonej pleśni w trakcie trwania uprawy przyczynia się do osłabienia owocnikowania oraz powstawania plam na owocnikach (fot. 16-17). Ponadto, infekcji często towarzyszy roztocz pieprzowy *Pygmephorus mesembrinae* (fot. 18-19).



Fot. 16. Zielona pleśń w uprawie w trakcie trwania uprawy



Fot. 17. Plamy na owocnikach pieczarki w wyniku porażenia przez *Trichoderma aggressivum*



Fot. 18-19. Roztocz pieprzowy na owocnikach pieczarki, towarzyszący występowaniu grzybów *Trichoderma aggressivum*

Zakażenie kompostu grzybami *T. aggressivum* w fazie rozwijania się grzybni pieczarki skutkuje dużo poważniejszymi stratami, niż porażenie uprawy w późniejszej fazie. Izolaty agresywne mają zdolność lepszej adaptacji w środowisku kompostu, niż izolaty nieagresywne, choć początkowo duże ilości bakterii saprotroficznych mogą hamować ich rozwój. Obecność ziarniaków z grzybnią pieczarki ułatwia więc patogenowi przetrwanie okresu do zaniku bakterii, który następuje w trakcie przerastania grzybni pieczarki. Patogen rozwija się w tym czasie na ziarniakach, po czym ujawnia swoją agresywność i szybko opanowuje podłoże. W ciągu 2-4 dni następuje rozwój kolejnych generacji grzybów *T. aggressivum*, w wyniku czego grzybnia pieczarki powoli zanika. Najgroźniejsze w skutkach jest porażenie podłoża w okresie od wysiewu grzybni do dwóch tygodni po tej czynności.

Pośredni wpływ na rozwój zielonej pleśni ma jakość (selektywność) podłoża. Podłoże o takich parametrach jak odczyn poniżej pH 7,5, zawartość kationów NH_4^+ od 0,05% do 0,15%, czy wilgotność 76-69% sprzyja rozwojowi grzybni pieczarki, dzięki czemu może ona skutecznie konkurować z grzybami *Trichoderma*. Ponadto, patogen rozwija się w podłożu niedofermentowanym, w którym stosunek C:N jest nieodpowiedni. Ważny jest proces amonifikacji, podczas którego należy zapewnić stopniowy wzrost temperatury, co umożliwia całkowitą konwersję cukrów prostych. Okres fermentacji powinien wynosić przynajmniej 13-14 dni.

Falszywa trufla

Obecnie fałszywa trufla w uprawie pieczarki pojawia się bardzo rzadko. Patogenem wywołującym tę chorobę jest, powszechnie występujący w glebie, grzyb *Diehliomyces microspora*. Rozwijająca się w podłożu grzybnia patogenu jest najpierw barwy białej, następnie kremowej, aż do jasno różowej. W początkowym etapie rozwoju grzybnia patogenu jest trudna do odróżnienia od grzybni pieczarki, ale z upływem czasu zmienia kolor na czerwono-brązowy. Po 15-21 dniach, w zależności od temperatury, w podłożu, a później na okrywie i w jej wnętrzu, z gęstej grzybni tworzą się owocniki grzyba podobne do orzechów włoskich, które przybierają barwę żółtopomarańczową, a później brunatną (fot. 20-21).



Fot. 20-21. Owocniki fałszywej trufla

Wytworzone owocniki są pierwszym widocznym sygnałem porażenia uprawy. Brunatne owocniki wytwarzają zarodniki workowe (askospory), które są odporne na działanie temperatury i środki chemiczne. Działanie 60°C przez 2 godziny eliminuje źródło infekcji. W przypadku gdy rozwój patogenu w podłożu jest intensywny, grzybnia pieczarki zanika, kompost staje się czarny, mokry o zapachu chloru, a plonowanie ustaje. Infekcji sprzyja wysoka temperatura w hali uprawowej, powyżej 26°C. Przy wczesnym porażeniu owocniki trufla mogą być widoczne nawet w momencie rozpoczęcia pierwszego rzutu. W takim przypadku plon pieczarek może być całkowicie zniszczony lub sięga najwyżej 3-4 kg/m². Częściej jednak choroba występuje w kolejnych rzutach lub miejscach dosypywanej okrywy. Źródłem patogenu jest przede wszystkim okrywa, ale również źle przeprowadzona faza II fermentacji podłoża pieczarkowego.

Śniedź (żółta pleśń)

Grzyby wywołujące tę chorobę są stosunkowo liczne. Należą do nich przedstawiciele rodzajów: *Sepedonium*, *Chrysosporium* i *Sporotrichum*. Najczęściej chorobę wywołują *Chrysosporium luteum* (syn. *Myceliophora lutea*), *Chrysosporium merdarian* (syn. *M. sulphurea*) i *Sepedonium chrysospermum*. W zależności od czynnika wywołującego infekcję objawy chorobowe są różne.

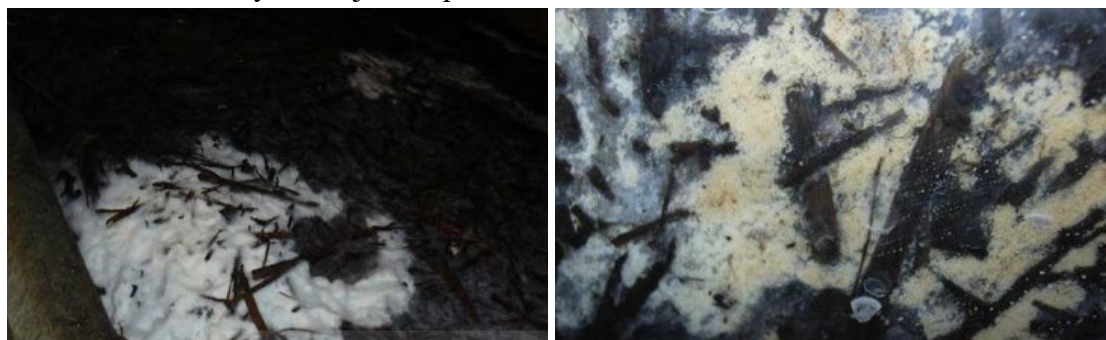
Gatunek *C. luteum* rozwija się w podłożu pieczarkowym tworząc żółte lub płowe, a następnie barwy czekoladowej plamy w warstwie podłoża przylegającego do okrywy. Warstwa ta staje się twarda, zbita, co jest wynikiem zespalania źdźbeł słomy przez zarodnikujący grzyb *C. luteum*. Patogen rozwija się tylko w obecności grzybni pieczarki.

Ponadto, charakter wzrostu i barwa kolonii patogenu jest podobna do grzybni pieczarki, przez co trudno zauważyć rozwój choroby (fot. 22).



Fot. 22. Śniedź na podłożu pieczarkowym wywołana obecnością *Chrysosporium luteum*

Objawy choroby wywołane przez gatunek *C. merdarian* pojawiają się po kilku tygodniach uprawy. Patogen ten charakteryzuje się tworzeniem w podłożu żółtych, kłaczkowatych plam, które w miarę rozwoju zmieniają barwę na seledynową (fot. 23-24). Sygnałem świadczącym o występowaniu tego grzyba w uprawie jest obniżający się plon owocników w różnych miejscach półki.



Fot. 23-24. Śniedź na podłożu pieczarkowym wywołana obecnością *Chrysosporium merdarian*

Gatunek *S. chrysospermum* tworzy w podłożu białą luźną grzybnię, powoli gęstniejącą i zmieniającą barwę na żółtobrazową. Grzybnia patogenu jest bardzo dobrze widoczna w miejscu styku okrywy z podłożem. W przypadku zainfekowania podłoża pieczarkowego przez śniedź, grzybnia pieczarki zanika. Wystąpieniu *S. chrysospermum* towarzyszą inne gatunki grzybów z rodzaju *Penicillium*, *Aspergillus* i *Trichoderma*. Podłoże ma wyczuwalny zapach śniedzi. Patogeny wywołujące tę chorobę są trudne do zwalczenia, gdyż zarodniki są odporne na wysokie temperatury.

Gipsówka biała

Sprawcą choroby jest grzyb *Scopularopsis fimicola* (syn. *Oospora fimicola*), który przyczynia się do powstawania białych plam na okrywie lub podłożu. Po kilku dniach grzybnia patogenu gęstnieje, tworząc kolonie przypominające plastry gipsu (fot. 25).

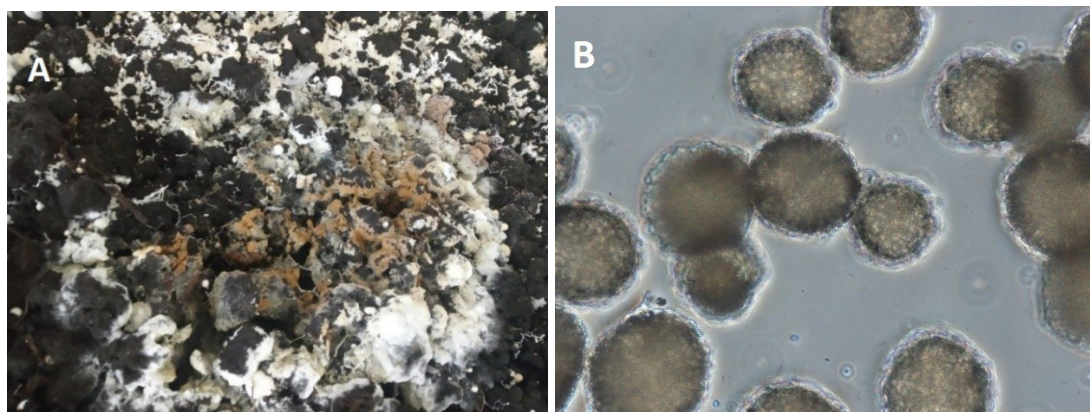
Wysokie pH (powyżej 7,5) podłoża sprzyja wystąpieniu infekcji. Wystąpienie gipsówki powoduje zahamowanie rozwoju pieczarki. Podłoże staje się wtedy kleiste, maziste, o ciemniej barwie.



