

## 麗川工業團地에서 排出되는 이산화유황이 느타리버섯의 生育에 미치는 影響

申寬澈 · 吳萬鎭  
忠南大學校 農科大學

### Effect of Sulfur Dioxide on Oyster Mushroom in Yeochun Industrial Complex Area

Kwan-Chull Shin, Man-Jin Oh  
College of Agriculture, Chungnam National University

**ABSTRACT:** Sulfur dioxide discharged from the factories in Yeochun industrial complex severely damaged to the growth of oyster mushrooms. The continuous monitoring indicated that high concentration of sulfur dioxide was repeatedly detected in Kwang-Yang and Seung-Ju. The first injury symptoms on the mushroom fruit bodies were observed a day later when sulfur dioxide was detected over 300 ppb. Under the high concentration of sulfur dioxide exposure, the young fruit bodies showed blight and sudden death and the mature fruit bodies turned to blue-brown and frequently progressed to blight. The symptoms at Spring cropping were more severe than those at Autumn cropping. The severity was associated with the frequency of sulfur dioxide monitored. However, sulfur content in the mushroom fruit bodies and culture media did not show clear differences between the injured mushroom from Yeochun industrial complex areas and normal ones from no damaged areas.

**KEYWORDS:** Sulfur dioxide, Oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, pollutant

麗川工業團地는 綜合化學基地로서 우리나라 重化學工業의 중요한 위치를 점하고 국가 산업 발전에 크게 기여하고 있으나 본 工團의 대규모 화학공장들은 生物의 生育에 유해한 물질을 배출하여 환경을 오염시키고 공장주변의 農作物生産에 영향을 미치고 있다.

麗川工業團地에 인접한 광양군과 승주군은 1960년대 중반부터 양송이 栽培가 보급되어 국내 유수의 農家栽培團地를 이루어 왔고 1980년대 중반부터는 느타리버섯 재배로 전환하였으나 버섯의 生産은 다른 地域보다 낮은 수준이었다. 申 등(1984)에 의하면 여천공업단지 주변 二酸化硫(  $SO_2$  ) 농도는 30-512  $SO_3 \mu g/100 cm^3/day$  정도로서 지역과 계절에 따라 차이가 있으며 불화수소도 검출되었다. 따라서 이 지역 느타리버섯의 생산량저하가 麗川工團으로부터

의 汚染物質과 관련이 있는지를 확인하기 위하여 研究를 實施하였다.

麗川工業團地에서 排出되는 汚染물질중 HF는 느타리버섯 栽培地帶까지 도달하기 전에 酸化되어 검출되지 않았고  $SO_2$ 만이 實測되었다. 申 등(1983)에 의하면 이산화유황은 느타리버섯의 子實體를 灰靑, 淡褐, 暗褐色으로 變色시키며 결국에 가서는 이산화유황의 농도에 따라서 자실체의 고사율이 높다고 하였다.

이산화유황은 植物細胞의 酵素反應과 代謝作用을 阻害하는것으로 추정되며(馬場, 酒井 1975,1976), 細胞가 汚染物質에 노출되기 쉬운 蘚苔類와 地衣類는  $SO_2$ 에 민감하게 반응한다(峠田 1976). 버섯類는 高等植物이나 蘚苔類에 비하여 보호기구가 없이 완전히 노출되어 있으므로 汚染物質에 대해 더욱 민감한

Table I. Experimental sites.

No.	Sites	Location
1	Sagok-Li, Kwangyang-Eup, Kwangyang-Kun, Chonnam province	I · C · A <sup>a</sup>
2	Sandu, Haeryeong-Myeon, Seungju-Kun, Chonnam province	I · C · A
3	Kwangyang-Eup, Kwangyang-Kun, Chonnam province	I · C · A
4	Sepung-Li, Kwangyang-Eup, Kwangyang-Kun, Chonnam province	I · C · A
5	Sepung-Li, Kwangyang-Eup, Kwangyang-Kun, Chonnam province	I · C · A
6	Jicheuk-Dong	Check, the road side
7	Jicheuk-Dong	The forest
8	Jicheuk-Dong	The village
9	Kangkyeong-Eup, Nonsan-Kun, Chungnam province	The village
10	Mangseong, Iksan-Kun, province	The factory district

<sup>a</sup>Industrial Complex Area

反應을 보일것으로 추측된다.

