

全国第三、第四次蘑菇罐藏品种 科研协作会资料汇编

轻工业部食品发酵工业科学研究所编

一九八四年

前 言

蘑菇罐头是我国罐头食品工业中重点发展的产品。近年来，我国蘑菇及其罐头的生产有了较大发展，在世界蘑菇罐头生产中占有相当大的比重，而居于世界的第二位。而且，我国蘑菇罐头的质量，在国际市场上享有较高的声誉。但是，世界蘑菇罐头市场的竞争相当激烈，必需保持和不断提高我国蘑菇罐头的质量，才能增强在国际市场上的竞争能力。当前，蘑菇生产上存在的主要问题是：第一，缺乏优质而高产的蘑菇罐藏菌种，急需选育和推广新菌种；第二，栽培技术仍然采用传统的方法，单产较低。

轻工业部食品发酵工业科学研究所和福建省轻工业研究所自一九七九年承担轻工业部下达的“蘑菇罐藏品种的研究”全国各地区有关单位协作进行的科研项目以来，先后召开了四次全国蘑菇罐藏品种科研协作会议。根据第四次协作组会议的商议和各地的建议，现将第三和第四次全国蘑菇罐藏品种科研协作会上发表的论文和试验研究报告，经修改完善后汇编成册，作为蘑菇罐藏品种研究方面的一份历史性科技文献汇编。

由于时间仓促和水平有限，本汇编难免有不当或错误之处，希望广大读者提出宝贵意见。

编 者

（一九八四年三月）

目 录

一. 培养料堆制技术

- 1、蘑菇培养料堆制的理论和实践.....王贤樵 (1)
- 2、蘑菇培养料后发酵试验的总结.....寿诚学、陆亚蓉 (11)
- 3、蘑菇培养料后发酵试验.....寿诚学 (13)
- 4、蘑菇培养料后发酵试验一九八一年小结.....寿诚学、陆亚蓉 (21)
- 5、蘑菇培养料三年后发酵试验总结
.....上海农科院食用菌研究所蘑菇课题组 (24)
- 6、发展后发酵技术中的体会.....魏润默 (27)
- 7、蘑菇培养料后发酵试验和推广.....华星忠 (30)
- 8、蘑菇后发酵试验总结.....黄松年、姚国柱等 (35)
- 9、蘑菇培养料简易集中式二次发酵研究总结报告.....詹元霖、肖兰芳等 (38)
- 10、蘑菇培养料室内简易集中式二次发酵法的研究
.....福建省晋江地区蘑菇生产办公室等 (43)
- 11、蘑菇培养料后发酵试验总结.....蒋柄康、刘绪平 (47)
- 12、室外薄膜棚帐式省能简易后发酵试验.....龙懋吟、胡能舒 (51)

二. 菌种选育、生物学特性及其罐藏加工适应性

- 13、蘑菇不同类型菌丝的生物学特性及其加工性能的探讨.....许秀莲等 (53)
- 14、从波兰引进Somycel 11号蘑菇菌种与本所1981~82年对外供应102号蘑菇菌种
对比试验总结.....上海农科院食用菌研究所蘑菇选育种课题组 (60)
- 15、双孢蘑菇的菌株筛选对比试验综合小结.....尤垂泽、许刚毅 (64)
- 16、浣沙—176菌株选育及其栽培管理要点.....华星忠 (69)
- 17、5—176蘑菇种扩大栽培试验报告.....张桂祥 (73)
- 18、选育高产、优质蘑菇品种初探.....江苏省常熟市何市公社菌种厂 (75)
- 19、蘑菇高产品种5—176试种情况总结.....江苏省常熟市何市公社菌种厂 (78)
- 20、蘑菇176菌株的栽培与加工性状的观察.....戴绍东、郑国荣等 (80)
- 21、176蘑菇加工性能试验报告.....黄松年、袁宗权等 (82)
- 22、蘑菇匍匐型与气生型菌株的菇体比较.....曾容毅 (84)
- 23、176蘑菇罐藏加工.....杭州罐头食品厂 (87)

