

WPLYW DWUTLENKU SIARKI ZAWARTEGO W POWIETRZU ATMOSFERYCZNYM
NA WYSOKOŚĆ PLONU I WARTOŚĆ HANDLOWĄ PIECZAREK

Ewa Marchwińska, Rafał Kucharski,
Marian Pasamonik, Krystyna Blaszk

Instytut Kształtowania Środowiska, Oddział w Katowicach
Centrum Ochrony Środowiska

Do czasu wprowadzenia na szeroką skalę nowych źródeł energii, lub też radykalnego zmniejszenia szkodliwości źródeł konwencjonalnych, należy liczyć się z systematycznym wzrostem zanieczyszczenia środowiska produktami spalania. Zjawisko to wiąże się ze wzmożonym zapotrzebowaniem na energię i koniecznością wykorzystywania coraz gorszych gatunków węgla, który jest w warunkach krajowych podstawowym surowcem energetycznym.

Praktycznie nie spotyka się już terenów w zupełności wolnych od zanieczyszczeń, stąd też coraz częściej wyłania się potrzeba takiego pokierowania produkcją rolną, aby w określonych warunkach zanieczyszczenia środowiska otrzymać plony możliwie wysokie i wolne od substancji szkodliwych dla zdrowia człowieka. Potrzebne do tego jest dokładne poznanie reakcji roślin na zanieczyszczenia.

Obszerna literatura na temat wpływu zanieczyszczeń powietrza na rośliny w niewielkim jedynie zakresie ujmuje zagadnienie reakcji grzybów na zanieczyszczenia. Istniejące piśmiennictwo związane jest głównie z zawartością metali ciężkich w grzybach [1, 5-7]. W dostępnej literaturze nie znaleziono danych na temat wpływu dwutlenku siarki, który obok tlenków azotu jest najbardziej fitotoksycznym składnikiem spalin.

Pieczarka jest cenionym grzybem jadalnym. Ze względu na wysokie walory odżywcze jak również wybitne właściwości smakowe jest uprawiana bardzo powszechnie. Pieczarka winna być produkowana możliwie blisko finalnego odbiorcy ze względu na podatność na uszkodzenia w czasie transportu jak też trudności związane z przecho-

wywaniem. Założenie to stoi w sprzeczności z zasadą wytwarzania środków żywnościowych w okolicach charakteryzujących się niskim poziomem zanieczyszczeń, wiadomo bowiem, że w okolicach wielkich aglomeracji, gdzie występuje duże zapotrzebowanie na pieczarki, poziom zanieczyszczeń środowiska jest podwyższony. Istnieją przypuszczenia, że dwutlenek siarki może być przyczyną uzyskiwania niskich plonów w niektórych pieczarkarniach, jednak brak konkretnych danych utrudniał udzielenie jednoznacznej odpowiedzi. Niedostatek informacji odczuwają również jednostki projektowe przy wyborze lokalizacji dużych obiektów produkujących pieczarki na skalę przemysłową. Wymienione przyczyny skłoniły autorów do podjęcia cyklu badań nad wpływem dwutlenku siarki zawartego w powietrzu na wysokość plonu i wartość handlową pieczarek. Badania przeprowadzono w komorach ekspozycyjnych, w których istniała możliwość kontroli warunków środowiska i wyeliminowania w ten sposób innych składowych, które oprócz badanego czynnika mogłyby mieć wpływ na wynik doświadczenia.

METODYKA BADAŃ

Przedmiot badań stanowiły owocniki francuskiej grzybni „Sommycel 53”, białe, bez łuski. Podłoże przygotowano na bazie nawozu końskiego o wilgotności 45% i zawartości azotu ogólnego w suchej masie 1,45%. Na 1 tonę nawozu dodano 2 kg mocznika, 100 kg nawozu kurzego oraz 25 kg gipsu. Fermentację podłoża prowadzono według ogólnie przyjętych zasad przez okres 11 dni. Przed umieszczeniem podłoża na półkach, wilgotność doprowadzono do 72%. Odczyn podłoża wynosił 8,2. Na 1 m² powierzchni zastosowano 100 kg podłoża. Po pasteryzacji, którą prowadzono w dwóch fazach, skład chemiczny podłoża przedstawiał się następująco:

azot - 2,4%; fosfor - 1,1%; potas - 1,3%; wapń - 3,3%;

stosunek C : N - 17,0 : 1; amoniak - 0,04% w suchej masie.