Fot. 25. Objawy gipsówki białej na podłożu pieczarkowym

Gipsówka brunatna

Sprawcą tej choroby jest grzyb *Papulaspora byssina*, który pojawia się na powierzchni podłoża w trakcie przerastania grzybni pieczarki. Patogen tworzy białą grzybnę, która następnie zmienia barwę na żółtą, a potem na brązową (fot. 26). Kolonie często zlewają się i tworzą rozległe, brązowe strefy na powierzchni. Grzyb może przerosnąć okrywę i pojawia się na jej powierzchni, powodując objawy takie jak na podłożu. W mikroskopie można zaobserwować charakterystyczne ciemne, sferyczne struktury zwane bulbilami, które są złożone z komórek wegetatywnych patogenu (fot. 27). Warunki rozwoju gipsówki brunatnej są takie same jak dla gipsówki białej.

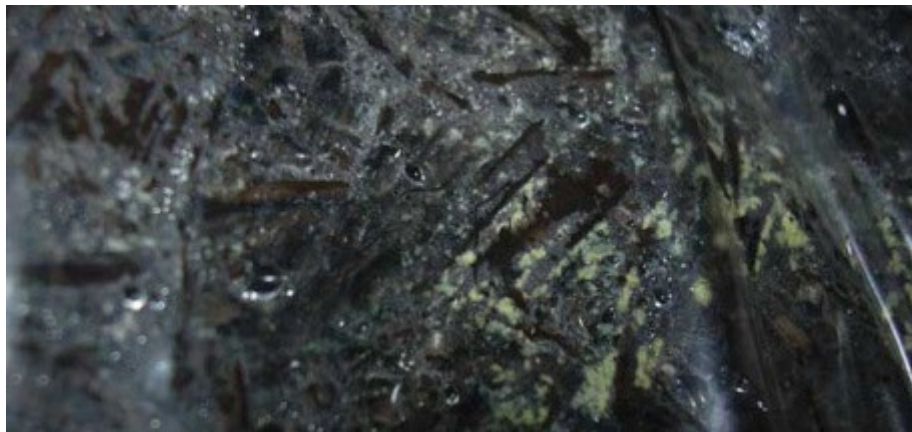


Fot. 26-27. Objawy gipsówki brunatnej na okrywie (A) i bulbile *Papulaspora byssina* (B)

Pleśń oliwkowa

Chorobę wywołują grzyby z rodzaju *Chaetomium*, a przede wszystkim *Ch. olivaceum* i *Ch. globosum*. Pierwszymi objawami choroby jest pojawienie się na podłożu szarobiałej grzybni patogenu, rozwijającej się po 10 dniach od wsiania grzybni pieczarki. W miarę

rozwoju, kolonia *Chaetomium* przybiera strukturę drobnoziarnistą o barwie zielonej (fot. 28). Podłoże pieczarkowe ciemnieje, a grzybnia pieczarki przestaje się rozwijać. Choroba występuje w podłożu źle pasteryzowanym, tj. gdy dopływ tlenu jest ograniczony, a temperatura podczas pasteryzacji przekracza 60°C. W podłożu pozostają wtedy resztki amoniaku i występuje duże stężenie dwutlenku węgla, co sprzyja rozwojowi *Chaetomium*.



Fot. 28. Pleśń oliwkowa na podłożu pieczarkowym

Pleśń karminowa

Chorobę wywołuje grzyb *Sporendonema purpurascens*. Patogen może rozwijać się, zarówno w podłożu, jak i w okrywie. W pierwszym etapie rozwoju, grzybnia patogenu tworzy biały nalot na podłożu pieczarkowym i przypomina grzybnie pieczarki. Następnie może pojawić się na okrywie. W miarę rozwoju, w wyniku tworzenia przetrwalników, barwa kolonii patogenu, zmienia się na różową, a później na wiśniową (fot. 29). W przypadku silnej infekcji wiązanie owocników jest zahamowane. Porażenie uprawy przed nałożeniem okrywy jest przyczyną dużego spadku plonu, a zwalczanie choroby w trakcie uprawy jest praktycznie niemożliwe, co wymusza jej szybkie zakończenie. Rozwojowi choroby sprzyja wilgotne podłoże o dużej zawartości azotu. Obecność pleśni karminowej w uprawie świadczy o niedostatecznej higienie obiektu. Choroba często pojawia się w słabo wietrzonych zakładach, w których nie prowadzi się dezynfekcji termicznej.



Fot. 29. Pleśń karminowa na okrywie w uprawie pieczarki

1.2. Choroby bakteryjne

Bakterie patogeniczne pieczarki należą głównie do rodzaju *Pseudomonas* i wywołują plamistość na owocnikach. Są to takie gatunki jak: *P. tolaasii*, *P. gingeri* i *P. agarici*. Rzadziej w uprawie pieczarki występują bakterie *Janthinobacterium agaricidamnosum* oraz *Burkholderia gladioli* pv. *agaricicola*, które są przyczyną zgnilizny bakteryjnej.

Plamistość brunatna

Najczęściej pojawiającym się patogenem bakteryjnym w uprawie pieczarki jest *Pseudomonas tolaasii*.

Bakteria *P. tolaasii* powoduje brunatną (rdzawą) plamistość pieczarki, której objawami są nieregularne, ciemnobrązowe, wklęsłe plamy na kapeluszach, a w przypadku ostrego porażenia - również na trzonkach grzybów (fot. 30). Porażone grzyby stają się lepkie i często ulegają zniekształceniom. W miarę rozwoju choroby plamy na powierzchni kapeluszy powiększają się i mogą pojawiać się na całej powierzchni owocnika. Objawy chorobowe mogą występować w każdym stadium rozwojowym grzybów. W przypadku zainfekowania młodych owocników, pieczarka nie rozwija się prawidłowo.

Do rozwoju choroby przyczyniają się przede wszystkim duża wilgotność (powyżej 85%) w hali uprawowej, niedostateczne odparowanie wody i skraplanie się pary na powierzchni owocników, a także zbyt wysoka temperatura w hali. Warunki pogodowe mają również wpływ na rozwój infekcji, bowiem choroby bakteryjne są szczególnie dokuczliwe w okresie ciepłego lata i jesieni, kiedy wilgotność powietrza jest wysoka.



Fot. 30. Objawy plamistości brunatnej na owocnikach pieczarki

Bakterie dostają się na owocniki z okrywy podczas podlewania oraz podczas bezpośredniego kontaktu z okrywą podczas ich wzrostu. Patogen jest również bardzo łatwo przenoszony na rękach pracowników i sprzęcie używanym w pieczarkarni. W rozprzestrzenianiu się choroby mogą brać również udział muchówki i roztocze.

Plamistość imbirowa

Czynnikiem biologicznym odpowiedzialnym za wywołanie tej choroby jest bakteria *Pseudomonas gingeri*. Plamistość imbirowa na pieczarkach została opisana po raz pierwszy w latach 80. XX wieku w Anglii.

Objawem choroby są żółto-brązowe plamy, które z upływem czasu zmieniają barwę na ciemno rudą. Zmiany te są powierzchniowe, nie tworzą wgłębień na kapeluszach. Plamy rozwijają się przeważnie na obrzeżach kapeluszy, jednak w przypadku ostrej infekcji pokrywają również całą ich powierzchnię (fot. 31-32).



Fot. 31-32. Objawy plamistości imbirowej na owocnikach pieczarki

Nasilenie objawów chorobowych następuje wiosną oraz późną jesienią, gdy panuje wysoka wilgotność powietrza. Są to warunki szczególnie sprzyjające dla rozwoju bakterii z rodzaju *Pseudomonas*.

Łzawienie pieczarek - ociekające blaszki

Choroba jest wywoływana przez bakterię *Pseudomonas agarici*. Patogen został zidentyfikowany w latach 70. XX wieku, natomiast choroba po raz pierwszy została opisana w Anglii w latach 60. XX wieku. We wczesnych stadiach choroby, na blaszkach dojrzałych grzybów pojawiają się ciemno brązowe lub czarne plamy, które rozrastają się do ponad 2 mm. W miejscu tych plam, następnie pojawiają się krople wodnistej wydzieliny, zawierającej bakterie chorobotwórcze (fot. 33). Prawdopodobnie źródłem bakterii jest grzybnia pieczarki, gdyż objawy chorobowe można zaobserwować zanim utworzy się pierścień, co wyklucza zewnętrzne pochodzenie źródła infekcji. W przypadku nasilenia choroby, krople wydzieliny pokrywają całą powierzchnię blaszek, co powoduje, że stają się one śliskie. W niektórych przypadkach, w wyniku silnego porażenia następuje zahamowanie rozwoju kapelusza, bądź kapelusz jest zniekształcony.