三. 栽培技术

- 24、蘑菇多季栽培试验研究总结 (第一季).....孔祥君等 (88)
- 25、不同播种方法对蘑菇菌丝生长和蘑菇产量的影响
.....徐扬辉、戴城英 (93)

- 26、提高蘑菇单产试验总结.....詹元霖、姚金森(95)
- 27、蘑菇谷粒菌种的制备及大面积应用效果
.....广东省微生物研究所草蘑菇组(99)
- 28、蘑菇不同生育期水份管理的研究.....孔祥君、徐敬荣(105)
- 29、蘑菇健壮剂的试验.....寿诚学(108)
- 30、蘑菇健壮剂的使用说明.....浙江农业大学园艺系(111)
- 31、蘑菇春季栽培小结.....莆田罐头厂(113)
- 32、蘑菇高产初报.....江苏省常熟市何市公社菌种厂(115)
- 33、蘑菇野外薄膜栽培技术.....广东省农科院微生物实验厂(117)

四. 其 他

- 34、世界蘑菇的生产、加工和消费.....吴锦文译、马聪校(118)
- 35、政策与科学促进了我省蘑菇生产.....吴 建(126)
- 36、蘑菇棉絮状杂菌防治研究.....孔祥君(130)
- 37、金菇栽培的研究.....张桂祥(134)

蘑菇培养料堆制的理论和实践

福建省轻工业研究所 王贤樵

引 言

蘑菇栽培在我国十几年来有很大的发展，特别是最近五年来，由于各级领导的重视、广大菇农、管理干部和科研人员的努力，吸取了国外的先进技术，结合国内的具体情况，密切配合，积极钻研，使蘑菇总产量有很大的增加，栽培技术也迈出了新的步伐。菇农们为了达到栽培高产、稳产的目的，不但要求怎样种好菇，而且要求理解、掌握种菇的科学道理。

影响蘑菇栽培单产高低的因素很多，总的说有三方面：菌种、培养料和管理。1978年轻工业部邀请香港中文大学张树庭教授来华讲学，重点介绍蘑菇培养料的二次发酵方法。四年来二次发酵法在我国蘑菇各产区已有不同程度的发展；蘑菇栽培者在试验二次发酵法的实践中提出了一系列希望提高到理性上认识的问题：培养料的配方应该如何拟定？培养料的适当碳氮比该是多少？前后发酵的时间该多长？后发酵的模式如何？等等。概括起来，一是培养料，二是培养料发酵过程。本文介绍国内外的情况，对这两个问题进行探讨。

一、培养料的配方

蘑菇是一种异养的真菌，就是说它不能吸收空气中的二氧化碳和培养料里的无机盐来合成蘑菇菌体的细胞物质。它的营养全部是摄取自培养料。培养料的成份应该提供蘑菇合成其菌体物质的条件。1943年斯托勒〔1〕根据蘑菇化学成份氮、磷、钾的比例为：

$$N : P_2O_5 : K_2O = 6.4 : 2.4 : 4.4$$

来考虑培养料主要成份的配方，提出每吨含水70%的培养料应含有13磅氮、4.1磅磷（以 P_2O_5 计）和10磅钾（以 K_2O 计），折算为干料，氮应为1.98%， P_2O_5 0.615%， K_2O 1.5%，他按15：5：10的比例来制备堆料。

国内外用作蘑菇堆肥的主要原料都是禾秆和畜粪。禾秆的总氮含量都在1%以下，缺少多量氮，因此考虑蘑菇培养料的配方时，首先是增加氮的含量使达到一定水平。1954年藤沼智忠〔2〕作了一个假设：蘑菇培养料发酵时，微生物作用于有机物后摄取一部分碳素和氮素作营养。微生物同化碳素的量，大体上是含碳量的30%左右，为了同化这些碳素同时必须同化氮素，同化氮素的量是碳素同化量的10%左右。他用稻草加上化肥来制备合成培养料，根据以上假设，作如下一例计算：