## 材料 및 方法

**實驗場所 및 期間** : 麗川工業團地 입주업체로 부터 排出되는 대기오염물질이 주변지역의 느타리버섯 生育에 미치는 영향을 구명하기 위하여 Table I의 장소에서 實驗을 實施하였다. 本 研究는 1987年 3月 부터 1988年 3月까지 12個月間 進行하였다.

**대기중 SO<sub>2</sub> 및 SO<sub>x</sub>의 측정** : 대기중 SO<sub>2</sub> 측정은 두가지 방법으로 실시하였다. 한 방법은 West-Gaeke Method로서 대기중의 SO<sub>2</sub>를 사염화 칼륨용액에 1-24 시간 흡수시켜 착화합물로 만든다음 Pararosaline과 Formaldehyde를 반응 발색시킨 후 548 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선에 의하여 정량하는 법(Shenfeld 1975, 大喜 1973, 李 1977)과 또한 방법은 미국 Thermo Electron 사의 연속자동측정기(Pulsed Fluorescent Ambient SO<sub>2</sub> Analyzer Model 43)에 의한 방법을 이용하였다. SO<sub>x</sub>는 동양여지 No. 51에 30% K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>를 부착 대기중에 노출시켜 유황 산화물을 고정시킨후 침출액에 Barium chlorranilate를 가하여 발색시킨후 530 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다(Bertolacini 1957).

**자실체 및 배지중의 유황정량** : 실험지역의 느타리버섯 자실체 및 배지를 채취 건조한 시료에 HClO<sub>4</sub>를 가하여분해한 다음 여과하고 Acacia gum에 의한 비탁법으로 정량하였다(農村振興廳 1978).

**느타리버섯 재배** : *Pleurotus sajor-caju* ASI 2070 및 *P. ostreatus* ASI 2018 (201호), ASI 2072 (202호)를 공시하여 벗짚 다발 재배법에 의하여 느타리버섯을 재배하였다(朴容煥 等 1975, 1977).

## 結果 및 考察

여천工業團地의 業體로 부터 排出되는 汚染物質 中에 함유된 이산화유황이 느타리버섯의 生育에 미치는 影響을 究明하고자 여천공업단지 주변 광양, 승주의 버섯재배 農家 3個所를 선정하여 그중 2 農家에 대한 정밀조사를 실시하고 그 結果와 韓國 科學技術院의 SO<sub>2</sub> 연속 측정 結果를 綜合하여 이산화유황의 피해를 조사하였다(Table II).

Table II에서 느타리버섯 春期栽培의 경우 1987年 4月 14日과 18日 種菌을 接種하고 4月 16日부터 이산화유황을 連續測定한 결과 5月 17日에 최초로 100 ppb이상으로 檢出되기 시작하여 收穫期間중 수시로 최고 2700 ppb까지 檢出되었고 느타리버섯에 심한 被害를 加하였다. 5月 17日 100-400 ppb의 이산화유황에 노출되었을 때 느타리버섯 子實體는 正常으로 生育하였으나 5月 18, 19日 500 ppb이상 2200 ppb까지 檢出되었을 때에는 子實體가 처음 水槌狀으로 變하면서 生長이 정지되었고 곧바로 褐變 枯死하였다. 5月 20日에도 100-700 ppb의 이산화유황이 檢出되었으며 菌床에서는 生育한 子實體를 觀察할 수 없었다.

**Table II.** Sulfur dioxide concentration(ppb) in Kwangyang and Seungju from smoke stacks in Yeochun Industrial complex and its effect on oyster mushroom (spring cultivation 1987).