Fot. 33. Łzawienie pieczarek – krople wydzieliny na owocniku

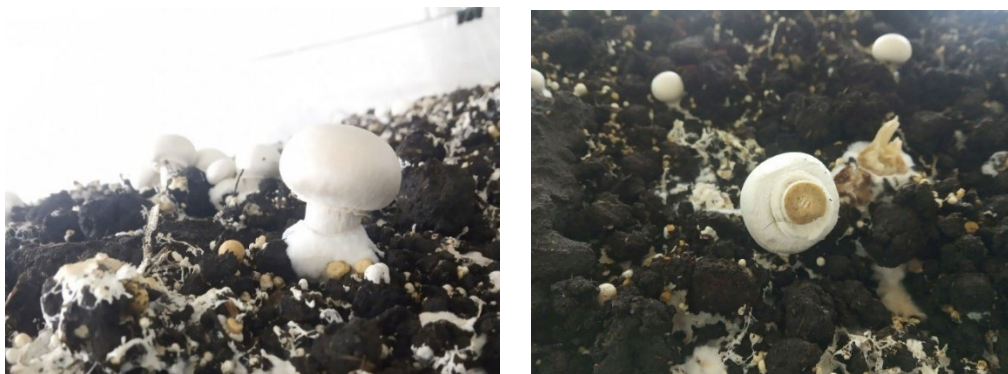
Mumiowatość

Początkowo uważano, że chorobę wywołuje wirus. Dopiero w 1968 roku wykazano, że za mumiowatość pieczarek odpowiedzialna jest bakteria z rodzaju *Pseudomonas*. Nie jest dotychczas wyjaśnione, jaki dokładnie gatunek bakterii powoduje infekcję.

W wyniku porażenia grzyby nie rozwijają się prawidłowo. Pierwszym symptomem jest zmiana barwy młodych owocników na szary, następnie obserwuje się wydłużenie i wygięcie trzonków (fot. 34). Kapelusze są zmniejszone i nieco pochylone ze względu na dłuższe i cienkie trzonki. W miarę rozwoju choroby, owocniki stają się suche i „skórzaste”, a u podstawy trzonków obserwuje się obficie rosnącą grzybnię (fot. 35). Podczas krojenia owocników można zauważyć, że tkanka grzyba jest twarda, skrzypiąca i często posiada ubytki, w których bytują bakterie. Dodatkowo, wewnętrzna tkanka pieczarki jest ciemnobrązowa (fot. 36).



Fot. 34. Mumiowatość pieczarki



Fot. 35-36. Mumiowatość - przerost grzybni pieczarki u dołu trzonu i brązowienie trzonu owocnika

Źródłem infekcji jest grzybnia pieczarki, dlatego choroba bardzo łatwo rozprzestrzenia się w hali. W przypadku zaobserwowania mumiowatości pieczarki, w celu zahamowania rozwoju infekcji zaleca się wykopanie rowka o szerokości 20-50 cm w odległości ok. 1-2 m od grzybów z objawami chorobowymi. Miejsce powstałe po usunięciu podłoża i okrywy należy zasypać okrywą wymieszana z solą i przykryć folią, co zapobiega dalszemu rozprzestrzenianiu się choroby.

Zgnilizna bakteryjna

Zgnilizna bakteryjna w uprawie pieczarki jest wywoływana przez bakterie *Janthinobacterium agaricidamnsoum* oraz *Burkholderia gladioli* pv. *agaricicola* i może przebiegać bardzo dynamicznie. Objawami choroby są rozległe brązowienia tkanki pieczarki, a następnie szybka zgnilizna owocników, do której dochodzi w ciągu 48 godzin. Objawami mogą być też wgłębienia na owocnikach oraz mokre plamy (fot. 37-38). Choroba łatwo się rozprzestrzenia poprzez podlewanie i kontakt bezpośredni z patogenem. Optymalna temperatura wzrostu bakterii wynosi 25°C, natomiast maksymalna 30°C.



Fot. 37-38. Objawy zgnilizny bakteryjnej pieczarki

1.3. Choroby wirusowe

Wirus La France (Wirus MBV)

Choroba wirusowa powoduje duże straty plonu, często dochodzące do 60%, pogorszenie jakości oraz deformacje grzybów. Zmiany morfologiczne grzybów objawiają się najczęściej w postaci:

- wydłużenia i/ lub wygięcia trzonu oraz powstawaniu małych kapeluszy (fot. 39);
- płaskich, przedwcześnie otwartych kapeluszy osadzonych na rozdętych, krótkich trzonach;
- tworzenia trzonów odwrotnie stożkowatych i płaskich kapeluszy;
- jasnobrązowych owocników, o gąbczastym i/lub wodnistym miąższu.

Często dochodzi do opóźnienia wiązania owocników, bądź pojawiania się owocników w głębi okrywy.

W tkankach zainfekowanych grzybów obserwuje się różnego typu cząstki wirusów sferycznych o wielkości 25 nm, 35 nm i pałeczkowatych o wymiarach 19x50 nm (tzw. MBV – ang. mushroom bacilliform virus), które ostatecznie opisano jako wirus La France.

Źródłem infekcji jest grzybnia pieczarki lub zarodniki porażonych grzybów. Zainfekowana grzybnia pieczarki słabiej rozwija się w podłożu, co skutkuje również gorszym przerośnięciem okrywy i degeneracją grzybni. Ostry rozwój choroby może skutkować nawet całkowitym brakiem plonu. W przypadku nieprawidłowo przeprowadzonej dezynfekcji hali, kolejne uprawy mogą zostać zainfekowane wirusem za pośrednictwem pozostawionej grzybni. Pomiędzy strzępkami grzybni pieczarki powstają łatwe połączenia, tzw. anastomozy, przez które następuje przeniesienie cząsteczek wirusa na nowe strzępki.

Wśród odmian pieczarki dwuzarodnikowej, zarówno wśród białych, jak i brązowych, nie ma odmian odpornych na chorobę, przy czym uważa się, że odmiany brązowe są mniej podatne na porażenie wirusem La France. Odporna natomiast jest pieczarka czterozarodnikowa, *Agaricus bitorquis*, dlatego w celu wyeliminowania choroby z zakładu, zalecane jest okresowe uprawianie tej odmiany.



Fot. 39. Małe kapelusze, wydłużone trzonki w wyniku infekcji wirusem LaFrance

Wirus X (wirus MVX)

Objawy wywoływane przez MVX przypominają te powodowane przez wirusa La France. W przebiegu choroby następuje miejscowe zahamowanie tworzenia zawiązków, opóźnienie lub całkowity ich zanik, przedwczesne otwieranie się kapeluszy, zniekształcenia owocników oraz brązowienie kapeluszy (fot. 40). Wykazano, że za chorobę odpowiedzialny jest zespół, prawdopodobnie około 18 różnych wirusów,

a problemy z jednoznaczną identyfikacją czynnika sprawczego były powodem nadania mu nazwy Mushroom Virus V (wirus MVX).

Wykazano, że brązowienie kapeluszy wywołuje wirus AbV 16 (z rodziny *Betaflexiviridae* i *Bromoviridae*), którego RNA stwierdzono w dużej ilości w próbkach wykazujących takie objawy, natomiast wirus AbV 6, izolowany z innych próbek w dużych ilościach, należy do rodziny *Betaflexiviridae* i *Virgaviridae* i prawdopodobnie odpowiedzialny jest za redukcję plonu.

Objawy choroby są często dość niespójne, bo nie zawsze występują, mimo potwierdzenia obecności różnych wirusów w grzybach - czasem obserwuje się całkowite zahamowanie rozwoju pieczarki, innym razem w uprawie są pojedyncze grzyby z objawami brązowienia, ale nie mające wpływu na plon i brak jest dalszego rozprzestrzeniania choroby.

Wiadomo, że wirus jest przenoszony przez zakażoną grzybnię, bądź zarodniki pieczarki. Doświadczenia infekcyjne pokazują natomiast, że niewielka liczba porażonego materiału, tj. grzybni bądź zarodników pieczarki może być przyczyną dużego spadku plonu. Wykazano również, że wprowadzenie zakażonego inokulum do uprawy może skutkować brakiem objawów chorobowych, mimo, że z tkanek grzybów izolowano materiał genetyczny wirusa. Mimo porażenia wirusem/wirusami MVX choroba może zatem przebiegać bezobjawowo.



Fot. 40. Zahamowanie rozwoju owocników, zmiana barwy owocników



Fot. 41. Zahamowanie rozwoju owocników



Fot. 42. Zanikanie zawiązków – puste miejsca na okrywie

2. Szkodniki

Do szkodników najczęściej występujących w pieczarkarniach należą muchówki, roztocze i nicienie.

2.1. Muchówki

Ziemiórki (Sciaridae)

Muchówki te występują powszechnie w środowisku naturalnym i w pieczarkarniach na całym świecie. Żerują na grzybach oraz w opadłych i butwiejących liściach. Z uprawą grzybów zagrożenie stanowią dwa: *Lycoriella ingenua* i *L. castanescens*. Osobniki dorosłe mają najczęściej około 2-4 mm długości i są barwy czarno-brązowej, z opalizującymi skrzydłami przykrywającymi cały odwłok. Charakterystyczne dla dorosłych ziemiórek są także długie, nitkowate czułki (fot. 43-44). Larwy są beznogie, mlecznobiałe z czarną puszką głowową (fot. 45).