干稻草含碳量42.3%

每100斤稻草含碳42.3斤

发热微生物所需的碳素量

$$42.3 \times 0.3 = 12.7 \text{ 斤}$$

发热微生物所需的氮素量

$12.7 \times 0.1 = 1.27 \text{ 斤}$ ，即培养料应含氮1.27%，稻草含氮只达0.62%，不足之数要添加化肥或其他含氮较高的物料来补充。但藤沼智忠在同书中又提出菌床材料的配制必须有相当于干稻草、麦秆重量1.3—1.5%的氮素和相当于干稻草、麦秆重量0.5—0.6%的磷。二十多年来，国外蘑菇栽培力争提高单产，堆肥的质与量更受重视。1962年辛登和斯契斯勒〔3〕提出建堆时培养料以干基计含氮量在1.5—1.7%范围内最好。1978年韦斯特〔4〕综述蘑菇培养料与

制备方法中更具体地提出厩肥培养料发酵前氮含量最低要达1.5%。最高不要超过1.7%，合成培养料发酵前最低要达1.6%，最高不要超过1.85%。为了比较了解国内外近年来培养料的含氮水平，现列举一些实例于表一、表二和表三：

表 1 培养料含氮量实例

著者和年代	含 氮 量 %			备 注
	前发酵后	后发酵后		
斯契斯勒〔5〕 1967	1.75	2.35		
尼 本〔6〕 1968	1.68	2.18		
	1.59	2.24		
	1.50	2.13		
	1.50	1.86		
尼 本 等〔7〕 1972		2.59		
		2.33		
		2.24		
		2.28		
斯契斯勒等〔8〕 1972	1.60	1.92	2.62	标准配方 用海产废料 作添加物
	1.65	1.89	2.38	
	1.61	1.84	2.19	
	1.65	1.89	2.15	
德 赫 登 迈 尔 等〔9〕 1974	2.11		2.69	14批平均值 (一次控制条件集中发酵)
	2.11		2.83	14批平均值 (一次控制条件箱育式发酵)
维 德〔10〕 1978	1.6—1.8	1.8—2.0		

表 2 国外培养料配方实例

材 料 名 称	湿 重	干 量	含氮量%	总氮量
---------	-----	-----	------	-----

1.美国马厩肥堆料〔11〕

马 厩 肥	80	50	1.2	0.6
鸡 粪	7.5	6	4	0.24
啤 酒 糟	2.5	2.5	4	0.1
石 膏	1.25	1.25	—	—

59.75 0.94

建堆时氮含量= $\frac{0.94 \times 100\%}{59.75}$ =1.57%

2.美国合成堆料〔11〕

干草 (饲料用)	15	12.8	2	0.26
鸡 粪	3.8	2.4	4	0.09
硝 酸 铵	0.3	0.3	32	0.10
碳 酸 钾	0.3	0.3	—	—
石 膏	0.6	0.6	—	—
玉 米 芯	15	12.8	0.3	0.04

29.2 0.49

建堆时氮含量= $\frac{0.49 \times 100\%}{29.2}$ =1.68%

3.荷兰马厩肥堆料〔10〕

马 厩 肥	1000	600	1.3	7.8
鸡 粪	100	63	4	2.52
石 膏	25	—	—	—

663 10.32

建堆时氮含量= $\frac{10.32 \times 100\%}{663}$ =1.57%

4.南朝鲜合成堆料〔12〕

稻 草	1000	850	0.62	5.27
鸡 粪	100	63	4	2.52
尿 素	12—15	12—15	46	6.60
石 膏	10—20	10—20	—	—