Wilgotność podłoża wynosiła 69%. Przygotowane podłoże zaszczepiono grzybnią ziarnistą „Sommycel 53” w ilości 350 g/100 kg kompostu, a po 13 dniach przerastania nałożono okrywę torfową o grubości 4 cm i pH 7,6. W okresie przerastania grzybni w podłożu utrzymywano temperaturę 24-25°C, w powietrzu 18-24°C, w czasie zbiorów odpowiednio 18-19°C i 16°C.

Ekspozycję pieczarek na działanie dwutlenku siarki prowadzono w trzech komorach o pojemności 2 m^3 przy wymianie powietrza równej 1 objętości na godzinę. Wewnątrz każdej z komór umieszczony był wentylator sufitowy, mający na celu równomierne rozprowadzenie dozowanego dwutlenku siarki w całej objętości komory. W komorach umieszczono po cztery skrzynki z grzybnią. Skrzynki przetrzymywano w komorach przez cały okres trwania doświadczenia. Powierzchnia każdej ze skrzynek wynosiła $0,19 \text{ m}^2$. W komorze czwartej, w której występowały jedynie śladowe stężenia dwutlenku siarki, hodowano grupę kontrolną pieczarek. Doświadczenie prowadzono w okresie dwóch miesięcy. Średnia temperatura i wilgotność powietrza w komorach wynosiły odpowiednio $17-18,5^\circ\text{C}$ oraz $93-96\%$.

Stężenia dwutlenku siarki w poszczególnych komorach, oznaczonych dalej symbolami K-1 do K-4, przedstawiały się następująco:

K-1 - stężenie dwutlenku siarki utrzymywano na poziomie $0,30 \text{ mg/m}^3$ powietrza. Dla symulacji wahań stężeń gazu, występujących w warunkach naturalnej ekspozycji, dwukrotnie w ciągu dnia stężenie gazu zwiększano na okres 30 minut do wartości $0,90 \text{ mg/m}^3$,

K-2 - stężenie dwutlenku siarki wynosiło $0,30 \text{ mg/m}^3$,

K-3 - nie dozowano dwutlenku siarki w stałym stężeniu. Dwukrotnie w ciągu dnia stężenie doprowadzano do wartości $0,90 \text{ mg/m}^3$ na okres 30 minut i pozostawiano do zamknięcia powodowanego wymianą powietrza w komorze,

K-4 - kontrolna, śladowe stężenia dwutlenku siarki.

Pomiary stężeń dwutlenku siarki prowadzono za pomocą automatycznego analizatora Hartmann-Braun typ „Picoflux”. Żądane stężenia dwutlenku siarki w komorach uzyskiwano w około 30 minut od momentu rozpoczęcia dozowania.

Parametry istotne dla przebiegu doświadczenia zestawiono w tabeli 1.

Pieczarki zbierano z chwilą osiągnięcia przez grzyby dojrzałości handlowej. Zbiory pochodzące z każdej z czterech skrzynek umieszczonych w jednej komorze traktowano jako oddzielne powtórzenie.

Pomiary i obserwacje grzybów prowadzono zarówno pod kątem oceny wielkości plonu uzyskanego z metra kwadratowego grzybni, jak i pod względem wartości handlowej pieczarek, biorąc pod uwagę wygląd, rozmiar i ciężar jednostkowy każdego grzyba. W tym celu każdą pieczarkę ważono, oddzielano trzonek od kapelusza, mierzo-

Zestawienie warunków prowadzenia doświadczenia

Nr komory	Sumaryczny czas ekspozycji na działanie dwutlenku siarki	Stężenie dwutlenku siarki	Temperatura	Wilgotność względna powietrza
	w h	w mg/m ³	w °C	w %
K-1	332	0,30 do 0,90 ^x	18,2	94
K-2	339	0,30	17,0	93
K-3	48	okresowo 0,90 ^x	17,6	97
K-4	-	ślady	18,2	96

^xObjaśnienia w tekście.

no, a następnie w ramach tego samego powtórzenia grupowano w przedziały o średnicy kapelusza poniżej 3 cm, 3-5 cm i powyżej 5 cm. Obliczano również masę odpadów. Prowadzono również obserwację wizualną zbiorów, opisując zauważone nieprawidłowości w budowie i rozwoju grzybów.

WYNIKI

W tabeli 2 podano liczbę i masę pieczarek pochodzących z komór, w których panowało różne stężenie dwutlenku siarki. Oznaczono również masę odpadów i średnią masę grzyba.

W tabeli 3 przedstawiono wysokość plonu pieczarek ze 100 kg podłoża w zależności od stężenia dwutlenku siarki w powietrzu.