Date	Kwangyang (Site 1)	Seunju (site 2)	SO <sub>2</sub> Concentration (site 1, 2)
4. 14		Spawning	
18	Spawning		
5. 16	Pinheading, first flush	Pinheading, first flush	Time : Conc. : Hours
17	Normal growth of fruit bodies	Normal growth of fruit bodies	09 : 100- 400 : 2
18	Normal growth of fruit bodies	Fruit bodies discolorate, growth stopped	17 : 100- 350 : 0.5
19	All fruit bodies blight and death	All of mushrooms dead	01 : 500- 800 : 1
20	Live mushrooms absent	Live mushrooms absent	09 : 500-1100 : 1
22		Second flush but very poor	01 : 500-1200 : 1
24		Second flush but very poor	01 : 500-1100 : 1
25		Mushrooms picked but not commercial	01 : 500-1400 : 2
26	Second flush, but abnormal	Mushrooms picked but not edible	07 : 400-1000 : 2
27	Almost all fruit bodies dead	Almost all mushrooms dead	23 : 200-1000 : 2.5
28	Some mushrooms picked	Third flush but poor and abnormal	21 : 400-2700 : 2
31	Some mushrooms picked but not edible	Third flush but mushrooms dead	20 : 200- 500 : 2.5
6. 1	Some mushrooms picked but not edible	Some mushrooms picked but not edible	00 : 400 : 0.5
3		Some mushrooms picked	Stop monitoring
4	Third flush but poor	Some mushrooms picked	
6	Growth of mushrooms stopped		
8	Some mushrooms picked but not edible		

高濃度の 이산화유황에 노출된 栽培畝에서는 2週期 子實體 發生이 대단히 不良하였고 다시 200-2700 ppb의 이산화유황에 노출되어 대부분의 子實體가 枯死하였고 일부의 버섯은 生長하였으나 食用할 수 없는 상태였으며 3週期때는 500 ppb以下로 2회 노

출되었으나 다수의 버섯이 死滅하였고 收穫한 버섯은 食用할 수 없었다.

이산화유황에 노출된 菌床에서는 느타리버섯 子實體의 發生週期가 불균일하게 變化하였고 버섯의 發生量도 크게 減少하였으며 4週期 以後의 發生은

**Table III.** Sulfur dioxide concentration (ppb) in Kwangyang and Seungju from smoke stacks in Yeochun Industrial complex and its effect on oyster mushroom (autumn cultivation).

Date	Kwangyang (Site 1)	Seunju (site 2)	SO <sub>2</sub> Concentration (site 1,2)
10. 8	Spawning		
9		Spawning	Time : Conc. : Hours
23			10 : 300- 800 : 1.5
30			10 : 400-1500 : 2.5
11. 7	Pinheading, first flush	Pinheading, first flush	
10	Some mushrooms picked		
11	Normal growth of fruit bodies	Fruit bodies normal growth	20 : 200- 850 : 0.5 22 : 400-1600 : 0.5
12	Some mushrooms picked	Some of young mushrooms blight and dead	21 : 200- 300 : 6
14	Some mushrooms picked	Some of young mushrooms blight and dead	
15		A small amount of mushrooms picked	
16	Fruit bodies blight and dead	Some mushrooms picked	
17	Almost mushrooms dead	Some mushrooms picked	
18	All of mushrooms dead	Some mushrooms picked	
20	Fruit bodies growing	Some mushrooms picked	
23	Fruit bodies normal growing		
24	Fruit bodies normal growing	Fruit bodies discolorate, growth stopped	08 : 300-2400 : 3.5
25	Fruit bodies normal growing	All of mushrooms discolorate and growth stopped	06 : 300- 800 : 2
26	Mushrooms picked	All or mushrooms dead	

거의 없었다.