948 14.59

建堆时氮含量= $\frac{14.59 \times 100\%}{948}$ =1.54%

表 3 国内培养料配方实例
(1000平方市尺用料)

材 料 名 称	湿 重 (斤)	干 重 (斤)	含氮量 %	总氮量 (斤)
---------	------------	------------	----------	------------

1.浙江省绍兴地区堆肥〔13〕

稻 草	1155	981.8	0.62	6.09
大 麦 草	2345	1993	0.64	12.75
猪 粪	4200	1050	2.60	27.3
人 粪	8750	1750	2.50	43.75
干 牛 粪	3150	2677	1.30	34.8
菜 籽 饼	630	630	4.6	29.0
尿 素	28	28	46	12.88
石 灰 氮	24.5	24.5	21	5.20
石 膏	203	203	—	—
石 灰	70	70	—	—
过磷酸钙	70	70	—	—

9477.3 171.77

$$\text{建堆时氮含量} = \frac{171.77 \times 100\%}{9477.3} = 1.81\%$$

$$\text{每平方市尺栽培面积所用干生料} = \frac{9477.3}{1000} = 9.477 \text{斤}$$

2. 浙江省义乌地区堆肥(13)

稻草	1000	850	0.62	5.27
大麦草	2000	1700	0.64	10.88
湿牛粪	20000	4400	1.3	57.2
菜籽饼	300	300	4.6	13.8
人猪肥	10000	2000	2.5	50.0
氨水	100	—	6	6
石灰氮	50	50	21	10.5
过磷酸钙	80	80	—	—
石膏	180	180	—	—

9560 153.65

$$\text{建堆时氮含量} = \frac{153.65 \times 100\%}{9560} = 1.61\%$$

$$\text{每平方尺栽培面积所用干生料} = \frac{9560}{1000} = 9.56 \text{斤}$$

3. 福建省莆田地区普通堆肥(14)

稻草	3500	2975	0.62	18.45
干牛粪	3500	2975	1.30	38.68
过磷酸钙	70	70	—	—
尿素	30	30	46	13.8
石膏	100	100	—	—
石灰	50	50	—	—

6200 70.93

$$\text{建堆时氮含量} = \frac{70.93 \times 100\%}{6200} = 1.14\%$$

$$\text{每平方尺栽培面积所用干生料} = \frac{6200}{1000} = 6.2 \text{斤}$$

4. 福建省宁德洋中公社(14)

禾秆	4000	3400	0.62	21.08
干牛粪	3000	2550	1.3	33.15
干猪粪	1000	850	2.6	22
干禽粪	500	425	4	17
菜籽饼	200	200	4.6	9.2
人粪尿	2000	200	2.5	5
尿素	30	30	46	13.8
硫酸铵	20	20	22	4.4
草木灰	80	80	—	—
碳酸钙	50	50	—	—
石膏	100	100	—	—
石灰	50	50	—	—
过磷酸钙	100	100	—	—

8055 125.63

$$\text{建堆时氮含量} = \frac{125.63 \times 100\%}{8055} = 1.56\%$$

$$\text{每平方尺栽培面积所用干生料} = \frac{8055}{1000} \approx 8 \text{斤}$$

5. 福建省龙溪地区东泗公社(14)

稻草	3333	2833	0.62	17.56
干牛粪	5555	4721	1.3	61.38
尿素	22.2	22.2	46	10.21
过磷酸钙	55.5	55.5	—	—
石膏	111	111	—	—
石灰	22.2	22.2	—	—

7764.9 89.15

$$\text{建堆时氮含量} = \frac{89.15 \times 100\%}{7764.9} = 1.15\%$$

$$\text{每平方市尺栽培面积所用干生料} = \frac{7764.9}{1000} = 7.76 \text{斤}$$

6. 福建省福鼎店下公社(14)