Fot. 43-44. Postać dorosła muchówki *Lycoriella ingenua*



Fot. 45. Larwy ziemiórki *Lycoriella ingenua*

Ich silnie wydłużone, robakowate ciało osiąga od 1 do 8 mm długości w zależności od stadium rozwojowego. Poczwarki stanowiące nieruchome stadium przejściowe między larwą a osobnikiem dorosłym są barwy żółto-brązowej i często pokryte są grudkami podłoża, w którym występują. W warunkach pieczarkarni szkodliwe są osobniki dorosłe i larwy. Szkodliwość owadów dorosłych polega na przenoszeniu na swoim ciele w hali uprawowej oraz pomiędzy uprawami nicieni, roztoczy i zarodników grzybów patogenicznych, co może przyczyniać się do rozwoju chorób infekcyjnych. Larwy z kolei, żerując w podłożu, zjadają i uszkodzają mechanicznie rozrastającą się grzybnię, podcinają tworzące się zawiązki oraz drążą korytarze w owocnikach. Dodatkowo, w wyniku ich żerowania podłoże do uprawy staje się maziste i trudne do przerośnięcia dla grzybni. Na skutek szkodliwego działania ziemiórek często dochodzi do obniżenia ilości i jakości plonu.

Zadrowate (Phoridae)

Muchówki z rodziny zadrowate, podobnie jak ziemiórki, występują powszechnie w pieczarkarniach na całym świecie. W polskich uprawach pieczarki zidentyfikowano gatunki *Megaselia halterata* oraz *M. nigra*. Osobniki dorosłe tych muchówek są nieco mniejsze od ziemiórek, osiągają około 2-3 mm długości. Ich krępe, czarno-brązowe ciało jest łukowato wygięte po stronie grzbietowej, skrzydła są matowe, a czułki krótkie (fot. 46). Dodatkowo cechą pozwalającą w łatwy sposób odróżnić zadry od ziemiórek w pieczarkarni jest sposób ich poruszania się. W przeciwieństwie do ziemiórek zadry poruszają się dynamicznie, często zmieniając kierunek lotu. Larwy są beznogie, mlecznobiałe lub jasnobrązowe bez wyodrębnionej głowy, co odróżnia je od larw ziemiórek (fot. 47). Poczwarka jest żółto-brązowa, kształtu owalnego. Szkodliwość jest podobna, jak w przypadku ziemiórek. Po dostaniu się do hali uprawowej samica składa jaja do kompostu z intensywnie rozwijającą się grzybnią, bądź na owocniki. Osobniki dorosłe mogą przenosić na swoich ciałach szkodliwe dla uprawy pieczarki nicienie, roztocze i zarodniki grzybów patogenicznych. Szkodliwość larw polega na ograniczaniu wzrostu grzybni w podłożu oraz, w przypadku niektórych gatunków, dodatkowo na uszkodzaniu owocników, co obniża wielkość i jakość plonu.



Fot. 46. Postać dorosła muchówki z rodziny zadrowatych



Fot. 47. Larwa zadrowatych

2.2. Roztocze

Brzuchaczowate (Siteroptidae)

Pajęczaki te występują dość powszechnie w polskich pieczarkarniach. Jednym z najczęściej pojawiających się gatunków z tej rodziny są roztocze pieprzowe. Ze względu na bardzo małe rozmiary rzędu 0,1-0,4 mm, pojedyncze osobniki nie są dostrzegalne gołym okiem. Jeżeli jednak pojawią się masowo widoczne są w postaci żółto-brązowej warstwy pokrywającej okrywę i owocniki pieczarek (fot. 48). Owocniki wyglądają wówczas jakby były pokryte pieprzem, stąd ich zwyczajowa nazwa - roztocze pieprzowe. Do rozprzestrzeniania się w nowe miejsca roztocze wykorzystują między innymi muchówki znajdujące się w pieczarkarniach. Pomimo, że nie żywią się grzybnią pieczarki to uznawane są za organizmy szkodliwe w uprawie, bowiem przede wszystkim zanieczyszczają owocniki, co obniża wartość handlową grzybów.



Fot. 48. Roztocze pieprzowe na owocnikach pieczarki

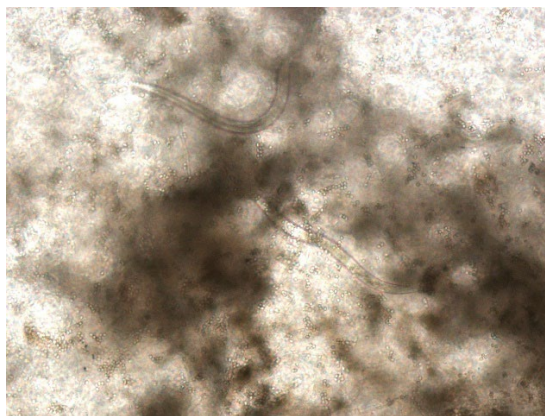
Ponadto, roztocze te mają zdolność do przenoszenia na swoim ciele zarodników grzybów patogenicznych, takich jak na przykład *Trichoderma*, które służą im za pokarm. Tym samym są odpowiedzialne za rozprzestrzenianie chorób pochodzenia grzybowego w uprawie. Mogą także wywoływać alergię u osób pracujących w hali uprawowej. Cechą charakterystyczną roztoczy pieprzowych jest zdolność do zwiększania liczebności populacji w bardzo krótkim czasie. Jedna samica w ciągu życia może złożyć kilkaset jaj, a rozwój od jaja do osobnika dorosłego w temperaturach panujących w pieczarkarni wynosi około 5-8 dni.

Rozkruszkowate (Acaridae)

Pajęczaki te występują powszechnie w pieczarkarniach, a ich obecność jest zauważalna, jeżeli są obecne w dużej liczbie. Osobniki dorosłe dorastają do około 0,4-0,7 mm i mają zwykle białawe ubarwienie. Za pomocą odnóży przyczepiają się muchówek i innych owadów, dzięki czemu przemieszczają się w nowe miejsca. W przeciwieństwie do roztoczy pieprzowych, oprócz grzybni i zarodników grzybów chorobotwórczych żywią się także grzybnią pieczarki oraz wygryzają jamki w owocnikach. Są również odpowiedzialne za rozprzestrzenianie w uprawie zarodników grzybów patogenicznych. W porównaniu do roztoczy pieprzowych, rozkruszki charakteryzuje dłuższy czas rozwoju, ale też dużo wyższa płodność. Formy młodociane i dorosłe osobniki żerują na grzybni pieczarki, a także owocnikach, tworząc jamki.

2.3. Nicienie

Nicienie są bardzo drobnymi organizmami o silnie wydłużonym, białawym ciele dochodzącym do 1,5 mm długości i szerokości zaledwie 0,05 mm (fot. 49). Pojedyncze nicienie nie są widoczne gołym okiem. Często występują w skupiskach składających się z dużej liczby osobników, wówczas można dostrzec na okrywie charakterystycznie połyskujące miejsca (fot. 50).



Fot. 49. Nicienie grzybożerne występujące w podłożu pieczarkowym



Fot. 50. Czarne miejsca na okrywie nieprzerośnięte przez grzybnię pieczarki, w wyniku namnożenia się nicieni grzybożernych

Nicienie są bardzo odporne na niekorzystne warunki środowiska. W razie potrzeby potrafią zapadać w tzw. „stan życia utajonego”, w którym mogą przetrwać nawet kilka lat. W nowe miejsca mogą przenosić się z wodą, a także przyczepiając się do owadów i roztoczy. W uprawie pieczarki można wyróżnić nicienie grzybożerne i bakteriożerne. Te pierwsze, żywiąc się grzybnią pieczarki, nakłuwają jej komórki i następnie wysysają ich zawartość. Uszkodzona grzybnia zanika i częściowo obumiera. Następnie, na obumarłej grzybni zaczynają rozwijać się bakterie, a z porażonych miejsc wydziela się charakterystyczny, ostry zapach. Rozmnażają się bardzo szybko, a cykl życiowy trwa 10-26 dni, w zależności od gatunku.

Nicienie bakteriożerne niekorzystnie wpływają na grzybnię, poprzez wydzielane produkty przemiany materii, mogą hamować jej wzrost, zwłaszcza w początkowym okresie rozwoju. Dodatkowo, nicienie uszkodzają grzybnię mechanicznie podczas przemieszczania się, a także mogą przenosić bakterie patogeniczne dla pieczarki. Nicienie mogą się dostać do uprawy z podłożem, okrywą, wodą do podlewania, wiatrem, na narzędziach, ubraniach, opakowaniach, czy też na owadach i roztoczech.