Tabela 4 podaje ilość grzybów zebranych w poszczególnych komorach z podziałem na klasy wielkości.

Procentowy udział pieczarek o masie poniżej i powyżej 10 g w plonie zebranym w poszczególnych komorach przedstawia tabela 5.

W czasie trwania doświadczenia na pieczarkach eksponowanych na działanie dwutlenku siarki wystąpiły objawy uszkodzeń powierzchni kapelusza. W pierwszym miesiącu zbiorów uszkodzenia miały charakter brązowych plam obejmujących od 1/3 do 2/3 powierzchni kapelusza. Pod koniec eksperymentu plamy te przybierały odcień ciemno-brązowy. Procent pieczarek z objawami uszkodzeń w plonie poszczególnych komór wynosił:

Liczba i masa pieczarek wyprodukowanych w różnych warunkach zanieczyszczenia
powietrza dwutlenkiem siarki

Nr komory	Liczba zebranych pieczarek w szt.	Masa pieczarek w kg	Masa odpadów w kg	Udział odpadów w %	Średnia masa grzyba w g
K-1	1336	12,418	1,361	11,0	9,3
K-2	1146	11,011	1,115	10,1	9,6
K-3	1112	11,370	1,071	9,4	10,2
K-4	950	10,181	1,074	10,5	10,7

Plon pieczarek ze 100 kg podłoża w zależności
od stężenia dwutlenku siarki w komorze

Powtórzenie	Wysokość plonu w kg			
	K-1	K-2	K-3	K-4
1	14,23	12,75	10,95	12,33
2	15,34	11,64	17,99	12,75
3	16,56	12,12	11,64	12,22
4	12,33	15,82	13,86	10,85
Średnia wysokość plonu w kg	14,62	13,08	13,61	12,03
Odchylenie standardowe	3,03	3,62	10,06	0,92

T a b e l a 4

Liczba grzybów zebranych w poszczególnych komorach
z podziałem na klasy wielkości

Nr komory	Powtórzenie	Liczba grzybów o średnicy kapelusza			Liczba grzybów ogółem
		3 cm	3-5 cm	5 cm	
K-1	1	218	136	14	368
	2	126	168	11	305
	3	220	168	11	399
	4	97	152	15	264
	Razem	661	624	51	1336
K-2	1	157	144	18	319
	2	91	137	17	245
	3	114	98	11	223
	4	125	222	12	359
	Razem	487	601	58	1146
K-3	1	82	89	8	179
	2	165	216	20	401
	3	116	125	12	253
	4	126	149	4	279
	Razem	489	579	44	1112

T a b e l a 4 cd

Nr komory	Powtórzenie	Liczba grzybów o średnicy kapelusza			Liczba grzybów ogółem
		3 cm	3-5 cm	5 cm	
K-4	1	110	127	9	246
	2	80	140	10	230
	3	123	102	16	241
	4	96	134	3	233
	Razem	409	503	38	950

T a b e l a 5

Procentowy udział pieczarek o masie
poniżej i powyżej 10 g w plonie

Nr komory	Procent grzybów o ciężarze < 10 g	Procent grzybów o ciężarze > 10 g
K-1	62,4	37,6
K-2	60,9	39,1
K-3	52,3	47,7
K-4	48,1	51,9

K-1 - 7,2%

K-2 - 2,1%

K-3 - 7,5%

K-4 - kontrolna - nie stwierdzono uszkodzeń.

Oprócz zewnętrznych objawów uszkodzeń, pieczarki eksponowane na działanie dwutlenku siarki były lekko przywędle i miały luźniejszą strukturę w porównaniu z grupą kontrolną.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Guderian i Stratmann [3] donoszą o uszkodzeniach roślin przy średnich stężeniach dwutlenku siarki od 0,03 do 0,32 mg/m³ powietrza, działających dłużej. Według tych autorów, przy stężeniu dwutlenku siarki 0,03 mg/m³ w okresie wegetacyjnym, przy rzadko

występujących wartościach skrajnych nieprzekraczających 0,6 mg, można uprawiać większość roślin i drzew owocowych.

W przedstawionym eksperymencie zastosowano stężenia o wiele wyższe, w celu sprawdzenia reakcji pieczarek w ekstremalnych warunkach zanieczyszczenia powietrza. Najbardziej niekorzystne warunki panowały w komorze 1 (stężenie 0,30 mg dwutlenku siarki na metr sześcienny powietrza z okresowym wzrostem stężeń do 0,90 mg/m³), nieco lepsze (stałe stężenie na poziomie 0,30 mg/m³) w komorze 2 i porównawczo najlepsze w komorze 3 (krótkotrwałe stężenia w wysokości 0,90 mg/m³).