稻草	3500	2975	0.62	18.45
干牛粪	4500	3825	1.3	49.72
硫酸铵	40	40	22	8.8
过磷酸钙	100	100	—	—
菜籽饼	150	150	4.6	6.9
人粪尿(水)	500	50	2	1
石膏	100	100	—	—

7240 84.87

$$\text{建堆时氮含量} = \frac{84.87 \times 100\%}{7240} = 1.17\%$$

$$\text{每平方市尺栽培面积所用干生料} = \frac{7240}{1000} = 7.24 \text{斤}$$

7. 福建省轻工工业研究所(15) (792平方尺用料)

干牛粪	4160	3535	1.3	46
稻草	2496	2122	0.62	13.2
大麦秆	1664	1414	0.64	9
花生饼粉	333	333	5	16.6
氨水	33	—	6	2
木灰	70	70	—	—
过磷酸钙	83	83	—	—
尿素	42	42	46	19.3
石灰氮	83	83	21	17.4
石膏	125	125	—	—
石灰	83	83	—	—

7891 123.5

$$\text{建堆时氮含量} = \frac{123.5 \times 100\%}{7891} = 1.56\%$$

$$\text{每平方尺栽培面积所用干生料} = \frac{7891}{792} = 9.96 \text{斤}$$

从表一和表二可以看出近年来国外蘑菇栽培所用培养料,发酵前含氮量一般在1.5%以上,后发酵后要达到2%左右。在一定范围内提高培养料中氮的水平是提高单产的一个措施,但是过分的提高氮水平,将导致发酵过程中氮的过分损失。培养料里碳含量和氮含量的比例称作碳氮比。要使微生物发酵旺盛,发酵前培养料的碳氮比要控制在一定范围以利发酵过程的顺利进行,发酵后也要求达到一定范围,以满足蘑菇生长的需要。浦山隆司〔16〕提出培养料发酵前最适合的碳氮比是33.3,发酵后是17—18。兰德尔等〔17〕通过试验也得出培养料发酵后最适合的碳氮比是17的结果。

藤沼智忠设计的配方,发酵前培养料含氮量控制在1.27%,干稻草含碳42.3%,碳氮比为 $\frac{42.3}{1.27}$,也适为33.3。假设发酵过程中氮没有损失或损失很少,发酵后把碳氮比控制到17,那么发酵后培养料中碳的含量应为

$$1.27 \times 17 = 21.6$$

发酵过程中碳含量损失为

$$42.3 - 21.6 = 20.7$$

$$\text{损失量达} \frac{20.7}{42.3} \times 100\% = 49\%$$

如果在发酵过程中计算氮的损失,那么碳的损失尚不止此数。如果发酵前提高培养料的含氮量,例如提高到1.5%,发酵前碳氮比稍有下降, $\frac{42.3}{1.5} = 28$,假如发酵后的碳

氮比也控制在17,这时发酵后培养料中碳含量将是 $17 \times 1.5 = 25.5$

发酵过程碳含量的损失为

$$42.3 - 25.5 = 16.8$$

$$\text{损失量达} \frac{16.8}{42.3} \times 100\% = 39.7\%$$

比上一例低氮水平的培养料少损失

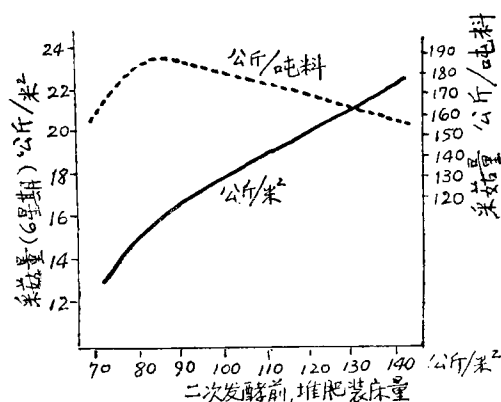
$$49\% - 39.7\% = 9.3\%$$

碳的损失就是有机物的损失,所以适当地提高培养料的氮含量水平是有利的。比较

分析表一、表二和表三所举实例,可看出国内各地建堆时所拟定的配方氮的含量悬殊颇大。福建省各地多偏低,而浙江的一些地区又偏高,过低难于获得高产,但也不是越高越好,而且提高含氮水平将使原料成本增加。在目前没有条件普遍推行化学分析控制配料的情况下,建堆时把培养料的组分进行一次估算,当有一定的实用意义。