X. OCHRONA PRZED CHOROBYMI I SZKODNIKAMI

1. Zabiegi profilaktyczne podczas prowadzenia uprawy ekologicznej

Podczas prowadzenia uprawy w hali oraz w całym obiekcie należy realizować następujące działania i zalecenia profilaktyczne mające na celu zapewnienie wysokiego poziomu fitosanitarnego:

- Od początku uprawy regularnie sprawdzać, czy na tablicach lepowych lub lampach pojawiły się muchówki. Im wcześniej nastąpi wykrycie i skuteczna reakcja, tym mniejsza będzie populacja muchówek w kolejnych fazach uprawy.
- Unikać stawiania butami na krawędziach regałów podczas wykonywania prac uprawowych.
- Nie dopuścić do nadmiernego zagrzaniasia się podłoża podczas przerastania grzybnią. Przegrzanie osłabia lub uszkadza grzybnię pieczarki, a także ułatwia rozwój grzybów patogennych i konkurencyjnych w trakcie uprawy.
- Ograniczyć do niezbędnego minimum częstotliwość wizyt pracowników w hali, zwłaszcza w początkowym okresie uprawy.
- Kontrolować szczelność drzwi i wrót załadunkowych do hali oraz otworów wentylacyjnych z filtrami.
- Kontrolować mikroklimat w hali uprawowej. W przypadku wystąpienia znacznego nasilenia chorób należy utrzymywać w hali temperaturę i wilgotność powietrza przy dolnej granicy zalecanych przedziałów.
- Nie dopuszczać do nadmiernego zagęszczenia owocników w uprawie. Odpowiedni przepływ powietrza pomiędzy owocnikami ogranicza rozwój patogenów powodujących takie choroby jak daktylium czy bakteriozy.
- Przeprowadzać jak najczęściej lustracje upraw, aby szybko wykryć i zabezpieczyć ogniska chorobowe. Czynności te należy bezwzględnie wykonywać przed każdym podlewaniem uprawy, aby nie dopuścić do rozpylania zarodników. Zabezpieczając porażone miejsca solą należy unikać bezpośredniego nanoszenia jej na zarodnikujące kolonie.
- Kontynuować zabezpieczanie porażonych miejsc najlepiej do końca uprawy. Ma to szczególne znaczenie w przypadku upraw, które przed usunięciem nie będą poddane dezynfekcji termicznej.
- Po każdym nawadnianiu niezwłocznie osuszyć uprawy z zawiązkami lub dorastającymi owocnikami. Wilgotne powierzchnie sprzyjają rozwojowi bakterii i zarodników grzybów, które na owocnikach powodują przebarwienia oraz nekrozy.
- Do podlewania używać wodę dobrej jakości, wolną od mikroorganizmów patogennych, o odpowiednim pH i potencjale Redox (utleniająco-redukcyjnym) minimum 600-650 mV, co zapobiega tworzeniu się biofilmu bakteryjnego w instalacjach wodnych.
- Splukiwać posadzkę w hali po pracy, jeśli tylko pozwalają na to panujące warunki wilgotnościowe.

- Wyposażyć osoby zbierające grzyby w kolorowe znaczniki, które posłużą do zaznaczenia miejsc z objawami chorobowymi, które następnie pracownik „sanitarny” zabezpieczy lub usunie.
- Usuwać owocniki rosnące wokół widocznych kolonii patogenów (lecz nie mające z nimi kontaktu), aby ułatwić prawidłowe i szybkie zabezpieczenie tych miejsc.
- Stosować do zbioru wyłącznie skrzynki nowe lub zdezynfekowane z wtórnego obiegu. Mycie i dezynfekcję skrzynek wykonywać przed przywiezieniem do pieczarkarni. Do tego zabiegu należy stosować środki zatwierdzone do dezynfekcji powierzchni mających kontakt z żywnością.
- Podjąć decyzję o wcześniejszej likwidacji uprawy w przypadku wystąpienia dużego nasilenia ognisk chorobowych.

Przy bardzo ograniczonej możliwości zwalczania chorób i szkodników w uprawach, stosowanie powyższych zaleceń jest koniecznością, która może zdecydować o powodzeniu i opłacalności ekologicznej produkcji pieczarki.

2. Ekologiczne metody ochrony pieczarki przed chorobami

Podstawową metodą ochrony wykorzystywaną przy ekologicznej produkcji pieczarek jest stosowanie określonych działań profilaktycznych przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego poziomu higieny w zakładzie. Pozwala to przede wszystkim ograniczyć przedostawanie się do hal uprawowych organizmów szkodliwych. **Ponadto, w ekologicznej uprawie pieczarki zabronione jest stosowanie środków ochrony roślin, które dopuszczone są do uprawy konwencjonalnej bądź integrowanej.**

W ekologicznej produkcji pieczarki należy dążyć do maksymalnego zmniejszenia potencjalnego zagrożenia agrofagami stosując głównie metody agrotechniczne (czyste, szczelne i odpowiednie filtry, systematyczne przeglądanie upraw), mechaniczne (likwidowanie ognisk chorobowych we wczesnych stadiach rozwojowych) z wykorzystaniem środków biologicznych, dozwolonych w produkcji ekologicznej roślin. W zakres metody wchodzi następujące działania:

- kontrola szczelności hal uprawowych,
- kontrola stanu filtrów w systemach wentylacyjnych,
- kontrola obecności organizmów szkodliwych w podłożu wprowadzanym do hali,
- możliwie szybkie przeprowadzanie zabiegów zakładania i likwidacji uprawy,
- utrzymywanie porządku w korytarzu komunikacyjnym i pomieszczeniach na terenie zakładu. Brudny sprzęt i trzonki grzybów należy niezwłocznie usuwać z hal po zakończonym zbiorze,
- nie gromadzenie na terenie pieczarkarni zużytego podłoża,
- stosowanie czystej odzieży roboczej,
- przestrzeganie przez pracowników zasady przechodzenia zawsze od hal z uprawami najmłodszymi do starszych,
- regularna lustracja upraw pod kątem występowania w nich organizmów szkodliwych,

- w przypadku infekcji grzybowych obniżenie w miarę możliwości temperatury w hali do wartości poniżej 16°C,
- utrzymanie odpowiednich warunków uprawowych w profilaktyce chorób bakteryjnych, gdyż wysoka wilgotność i temperatura w hali sprzyja ich rozwojowi. Należy też zwracać uwagę na częstotliwość i ilość wody używanej do podlewania uprawy, gdyż zbyt wilgotna okrywa i kondensacja wody na owocnikach przyspiesza rozwój bakterii. Należy zapewnić stałą różnicę temperatur między temperaturą otoczenia, a powierzchnią grzybów, tak by powierzchnia owocników była chłodniejsza od temperatury powietrza w hali,
- zapewnienie systematycznej dezynfekcji chemicznej i/lub termicznej hal po zakończeniu upraw, co ma znaczenie w profilaktyce chorób wirusowych,
- regularne przeprowadzanie zabiegów dezynfekcyjnych hal (mycie, oprysk ścian i posadzek, zamgławianie hal) między uprawami z wykorzystaniem środków dopuszczonych do stosowania w zakładach piekarskich (tab. 1).

Tabela 1. Wykaz wybranych środków biobójczych do dezynfekcji pustych hal uprawowych i korytarzy między cyklami produkcyjnymi.

Nazwa środka	Substancja czynna	Zakres stosowania
Anthium Dioxide Armex 5 ESCHLOR DIOX A5	ditlenek chloru	Mycie i dezynfekcja hal uprawowych między cyklami produkcyjnymi. Dezynfekcja poprzez oprysk, zanurzenie, lub nanoszenie. Mycie i dezynfekcja narzędzi, skrzynek i urządzeń służących do załadunku. Mycie i dezynfekcja środków transportu. Mycie z użyciem myjek ciśnieniowych, opryskiwaczy, bądź też sprzętu do nanoszenia. Zdezynfekowane pomieszczenia wietrzyć przez okres nie krótszy, niż zalecany przez producenta. Zdezynfekowane powierzchnie spłukać obficie wodą.
Lerasept Aktiv Pulsar Food P3-Tsunami 100	kwask nadootowy	
Clarín BIO Sept Clarín M Sept Divosan HS 35S Huwa-San TR-50 Lerasept OXI P3-Oxonia	nadtlenek wodoru	
Aldekol DES Aktiv CID 2000 Divosan Aktiv Kickstart Lerasept Spezial SR Peroxat	kwask nadootowy, kwask octowy, nadtlenek wodoru	
Chloro K2 Plus Chlorotaab-D Dezmex S Super DM Cid S Hektor C.I.P. Hektor PLUS Lerades CSR 102 Norencó Kloracid	podchloryn sodu	

P3- Hypochloran		
FumiEco	kwask glikolowy + olej oregano	Dezynfekcja poprzez zamgławianie pustych hal uprawowych z wykorzystaniem świec dymnych.
FumiSept	olej z oregano	
Armex 5 (różowy)/Mexacid (żółty)	ditenek chloru	Dezynfekcja pustych hal poprzez gazowanie. Do tego celu wymagane są specjalne urządzenia dystrybucyjne w postaci generatorów gazowego ClO ₂ . Po dezynfekcji, pomieszczenie przewietrzyć przez okres nie krótszy, niż zalecane przez producenta środka (minimum 30 minut).
Aldekol Des GDA Lerasept T430 Lerasept KBK Viragri Plus VT49	Czwartorzędowe sole amoniowe, aldehyd glutarowy,	Chemiczna dezaktywacja uprawy po zakończonym cyklu poprzez zamgławianie, bądź nanoszenie preparatu na mokro w formie oprysku lub w postaci piany.

Do ochrony upraw przed organizmami szkodliwymi można stosować także metody fizyczne, które polegają na wykorzystywaniu czynników takich jak: wysoka temperatura, światło i prąd.