Znalazło to jedynie częściowo odbicie w liczbie grzybów z widzialnymi uszkodzeniami powierzchni kapelusza. Procent grzybów uszkodzonych był bardzo zbliżony w komorach 1 i 3, co mogłoby sugerować podatność na uszkodzenia przy stężeniach 0,90 mg/m³, natomiast wartość 0,30 mg/m³ można by uznać jako jeszcze bezpieczną, oczywiście z punktu widzenia powstawania uszkodzeń zewnętrznych. Grzyby prawdopodobnie reagują na zmienne stężenia dwutlenku siarki inaczej niż rośliny wyższe. Przypuszczenie takie można wysunąć porównując procent uszkodzonych grzybów w komorach 1 i 3 z danymi Zahna [8], który stwierdził spotęgowanie efektu działania dwutlenku siarki na szpinak w przypadku przemiennej stosowania niskich i wysokich stężeń.

Powstawanie największej ilości uszkodzeń grzybów w komorze 3 można by również tłumaczyć najwyższą wilgotnością, która w sposób niezamierzony utrzymywała się w tej komorze przez cały czas doświadczenia. Wydaje się to prawdopodobne w świetle prac Godzika [2] oraz Hecka i Dunninga [4], którzy stwierdzili wzrost wrażliwości roślin na działanie dwutlenku siarki w przypadku podwyższenia wilgotności gleby i powietrza.

Jak wynika z tabeli 2, liczba grzybów wyprodukowana na jednokowej powierzchni była największa w komorze o najwyższym stężeniu dwutlenku siarki i zmniejszała się w miarę zmniejszania stosowanych stężeń. Również plon pieczarek z czterech pojemników był najwyższy w komorze 1, a najniższy w komorze kontrolnej. Największą średnią masę grzyba uzyskano w komorze kontrolnej. Wartość ta zmniejsza się wraz ze wzrostem stężeń dwutlenku siarki. Jak wynika z przedstawionych danych, dwutlenek siarki w stosowanych w doświadczeniu stężeniach powoduje zwiększenie liczby wyprodukowanych grzybów, których średni ciężar jest jednak mniejszy niż grzybów hodowanych w atmosferze pozbawionej dwutlenku siarki.

Przeprowadzona przy użyciu testu Wilcoxon'a analiza populacji pieczarek w poszczególnych komorach i powtórzeniach wykazała, że różnica w wysokości plonu z komory 1 i komory kontrolnej nie jest statystycznie znamienne. Prawdopodobieństwo wystąpienia różnic w plonach komory 1 i 4 wynosi bowiem 90% ($\alpha = 0,1$).

Jak wynika z tabeli 5, wraz ze wzrostem stężenia dwutlenku siarki zwiększa się procent pieczarek mniejszych. W komorze kontrolnej udział w plonie pieczarek o ciężarze <10 g i >10 g wynosił w przybliżeniu 1 : 1 podczas, gdy w komorze o najwyższym stosowanym stężeniu dwutlenku siarki wynosił w przybliżeniu 2 : 1 na korzyść mniejszych pieczarek.

Z analizy przedstawionych danych wynika, że dwutlenek siarki w stosowanych w eksperymencie stężeniach powoduje szybsze dojrzewanie grzybów kosztem ich wielkości i masy jednostkowej; działa stymulująco na plon, natomiast ujemnie na wielkość poszczególnych grzybów. Ponieważ optymalna średnica kapelusza grzyba handlowego powinna mieścić się w granicy 3-5 cm (PN-64-R-75078 oraz PN-75-R-75078), zaobserwowane zjawisko wpływa niekorzystnie na wartość handlową produktu.

Należy zaznaczyć, że ze względu na ograniczony czas, eksperyment przerwano w trakcie owocowania grzybni i nie zbadano wpływu dwutlenku siarki zawartego w powietrzu na długość okresu owocowania.

WNIOSKI

1. Badania wykazały, że dwutlenek siarki wpływa na plon i wartość handlową pieczarek w sposób następujący:

- wzrost stężenia SO_2 w zakresie do $0,350 \text{ mg/m}^3$ powietrza powoduje zwiększenie liczbowe w populacji pieczarek, lecz wpływa na zmniejszenie średniej masy grzyba,

- wzrost stężenia SO_2 powyżej $0,350 \text{ mg/m}^3$ powietrza powoduje powstawanie żółto-brunatnych plam na powierzchni grzybów, co obniża ich wartość handlową.