二、培养料的用量

要铺100平方米的菇床可以用一万斤生料来堆制,也可以用五千斤生料来堆制。前一种堆肥在菇床上当然要比后一种堆肥铺得厚。厚料会不会比薄料多产菇呢?这有两种计算方法:一是单位面积产量如何;二是一定量的培养料(一般以干物质计)的产量如何?薄料栽培要占更大的栽培面积,要花更多的人工。国外人工成本高,采用薄料栽培增加了成本,所以他们很重视单位栽培面积上铺多少料的问题。他们做了许多试验。德国汉堡马科斯派兰克研究所〔10〕试验用八个浅箱装同量的料,走满菌丝后把其中四个浅箱的培养料重叠起来,收菇后发现这一箱重叠的料所产的菇量差不多达到其他四箱的总和。荷兰维德总结了单产和料量的关系(见图1),从图中可看出,料量增加,单位面积产量也相应地增加,但从每吨料产多少斤菇



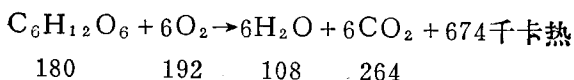
图一 堆肥量和采菇量的关系

计算，在适当厚度的料层产菇最多，也就是，生物效率最高。料层更厚，虽然单位面积产菇量仍有增加，但是吨料产菇量将随之下降。

荷兰选择最经济的料量是装床时每平方米装料100—120公斤，经二次发酵后压实到15—20厘米。英国R.L.爱德华〔18〕指出，多年来床架式栽培最通行的料层厚度是15—20厘米，装料约100公斤。南朝鲜菇床的厚度在装料时约30—40厘米〔12〕。

我国栽培蘑菇习惯于使用薄料，每平方米装料很少超过50公斤，厚度也很少超过10厘米。有些菇农也做过试验，加厚料层，增加料量，但常常得不到高产。我们学习国外经验要吃透两头，要认识厚料栽培的主要矛盾是什么？能不能厚料栽培的关键在于能不能控制培养料在走菌阶段的料温（不是室温），如果料温超过32℃或更高，菌丝将衰退，失去活力。在出菇阶段，如果料温超过23℃，生长菌丝的趋向又活跃起来，已形成的菇蕾和小菇常会变黄死亡。

料温的上升是菌丝体生长时，同化培养料所产生的热引起的。据研究〔10〕，生产一公斤蘑菇，要消耗220克干物质，其中90克物质构成了蘑菇的组织，130克作为能源被消耗掉，以单糖为例：

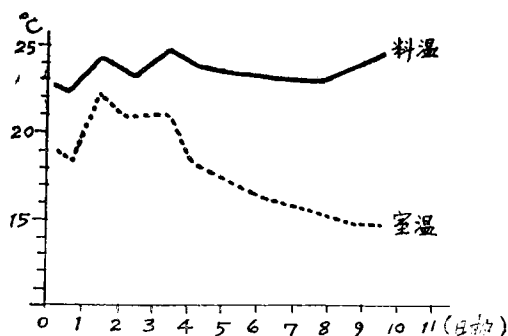


1克分子单糖氧化后形成6克分子的二氧化碳，并产生了674千卡的热量，其中大约30%是在内在的生物学过程被利用，实际上释放的热量约70%，即472千卡。

在走菌时，发热最盛的阶段是菌丝从灰白色单丝逐渐转变为浓白色的阶段，这时菌丝的发展最快，释放的二氧化碳量最多，产生的热量最大，可以从菇床料温的上升觉察。料温上升加速菌丝的活动，往往使料温迅速地突破了32℃警戒线而使菌丝体失去活性。