Wysoka temperatura powinna być stosowana po zakończeniu cyklu uprawowego, lecz przed wyrzuceniem zużytego podłoża. Zabieg ten nazywany jest „wygotowaniem” hali uprawowej i polega na utrzymywaniu w hali temperatury 65-70°C przez 8 godzin. Zachowanie tych parametrów pozwala na zniszczenie organizmów szkodliwych takich jak wirusy, bakterie, grzyby chorobotwórcze i szkodniki, zarówno na elementach konstrukcyjnych hali, jak i w całym zużytym podłożu (tab. 2).

Duże znaczenie ma właściwe korzystanie z sygnalizacji występowania szkodników i chorób. Do monitorowania pojawu się muchówek w obiekcie oraz do ich zwalczania służą lampy owadobójcze oraz żółte tablice lepowe.

Tabela 2. Czas niezbędny do skutecznego zwalczania organizmów szkodliwych w uprawie pieczarki w temperaturze 60°C.

Organizm	Czas w godzinach
<i>Chaetomium</i>	6
<i>Chrysosporium</i>	6
<i>Dactylium</i>	2
<i>Diehilomyces</i>	6
<i>Geotrichum</i>	6
<i>Mycogone</i>	2

<i>Papulaspora</i>	6
<i>Scopulariopsis</i>	2
<i>Trichoderma</i>	6
<i>Lecanicillium</i>	2
<i>Pseudomonas</i>	2
Nicienie	3
Roztocze	3
Muchówki	3

Począwszy od 1 stycznia 2022 r. obowiązuje Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/848 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 (Dz. U. L 150 z 14.06.2018 r.), które określa zakres i wymagania metod i środków produkcji stosowanych do produkcji ekologicznej. Zgodnie z art. 9 ust. 3 tego rozporządzenia, w produkcji ekologicznej można stosować wyłącznie produkty i substancje dozwolone na podstawie zawartego w nim art. 24, pod warunkiem, że ich stosowanie zostało dopuszczone zgodnie z odpowiednimi przepisami prawa Unii.

Do ochrony ekologicznej uprawy pieczarki zarejestrowane są dwa środki ochrony roślin (stosowane zapobiegawczo), zawierające jako substancję czynną bakterie *Bacillus amyloliquefaciens*. Możliwe jest również stosowanie chlorku sodu w stężeniu 100 g/10 kg okrywy na pojawiające się ogniska chorób grzybowych. W miejscu wystąpienia infekcji nanosi się warstwę okrywy torfowej wymieszanej z NaCl (solą kuchenną), co stanowi barierę fizyczną dla rozprzestrzeniania się zarodników grzybów chorobotwórczych oraz powoduje zahamowanie rozwoju grzybni patogenu (tab. 3). Duże znaczenie w ograniczaniu rozwoju chorób ma ich wczesne wykrycie i prawidłowe zidentyfikowanie czynnika sprawczego. Niezbędne jest do tego posiadanie dobrego oświetlenia w halach uprawowych.

Tabela 3. Środki ochrony roślin i substancje podstawowe dopuszczone do stosowania w ekologicznej uprawie pieczarki.

Preparat / substancja podstawowa	Dawka	Zwalczane choroby	Uwagi
Serifel <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> szczep MBI600 - 11 %* *min. stężenie $5,5 \times 10^{10}$ jtk/g	25 g / 100 kg Zalecana ilość wody: 275 ml/100 kg podłoża	Zielona pleń <i>Trichoderma aggressivum</i>	Nasączyć podłoże w trakcie jego przygotowywania. Maksymalna liczba zabiegów: 1

Amylo-X WG <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> subsp. <i>plantarum</i> szczep D747 - 250 g/kg (5 x 10 ¹³ jtk/kg)	15 g / 100 kg Zalecana ilość wody: 0,275 l/100 kg podłoża	Zielona pleń <i>Trichoderma aggressivum</i>	Środek stosować zapobiegawczo na podłożu przy zakładaniu uprawy. Maksymalna liczba zabiegów w cyklu uprawy: 1
Chlorek sodu	100 g / 10 kg okrywy	Daktylium <i>Cladobotryum</i> spp. Sucha zgnilizna <i>Lecanicillium fungicola</i> Biała zgnilizna <i>Mycogone perniciosa</i>	Okrywa z solą jest stosowana miejscowo w celu opanowania infekcji. Zapobiega to przypadkowemu rozprzestrzenianiu choroby podczas innych zabiegów wykonywanych w trakcie uprawy.
Substancje podstawowe* (w fazie badań)			
Nadtlenek wodoru 3%	1–2 %	Plamistość brunatna <i>Pseudomonas tolaasii</i> Plamistość imbirowa <i>Pseudomonas gingeri</i>	Profilaktycznie z wodą podlewającą, po nałożeniu okrywy w 2-3 dawkach po 2 litry na m ² .
Ocet winny o stężeniu 8%	2–4 %	Plamistość brunatna <i>Pseudomonas tolaasii</i> Plamistość imbirowa <i>Pseudomonas gingeri</i>	Profilaktycznie z wodą podlewającą, po nałożeniu okrywy w 2-3 dawkach po 2 litry na m ² .

* wykaz substancji podstawowych zatwierdzonych w Unii Europejskiej jest umieszczony na stronie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi - <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/wykaz-zatwierdzonych-w-ue-substancji-podstawowych>.

Substancje podstawowe to substancje czynne, które zgodnie z art. 23 ust. 1 rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczącego wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylającego dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG (Dz. Urz. UE L309 z 24.11.2009):

- nie są substancjami potencjalnie niebezpiecznymi,
- nie mają nieodłącznej zdolności do oddziaływania na układ endokrynnny, działania neurotoksycznego lub immunotoksycznego,
- nie są stosowane głównie do celów ochrony roślin, ale mimo to są przydatne w ochronie roślin, bezpośrednio lub w środku składającym się z substancji podstawowej i prostego rozpuszczalnika,
- nie są wprowadzane do obrotu jako środek ochrony roślin.

Wykaz środków dostępnych w produkcji ekologicznej można pobrać na stronie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju wsi <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/ochrona-roslin-w-rolnictwie-ekologicznym>.

Obecnie w Instytucie Ogrodnictwa–Państwowym Instytucie Badawczym trwają badania nad ochroną upraw ekologicznych pieczarki, których celem jest ocena skuteczności substancji podstawowych i biopreparatów w zwalczaniu i ograniczaniu patogenów grzybowych i bakteryjnych.

W warunkach laboratoryjnych badano skuteczność nadtlenu wodoru oraz octu winnego w hamowaniu rozwoju bakterii i grzybów chorobotwórczych pieczarki. Substancje do badań zostały wybrane na podstawie wykazu substancji zatwierdzonych w Unii Europejskiej i umieszczonego na stronie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

W warunkach laboratoryjnych wykazano wysoką aktywność bakteriobójczą i bakteriostatyczną nadtlenu wodoru i octu winnego względem bakterii *Pseudomonas tolaasii* wywołujących plamistość brunatną. W warunkach uprawowych substancje podstawowe wykazały zróżnicowaną skuteczność w ograniczeniu brunatnej plamistości, zależną od rzutu owocników, stężenia komórek bakterii w zawieszynie i stosowanych stężeń substancji podstawowych. Ograniczający wpływ 3% nadtlenu wodoru w stężeniu 1-2% oraz octu winnego (w stężeniu 2-4%) na rozwój plamistości bakteryjnej wykazano w drugim rzucie owocników. Plamistość imbirowa wywoływana przez *Pseudomonas 'gingeri'* została ograniczona w pierwszym rzucie owocników po zastosowaniu 3% nadtlenu wodoru w stężeniu 2%. Skuteczność badanych substancji w ochronie pieczarki przed chorobami bakteryjnymi wymaga prowadzenia dalszych badań. Wydaje się bowiem, iż zastosowanie nadtlenu wodoru i octu winnego do ograniczenia plamistości bakteryjnej pieczarki może być alternatywą dla innych chemicznych metod ochrony, a przede wszystkim może być wykorzystane w ekologicznej uprawie pieczarki. W literaturze pojawiają się również doniesienia o skuteczności olejków eterycznych i wyciągów roślinnych w ochronie pieczarki przed patogenami bakteryjnymi. Badania prowadzone w Instytucie Ogrodnictwa-PIB w Skierniewicach wykazały, że bakterie patogeniczne są wrażliwe na działanie olejku tymiankowego oraz z drzewa herbacianego w stężeniu 0,25–0,5%.

W warunkach laboratoryjnych badano wpływ nadtlenu wodoru na rozwój grzybów chorobotwórczych pieczarki, tj. *Mycogone perniciosa* (biała zgnilizna), *Lecanicium fungicola* (sucha zgnilizna) i *Trichoderma aggressivum* (zielona pleśń). Wykazano dużą wrażliwość izolatów *M. perniciosa* i *T. aggressivum* na tę substancję, a średnie zahamowanie ich rozwoju wyniosło ponad 80% przy zastosowaniu 3% nadtlenu wodoru w stężeniu 1%. Izolaty *L. fungicola* były mniej wrażliwe na nadtlenek wodoru, a średnie zahamowanie ich rozwoju wyniosło ok. 25% przy tym stężeniu. Nadtlenek wodoru nie wykazał istotnego wpływu na ograniczenie białej zgnilizny i zielonej pleśni.