2. Występujące na terenach uprzedyskutowanych warunki stężenia SO_2 w granicach do $0,350 \text{ mg/m}^3$ dopuszczają możliwość lokalizacji w tym terenie pieczarkarni pod warunkiem nie wystąpienia dodatkowych źródeł emisji SO_2 .

LITERATURA

1. Collet R.: Über den Gehalt von Blei, Cadmium und Kupfer in Speisepilzen. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, Heft 3, 1977.
2. Godzik S.: Pobieranie SO_2 z powietrza i rozmieszczenie ^{35}S u niektórych gatunków drzew. Badania porównawcze. Prace i Studia PAN. 1976.
3. Guderian R., Stratmann H.: Ereilandversuche zur Ermittlung von Schwefeldioxid-wirkungen auf die Vegetation. III Grenzwerte schädlicher SO_2 -Immissionen für Obst und Forstkulturen sowie für Landwirtschaftliche und gärtenrische Pflanzenarten. Forschungsber des Landes N 1920., Westd. Verl., Köln u. Opladen. 1968.
4. Heck W. W., Dunning J. A.: Response of oats to sulfur dioxide. Interactions of growth temperature with exposure temperature or humidity. APCA Journal. Vol. 28., nr 3, 241-246, 1978.
5. Lef H. O.: Bleigehalte in Pilzen. Z. Lebensmittel Unters. - Forsch., 157, 141-142, 1975.
6. Seeger R., Meyer E.: Blei in Pilzen. Z. Lebensmittel Unter. - Forsch., 162, 7-10, 1976.
7. Stijve T., Besson R.: Mercury, cadmium, lead and selenium content of mushroom species belonging to the genus Agaricus. Chemosphere, 2, 151-158, 1976.
8. Zahn R.: Wirkungen von Schwerfeldioxid auf die Vegetation, Ergebnisse aus Begasungsversuchen. V. D. T. Berichte, 53, 24-28, 1961.

Э. Мархвиньска, Р. Кухарски, М. Пасамоник, К. Бляшка

ВЛИЯНИЕ ДВУОКСИ СЕРЫ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В АТМОСФЕРНОМ
ВОЗДУХЕ НА ВЕЛИЧИНУ УРОЖАЯ И ТОРГОВУЮ ЦЕННОСТЬ
ШАМПИНЬОНОВ

Р е з ю м е

Исследовательский материал составляли белые, без оболочки плодовые тела мицелия „Соммицель 53“.

Субстрат изготавливали с использованием конского навоза. К 1 тонне навоза прибавляли 2 кг мочевины, 100 кг куриного помета и 25 кг гипса.

Шампиньоны выставлялись на действие двуокиси серы в трех камерах ёмкостью $2 м^3$, при обмене воздуха равном 1 объему в час. В четвертой камере возделывалась контрольная группа шампиньонов. Концентрация SO_2 в камерах составляла: К-1 - $0,30 мг/м^3$ (два раза по 30 мин - $0,90 мг/м^3$), К-2 - $0,30 мг/м^3$, К-3 - два раза в сутки доводили до $0,90 мг/м^3$, а затем оставляли до исчезновения, К-4 - контроль.

Установлено, что двуокись серы способствует более раннему созреванию шампиньонов за счет их величины и единичной массы; она оказывает отрицательное влияние на величину отдельных грибов, но стимулирует их урожай.

E. Marchwińska, R. Kucharski, M. Pasamonik, K. Blaszką

EFFECT OF SULPHUR DIOXIDE CONTAINED IN THE ATMOSPHERIC AIR ON THE YIELD AND MARKETABLE VALUE OF MUSHROOMS

S u m m a r y

The investigation material constituted white, membraneless fructifications of the „Sommycel 53” mycelium.

The substrate was prepared at use of the horse dung. Two kg of urea, 100 kg of chick excreta and 25 kg of gypsum per 1 ton of the dung were added.

Mushrooms were exposed to the sulphur dioxide effect in 3 chambers of 2 m³ capacity at the air exchange equal to one volume per hour; in the fourth chamber the control group of mushrooms was cultivated. The SO₂ concentration in the chambers was: K-1 - 0.30 mg/m³ (two times by 30 min - 0.90 mg/m³), K-2 - 0.30 mg/m³, K-3 - two times a day was brought to 0.90 mg/m³ and left then to vanishing, K-4 - control.

It has been found that sulphur dioxide causes a sooner ripening of mushrooms at the cost of their size and unit mass; it affected negatively the size of particular mushrooms, but stimulated their yield.