1987년 秋期栽培의 경우 이산화유황의 濃度는 200-2400 ppb가 檢出되었으며 느타리버섯에 대한被害는 봄栽培때와 동일한 양상을 보였다. 10月 8, 9日에 種菌을 接種하고 菌絲生長期인 10月 23日과 30日에 300-1500 ppb의 이산화유황이 檢出되었으나 폴리에치렌 필름으로 둘러 쌓인 菌床内の 느타리버섯 菌絲에는 특별한 症狀을 나타내지 않았다. 11月 7-10日의 子實體 形成과 버섯 生長中에는 이산화유황이 檢出되지 않았고 버섯 生育은 정상이었으나 11月 11日 20時에 200-850 ppb, 22時에 400-1600ppb의 이산화유황이 檢出되기 전까지 이상이 없었으나 12日 부터 子實體의 일부가 枯死하였고 그후 매일

枯死하는 버섯의 量이 增加하였고 소량의 버섯을 收穫할 수 있었다. 그러나 Site 1에서의 被害時期 및 被害樣相은 Site 2와는 달랐다. 11月 23日에는 Site 2의 실험재배사에 300-2400 ppb, 24日에 300-800 ppb의 이산화유황이 檢出되었고 子實體에 대한 피해가 심하여 收穫을 전혀 할수 없었으나 Site 1에서는 子實體의 生育에 이상이 없었다.

Table II 및 III에서 Site 1과 Site 2간에는 이산화유황에 의한 被害時期 및 被害程度에 差異를 보이고 있는데 이것은 두 場所間에 거리가 떨어져 있고 여천工團으로 부터의 方向이 달라서 氣流가 서로 다르고 그로 인하여 이산화유황의 내습시기 및 농도에 차이가 있었기 때문인 것으로 생각되며 봄

**Table IV.** Sulfur dioxide concentration (ppb) in the oyster mushroom houses during cropping.

Site No.	1st Exam.	2nd Exam.	3rd Exam.	4th Exam.	Symptoms of fruit bodies
4	160.0	40.0	80.0	16.2	Mature basidiocarps discolored, some blight. Young basidiocarps dead.
5	79.8	39.9	137.9	10.0	Some of mature basidiocarps discolored and blight. Young basidiocarps dead.
6	50.3	25.6	45.1	—	Normal
7	36.3	32.2	18.4	22.5	Normal
8	28.2	55.0	—	—	Normal

**Table V.** SO<sub>2</sub> concentration in and out of the mushroom houses.(SO<sub>2</sub> µg/100 cm<sup>2</sup>/day)

Site No.	1st Exam.		2nd Exam.		3rd Exam.		4th Exam.		5th Exam.		Symptoms of fruit bodies
	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	
6	16	21	115	—	67	42	72	175	165	247	Normal
7	15	53	—	—	21	67	140	—	—	188	Normal
8	53	181	278	45	72	17	—	148	317	—	Normal
9	—	—	—	—	14	52	28	173	95	26	Normal
10	135	160	—	—	52	13	19	179	—	—	Normal

1st Examination: 1987. 5. 16 - 6. 20 (spring)

2nd Examination: 1987. 6. 20 - 7. 20 (spring)

3rd Examination: 1987. 9. 28 - 10. 26 (autumn)

4th Examination: 1987. 10. 26 - 12. 4 (autumn)

5th Examination: 1987. 12. 16 - 1988. 1. 5 (autumn)

**Table VI.** Sulfur content in culture media of the oyster mushroom.

(mg/100g dry basis)

Cultivar	Site	1		2		7		8	
		201	202	201	202	202	201	202	
Rice straw		178	178	254	254	136	283	283	
Media at spawning		267	260	363	327	212	303	363	
Media at the end of 1st flush		179	134	239	135	207	308	385	
Media at the end of 2nd flush		190	108	211	278	202	199	214	

**Table VII.** Sulfur content in sporophores of oyster mushrooms.

(mg/100g dry basis)

Cultivar	Site	1		2		7		8	
		201	202	201	202	202	201	202	
at first flush		174	231	250	198	249	387	269	
at second flush		148	234	383	380	409	273	248	

재배때가 가을재배보다 피해가 컸던 것도 기류에 따른 이산화유황 내습빈도와 양이 다르기 때문이었다.