Z kolei, traktowanie uprawy pieczarki 3% nadtlakiem wodoru o stężeniu 2% istotnie obniżyło nasilenie objawów suchej zgnilizny. Wysoka skuteczność preparatu wynika prawdopodobnie z tego, iż oddziaływał on bezpośrednio na zarodniki patogenu, które wprowadzono do okrywy (tzw. infekcja pierwotna, wynikająca z zakażenia okrywy). Nadtlenek wodoru, bez stabilizatorów, nie utrzymuje swojej aktywności przez dłuższy czas

w środowisku naturalnym, dlatego jego skuteczność w trakcie całej uprawy będzie niższa i prawdopodobnie nieistotna w przypadku infekcji wtórnych.

Wykazano zahamowanie rozwoju izolatów *L. fungicola* i *M. perniciosa* po zastosowaniu octu winnego w stężeniu 1,5-2% w warunkach laboratoryjnych. Niestety, w warunkach uprawowych nie obserwowano pozytywnego wpływu tej substancji.

W warunkach *in vitro* wykazano również wysoką wrażliwość grzybów *T. aggressivum* na biopreparat Limocide (6% olejek pomarańczowy) w stężeniach 0,1-1,0%. Stężenie 0,1% istotnie obniżyło wzrost o ok. 63%, a stężenie 0,5% - o ponad 80%. Podobnie wysoką wrażliwość tych grzybów stwierdzono na biopreparaty zawierające bakterie z rodzaju *Bacillus*. Przy stężeniu 0,05% biopreparatów Serifel i Serenade ASO wzrost grzybów był zahamowany odpowiednio w 90 i 80%. Skuteczność biopreparatów w uprawie była zróżnicowana, w zależności od izolatu i liczby zarodników wywołujących infekcję.

Po zainfekowaniu podłoża pieczarkowego fazy II zarodnikami *T. aggressivum* w ilości 12,5/1 g podłoża, średni przerost podłoża przez grzybnie pieczarki był najlepszy w kombinacjach z preparatami Limocide i Serifel dla kilku izolatów. Po nałożeniu okrywy na podłoże nastąpił intensywny rozwój grzybów *Trichoderma* w większości kombinacji, a nieznacznie lepszy przerost okrywy przez grzybnie pieczarki stwierdzono w kombinacjach z preparatem Limocide. Średni plon owocników w uprawie porażonej *T. aggressivum* nie różnił się istotnie między kombinacjami z badanymi preparatami. Jednakże porównując plon w niektórych kombinacjach z Limocide i Serifel stwierdzono, że był istotnie wyższy, niż w kombinacjach bez preparatów.

Pieczarki z upraw ekologicznych podlegają szczegółowym badaniom pod kątem występowania pozostałości środków ochrony roślin, zarówno pochodzących ze środków stosowanych w uprawie pieczarki (metrafenon) prowadzonej metodą konwencjonalną, jak i środków stosowanych w ochronie zbóż oraz regulatorów wzrostu. Dlatego stosowanie środków ochrony roślin spoza listy wykazu środków dopuszczonych do ochrony pieczarki w uprawie ekologicznej, jak również wykorzystywanie podłoża nieekologicznego jest zakazane. Podłoże pieczarkowe, do którego produkcji wykorzystywana jest słoma, najczęściej zawiera pozostałości substancji aktywnych takich jak chlorek chlormekwatu i chlorek mepikwatu. Ekologiczne podłoże pieczarkowe oraz pieczarki z upraw ekologicznych nie mogą zawierać tych związków. Badania wykazują, że w pojedynczych próbkach podłoża ekologicznego wykrywa się pozostałości chlorku chlormekwatu. Pozostałości środków ochrony roślin z uprawy pieczarki bądź z uprawy zbóż wykorzystywanych do produkcji podłoża są wykrywane w badanych próbkach z bardzo dużą dokładnością, tj. na poziomie 0,005 mg/kg.

3. Ekologiczne metody ochrony pieczarki przed szkodnikami

Działania mające na celu ograniczenie występowania muchówek w halach uprawowych są podobne do metod ekologicznych stosowanych w ochronie przed chorobami. Najważniejsze jest, aby uniemożliwić przedostanie się muchówek do wnętrza zakładu uprawy. Dlatego zakładanie i likwidacja uprawy musi być przeprowadzana najszybciej jak to możliwe. Należy dbać o szczelność obiektu i poszczególnych hal uprawowych, a w szczególności uszczelnić okna i drzwi oraz zamontować siatkę

o drobnych oczkach na przewodach wentylacyjnych. W celu monitoringu występowania muchówek w obiekcie oraz ich likwidacji można stosować tablice lepowe lub lampy owadobójcze. Działanie owadobójcze tablic i lamp jest jednak skuteczne tylko przy małej liczebności szkodników. Obecnie nie ma zarejestrowanych środków ochrony roślin przed szkodnikami w uprawach ekologicznych.

W latach 2019-2021 w Instytucie Ogrodnictwa-PIB, w ramach badań na rzecz rolnictwa ekologicznego prowadzono badania mające na celu ocenę skuteczności substancji podstawowych w ograniczaniu szkodliwości muchówek w ekologicznych uprawach pieczarki (na podstawie rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2015 § 8 ust. 6 r. w sprawie stawek dotacji przedmiotowych dla różnych podmiotów wykonujących zadania na rzecz rolnictwa (Dz. U. 2015 poz. 1170 z późn. zm.).

Badania te dotyczyły ograniczania w uprawie pieczarki liczebności muchówek, poprzez sterowanie zachowaniem tych owadów przy użyciu substancji podstawowych, tj. octu winnego i olejków z ekstraktów roślinnych (cebulowego, lawendowego, eukaliptusowego, tymiankowego i z mięty pieprzowej). Badania wykazały, że ocet winny ma istotne właściwości wabiące muchówki, gdy był stosowany z żółtymi tablicami lepowymi lub lampami owadobójczymi. Olejek z mięty pieprzowej stosowany wraz tablicami lepowymi miał istotne właściwości odstraszające muchówki. Olejek eukaliptusowy wykazał niewielkie właściwości wabiące, natomiast olejki cebulowy, lawendowy i tymiankowy nie miały istotnych właściwości odstraszających.

Po zakończeniu uprawy, w celu niedopuszczenia do rozprzestrzeniania się muchówek, halę uprawową należy zdezynfekować termicznie, a jeżeli nie ma takiej możliwości powinno się przeprowadzić dokładną dezynfekcję chemiczną.

Metody ochrony uprawy pieczarki przed roztocami i nicieniami polegają głównie na utrzymywaniu wysokiego poziomu higieny (dezynfekcja hal, maszyn, sprzętów i ubiorów po ich użyciu, dezynfekcja termiczna hal po zakończeniu uprawy). Nie należy dopuszczać do rozwoju muchówek w obiekcie oraz usuwać zużyte podłoże poza teren zakładu.

XI. ZASADY HIGIENICZNO-SANITARNE

W trakcie zbiorów oraz przygotowania do sprzedaży produktów rolnych wyprodukowanych w systemie ekologicznej produkcji roślin producent zapewnia następujące zasady higieniczno-sanitarne:

1. Higiena osobista pracowników

1.1. Osoby pracujące przy zbiorze i przygotowaniu do sprzedaży produktów rolnych powinny:

- nie być nosicielem ani nie chorować na choroby mogące przenosić się przez żywność i posiadać stosowną książeczkę zdrowia;
- utrzymywać czystość osobistą, przestrzegać zasad higieny, a w szczególności często w trakcie pracy myć dłonie;
- nosić czyste ubrania, a gdzie konieczne ubrania ochronne;
- skaleczenia i otarcia skóry opatrywać wodoszczelnym opatrunkiem.

1.2. Producent roślin zapewnia osobom pracującym przy zbiorze i przygotowaniu do sprzedaży produktów rolnych:

- nieograniczony dostęp do umywalk i ubikacji, środków czystości, ręczników jednorazowych lub suszarek do rąk itp.;
 - przeszkolenie w zakresie higieny.
2. Wymagania higieniczne w odniesieniu produktów rolnych przygotowywanych do sprzedaży
- 2.1. Producent roślin podejmuje odpowiednio do potrzeb działania zapewniające:
- wykorzystanie do mycia produktów rolnych, według potrzeb, wody czystej lub w klasie wody przeznaczonej do spożycia;
 - zabezpieczenie produktów rolnych w trakcie zbiorów i po zbiorach przed zanieczyszczeniem fizycznym, chemicznym i biologicznym.
3. Wymagania higieniczne w systemie ekologicznej produkcji roślin w odniesieniu opakowań i środków transportu oraz miejsc do przygotowywania produktów rolnych do sprzedaży
- 3.1. Producent w systemie ekologicznej produkcji roślin podejmuje odpowiednio do potrzeb działania zapewniające:
- utrzymanie czystości pomieszczeń (wraz z wyposażeniem), środków transportu oraz opakowań;
 - niedopuszczanie zwierząt gospodarczych i domowych do pomieszczeń, pojazdów i opakowań;
 - eliminowania organizmów szkodliwych (agrofagów roślin i organizmów niebezpiecznych dla ludzi) mogących być przyczyną powstających zanieczyszczeń;
 - nieskładowanie odpadów i substancji niebezpiecznych razem z przygotowywanymi do sprzedaży produktami rolnymi.