느타리버섯 生育期間中 여천工團에 인접한 광양, 승주 地域과 産業體로부터 汚染物質의 배출이 없는 大田, 忠南의 대조 농가에서의 SO<sub>2</sub>와 SO<sub>x</sub>의 濃度を 測定한 결과는 Table IV, V와 같다.

Table IV에서 Site 4-8에 위치한 느타리버섯 栽培舍内の SO<sub>2</sub> 濃度は 室内空氣를 1-24時間 吸入하여 測定한 結果로서 測定地域 및 時期에 따라 甚한 差異를 보이고 있는데 이것은 가스 排出量, 風向, 氣溫, 濕度에 영향을 받았기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 이같은 差異에도 불구하고 여천工團에

**Table VIII.** Comparison of sulfur content between damaged and normal sporophores from different mushroom farms. (mg/100g dry basis)

Site	1st Exam.		2nd Exam.		3rd Exam.		4th Exam.	
	Normal	Damaged	Normal	Damaged	Normal	Damaged	Normal	Damaged
1	231	218	234	320	174	—	148	—
2	198	395	380	458	250	331	383	—
3	351	409	285	350	467	488	423	—
4	556	460	423	530	351	566	—	—
5	433	—	302	—	376	—	—	—
6	409	—	559	—	249	—	190	—
7	437	—	335	—	387	—	259	—
8	286	—	238	—	405	—	491	—
9	350	—	327	—	—	—	—	—

가까운 Site 4 및 5(광양군 광양읍)는 대조지역인 Site 6, 7, 8 보다 이산화유황이 현저히 높은 농도로檢出되었고 發生한 버섯에도 被害症狀이 명확히 나타나서 여천工團으로부터 排出된 이산화유황이 느타리버섯 生育에 影響을 주었음이 확인되었다.

SO<sub>x</sub> 농도는 Table V에서와 같이 測定 位置와 時期에 따라 차이를 보였고 非被害地域에서도 200 µg/100 cm<sup>2</sup>/day 이상의 농도로 기록한 경우도 있으나 느타리버섯은 정상적인 生育을 보여 SO<sub>x</sub>는 느타리버섯의 SO<sub>2</sub> 피해를 구명하는 指標로서 정확성이 없다고 생각된다. 이것은 느타리버섯이 子實體의 生育期間이 짧고 SO<sub>2</sub>의 피해가 순간 고농도 하에서 발생하기 때문이다. Table II 및 III과 Table IV의 결과를 종합할때 느타리버섯은 일반 農作物이나 樹木類와는 달리 순간 고농도에 의하여 즉시 生育에 影響을 받으며 SO<sub>2</sub>에 대한 感受性도 매우 높아서 被害가 대단히 甚함을 알 수 있었다.

栽培舍内の 이산화유황이 舍內 生育중인 느타리버섯의 子實體와 배지의 S 含量에 影響을 미치는지 여부를 조사한 결과는 Table VI, VII, VIII과 같다. Table VI, VII, VIII에서와 같이 非被害地域 농가로부터의 유황 함량은 培地 0.136-0.385%, 子實體 0.248-0.460% 였으며 被害 地域 농가로부터의 유황 함량은 培地 0.108-0.327%, 子實體 0.148-0.383% 로서 두 지역간에 差異가 인정되지 않았다. 이것은 느타리버섯이 室內에서 栽培되므로 降水에 의한 SO<sub>2</sub>의 吸着이 없고 子實體의 生育 期間이 짧기 때문인

것으로 생각된다.

## 摘 要

여천工團으로부터 배출되는 汚染物質中 이산화유황이 工團 周邊의 느타리버섯 재배에 미치는 影響을 調査한 結果 광양 승주 지역에는 느타리버섯 栽培 期間中 100-2700 ppb의 이산화유황이 수시로 내습하여 子實體의 生育에 甚한 被害를 주었다. 子實體의 生育初期에 300 ppb이상의 이산화유황에 노출되면 褐變故死하고 成熟한 子實體는 버섯의 색깔이 靑褐色으로 변색하고 심할때는 死滅하였다. 生育을 계속한 버섯도 食用할 수 없거나 商品 價値를 상실하였다. 이산화유황의 被害症狀은 이산화유황이 檢出된 1일後 부터 發生하였고 子實體의 被害程度는 이산화유황의 濃度에 따라 달랐고 春期栽培가 秋期栽培보다 높았고 이것은 이산화유황의 내습빈도와 관련이 있었다. 느타리버섯 子實體 및 培地中の S 함량은 피해지역과 비피해지역간, 피해버섯과 정상버섯간에 큰 差異를 보이지 않았다.

## 謝 辭

본 연구에 있어서 SO<sub>2</sub>의 측정은 공동참여한 科學技術院 環境工學研究室 신응배, 송동웅 양씨의 結果를 활용하였다. 두 분의 호의에 감사드린다.

## 参考文献

- Bertolacini, R. J. and Barhey J. E. (1957): Colorimetric determination of sulfate with Barium chloranilate. *Anal. Chem.* **29**: 281.
- Shenfeld, L. (1975): Air monitoring. *Hortscience* **10** (5): 5.
- Thomas, M. D. (1961): Effect of air pollution on plant. Air pollution, W. H. O. *Monograph Series.* **46**: 233-278.
- Zadrazil, F. (1974): The Ecology and Industrial Production of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus florida*, *Pleurotus cornucopiae*, and *Pleurotus eryngii*. Mushroom. *science.* **9**(1): 621-652.
- 馬場 起, 酒井慎吾. (1975): 作物の大気汚染被害の發生機構に關する生理的研究 第1報. 土壤水分が作物の亞硫酸ガス被害に及ぼす影響. *農學研究* **55**: 87-96.
- 馬場 起, 酒井慎吾. (1976): 作物の大気汚染被害の發生機構に關する生理的研究 第2報. 營養條件および土壤還元が作物の亞硫酸ガス被害に及ぼす影響. *農學研究* **55**: 189-198.
- 峠田 宏. (1976): 大気汚染 指標植物 -とくにユケについて-. *遺傳* **7**: 26-30.
- 大喜多敏一. (1973): 大氣中のSO<sub>2</sub>定量法, 大氣汚染研究, **8**: 1.
- 山添文雄, 眞弓洋一. (1972): 二酸化硫黃を吸収した植物中, 硫黃, 分布 および形態について. *日本土壤肥料學會誌* **43**: 245.
- 農村振興廳. (1978): 土壤化學分析法, 171.
- 朴容煥, 高昇柱, 金東秀. (1975): 벗짚을 이용한 느타리버섯 栽培에 關한 研究. 第1報. *農事試驗研究報告* **17**: 103-107.
- 朴容煥, 高昇柱, 金東秀. (1977): 벗짚을 이용한 느타리버섯 栽培에 關한 研究. 第2報. *農事試驗研究報告* **19**: 93-97.
- 申寬澈, 具滋馨, 俞晟濬. (1983): 二酸化硫黃이 느타리버섯 子實體의 生長에 미치는 影響. *韓國菌學會誌* **11** (4): 162-167.
- 신범수. (1986): 최신편지 재배기술과 경영. 630pp. 오성출판사.
- 신용배 등. (1984): 여천공업단지 대기오염 영향 평가 연구. 한국과학기술원 89 pp.
- 李敏熙. (1977): 亞黃酸 ion에 대한 semimicro 分析, 서울特別市 保健研究所報 **13**: 57.
- 環境廳, 環境汚染公定試驗法. (1983) 345.

Accepted for Publication on December 23, 1991