XII. LITERATURA

- Dmowska E., Ignatowicz S., Lewandowski M., Maszkiewicz J., Szymański J., Uliński Z. 2006, Ochrona pieczarki. Hortpress, Warszawa: 15-125.
- Deakin, G., Dobbs, E., Bennett, J.M., Jones, I.M., Grogan, H.M., Burton, K.S., 2017. Multiple viral infections in *Agaricus bisporus* - characterisation of 18 uniqueRNA viruses and 8 ORFans identified by deep sequencing. Sci. Rep. 7 (1): 2469.
- Fletcher J. T., Gaze R. H. 2008. Mushroom Pest and Disease Control: A Colour Handbook. Manson Publishing LTD, London: 65-164.
- Gill W.M. 1995. Bacterial diseases of *Agaricus* mushrooms. Rep. Tottori Mycol. Ins. 33: 34-55.
- Matyjaszczyk E., Sobczak J. 2010. Substancje aktywne stosowane w ochronie upraw ekologicznych i konwencjonalnych w świetle aktualnych przepisów. Postępy Nauk Rolniczych, 4: 33-40.
- Motała R. 2018. Wykaz środków ochrony roślin do produkcji ekologicznej. <https://www.ior.poznan.pl/19,wyzkaz-srodkow-ochrony-roslin-do-produkcji-ekologicznej>
- O'Connor E., Doyle S., Amini A., Grogan H., Fitzpatrick D.A. 2021. Transmission of mushroom virus X and the impact of virus infection on the transcriptomes and proteomes of different strains of *Agaricus bisporus*, Fungal Biology, 125 (9): 704-717.

- Pudełko K. 2015. Studia nad produkcją kompostu i jego wpływ na plon *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. Rozprawy Naukowe, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: 16-20.
- Sakson N. 2007. Produkcja podłoża do upraw pieczarek, Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań: 94-110.
- Sakson N. 2008. Produkcja pieczarki na podłożu fazy III, Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 63-143.
- Sakson N. 2012. Nowa ochrona pieczarki, Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań: 37-57.
- Sakson N. 2013. Pieczarka. Uprawa intensywna, Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań: 83-188.
- Szafranek P., Lewandowski M. 2018. Zwalczanie muchówek w uprawie pieczarki metodą integrowaną – kierunki badań. Biuletyn Producenta Pieczarek Pieczarki 1: 48-51.
- Szudyga K. 2005. Uprawa pieczarki, Hortpress, Warszawa: 61-160.
- Szumigaj-Tarnowska J. 2019. Możliwości ograniczania rozwoju patogenów bakteryjnych pieczarki z wykorzystaniem substancji biologicznych. Biuletyn Producenta Pieczarek „Pieczarki” 4: 32-35.
- Szumigaj-Tarnowska J. 2021. Ekologiczne metody zwalczania bakterii patogenicznych dla pieczarki. Biuletyn Producenta Pieczarek „Pieczarki”, 4: 46-49.
- Szumigaj-Tarnowska J., Augustyniak J., Uliński Z. 2021. Ocena przydatności substancji podstawowych oraz biopreparatów w ograniczaniu chorób grzybowych pieczarki w uprawie ekologicznej. Opracowanie przygotowane w ramach zadania celowego nr 7.2: „Opracowanie technologii produkcji warzyw i grzybów jadalnych w systemie ekologicznym” finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 17 s.
- Szumigaj-Tarnowska J., Augustyniak J., Uliński Z. 2022. Ocena przydatności substancji podstawowych oraz biopreparatów w ograniczaniu chorób grzybowych pieczarki w uprawie ekologicznej. Opracowanie przygotowane w ramach zadania celowego nr 7.2: „Opracowanie technologii produkcji warzyw i grzybów jadalnych w systemie ekologicznym” finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 13 s.
- Szumigaj-Tarnowska J., Augustyniak J., Uliński Z. 2021. Ocena antybakteryjnego potencjału ekologicznych substancji podstawowych w uprawie pieczarki. Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa, 29: 47-58.
- Szumigaj-Tarnowska J., Uliński Z. 2024. Ocena przydatności substancji podstawowych oraz biopreparatów w ograniczaniu chorób grzybowych, bakteryjnych i szkodników w uprawie ekologicznej pieczarki. Opracowanie przygotowane w ramach zadania celowego nr 7.2: „Opracowanie technologii produkcji warzyw i grzybów jadalnych w systemie ekologicznym” finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 15 s.
- Ślusarski C., Uliński Z., Szumigaj-Tarnowska J. 2012. Ocena występowania chorób i stanu sanitarnego w polskich pieczarkarniach. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 52(4): 1052-1057.
- Ślusarski Cz., Uliński Z., Szumigaj-Tarnowska J. 2014. Występowanie chorób pieczarki w polskich pieczarkarniach oraz wpływ wybranych czynników na plonowanie i zdrowotność upraw. Opracowanie przygotowano w ramach zadania 1.11 Programu Wieloletniego „Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodniczych oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 12 s.

- Tomalak M. 2009. Czynniki biologiczne dostępne w ochronie upraw ekologicznych przed szkodnikami. Ekspertyza. Publikacja współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. Rozwój potencjału innowacyjnego członków Sieci Naukowej „Agroinżynieria dla rozwoju zrównoważonego rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i obszarów wiejskich” 28 s.
- Vedder P.J.C. 1980. Nowoczesna uprawa pieczarki. Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa: 267-309.

XIII. AKTY PRAWNE DOTYCZĄCE ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO

Wymagania prawne dotyczące produkcji ekologicznej, zostały ujęte w następujących dokumentach:

1. Ustawa z dnia 23 czerwca 2022 roku o rolnictwie ekologicznym i produkcji ekologicznej (Dz. U. z 2022 r., poz. 1370)
2. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/848 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 (Dz. U. L 150 z 14.06.2018 r.)
3. akty wykonawcze i delegowane do ww. rozporządzenia znajdujące się pod adresem: <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/przepisy-unijne>
4. pozostałe akty prawne: <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/akty-prawne2>

Obecnie obowiązujące przepisy krajowe:

- Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 8 sierpnia 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych warunków i trybu przyznawania pomocy finansowej w ramach działania "Rolnictwo ekologiczne" objętego Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020
- Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 9 stycznia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie danych dotyczących wyników przeprowadzonych analiz (Dz.U. z 2019 r., poz. 167)
- Ustawa z dnia 21 lutego 2019 r. o zmianie niektórych ustaw w związku z zapewnieniem stosowania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (Dz.U. poz. 730)
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 19 lutego 2021 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie laboratoriów urzędowych i referencyjnych oraz zakresu analiz wykonywanych przez te laboratoria (Dz. U. z 2021 r. poz. 334)
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 20 marca 2023 r. w sprawie laboratoriów urzędowych i krajowych laboratoriów referencyjnych do

celów przeprowadzania analiz, badań i diagnostyki laboratoryjnej w ramach produkcji w rolnictwie ekologicznym (Dz. U. z 2023 r. poz. 671)

- Ustawa z dnia 23 czerwca 2022 r. o rolnictwie ekologicznym i produkcji ekologicznej (Dz. U. z 2022 r., poz. 1370)
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 maja 2023 r. w sprawie wzorów formularzy wykazów producentów, którzy spełnili określone wymagania dotyczące produkcji ekologicznej, szczegółowych informacji zawartych w tych wykazach oraz szczegółowej formy, w jakiej te wykazy są sporządzane (Dz. U. poz. 1107)
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 7 lipca 2023 r. w sprawie warunków produkcji ekologicznej w zakresie pozostawionym do określenia przez państwo członkowskie Unii Europejskiej lub właściwy organ państwa członkowskiego Unii Europejskiej (Dz. U. poz. 1442)

Pozostałe akty wykonawcze i delegowane do rozporządzenia PE i Rady (UE) 2018/848, przepisy i rozporządzenia w sprawie kontroli urzędowych umieszczone są na stronie <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/przepisy-unijne>

Aktualność przepisów dotyczących rolnictwa ekologicznego można sprawdzać w bazie aktów prawnych Unii Europejskiej pod adresem: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>.

Ponadto, od dnia 1 stycznia 2022 r. przestają obowiązywać następujące akty prawne UE, które były stosowane do 31 grudnia 2021 r.:

- Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 889/2008 z dnia 5 września 2008 r. ustanawiające szczegółowe zasady wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych w odniesieniu do produkcji ekologicznej, znakowania i kontroli
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1235/2008 z dnia 8 grudnia 2008 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w odniesieniu do ustaleń dotyczących przywozu produktów ekologicznych z krajów trzecich

Zdjęcia wykonali:

1-18, 25-27, 30-38, 40-45, 29, 50 - Joanna Szumigaj-Tarnowska,

19, 48 - Zbigniew Uliński

20-21 - DOI:10.1590/S1516-89132007000400004

22 - <https://agrizak.wixsite.com/agrizak/epcenfer>

23-24 - <https://en.agaricus.ru/cultivation/diseases/yellow-mold>

28 - <https://en.agaricus.ru/cultivation/diseases/olive-green-mold>

29, 39 - Jędrzej Maszkiewicz - Choroby wirusowe w „Ochrona pieczarki, 2006, Hortpress Sp. z o.o.

46 - <https://search.creativecommons.org/photos>

47 - <https://www.afbini.gov.uk/articles/insect-pests-mushrooms-phoridae>



ISBN 978-83-67039-23-9