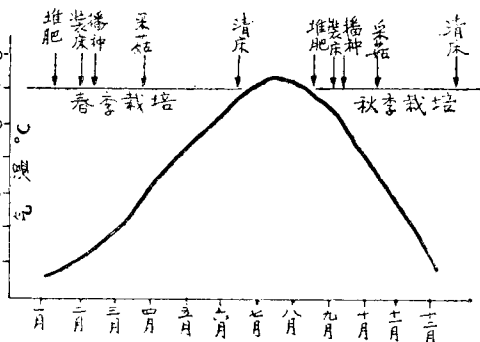
菇床的料量越多，产生的热量也越大，散热问题如果没有解决，料温就难于控制。

在国外，菇房的气温和料温有时要求相差达10℃，就是说，如果以料温28℃为高限，在走菌丝旺盛阶段，菇房的气温可能需要控制在18℃左右。在瑞士豪塞(Hauser)菇场工作多年的H.J.奇尔普〔19〕把如何控制室温以适应料温的变化，用曲线表示如图二：



图二 播种后料温和室温的控制

为了维持最佳的走菌温度，室温要随料温上升而降低。从曲线的变化，可以看出，接种时为了使料温上升到25℃左右，要把室温提升，二天之后，菌丝已逐渐发展，日益旺盛，这时要把室温下降，使料温维持在25℃左右。接种9天后，菌丝的发展十分旺盛，室温和料温最大的温差可达10℃。在我国目前菇房尚没有空调的条件下，应该注意两方面：一要选择适当的播种时间，应该选在气温稳定在20℃或更低的季节。南朝鲜每年种菇两季〔18〕，其栽培作业安排如图三所示：



图三 南朝鲜各月份平均气温和蘑菇栽培作业安排

他们春季栽培，二月底播种，气温平均只达3℃，三月底采菇，气温平均10℃，秋季栽培，九月初播种，气温平均18℃，十月初采菇气温平均14℃。南朝鲜气候较冷，他们也未安装制冷设备，但有暖气升温。目前我国各地每年多只栽培一季，应该因地制宜，安排最适当的季节；一味赶前，在福建多年来已有不少经验教训。二要适当计划单位栽培面积的装料量。现比较表三所列各地用料实例如下：

地 区	每 平 方 尺 用 料 量 (生料、干基计) (斤)
浙江省绍兴	9.43
浙江省义乌	9.56
福建省莆田	6.2
福建省宁德洋中公社	8.0
福建省龙溪东泗公社	7.76
福建省福鼎店下公社	7.24
福建省轻工业研究所	9.96

浙江省两地区，每平方尺用生料量以干基计都达到9市斤以上，目前单产达2市斤左右。福建省轻工业研究所1980年在莆田试验，每平方尺用生料量9.96市斤，单产平均每平方尺达2.5市斤，最高一区达3.4斤。这都说明：如果选择适当季节播种，每平方尺用于生料量在10市斤以下，仍然不会发生过热现象。

三、培养料的发酵

堆制蘑菇培养料的原料主要是禾秆、畜粪和禽粪等。这些原料在吸收适当水分之后，既适合于蘑菇菌丝的生长。也适合于其他杂菌的生长。培养料要经过堆制、发酵，其目的是使培养料所含有的易降解的醣分解或被某些微生物所同化利用，合成为微生物菌体并使部分氮吸收为富含氮素的木质素—腐殖质复合物，这种复合物除担子菌外，其他微生物几乎都难利用，此外，发酵过程中某些微生物产生的抗生物物质起了抑制杂菌的作用。经发

酵后培养料不适于杂菌生长，但仍适合蘑菇生长，这种培养料称为具有选择性的培养料。

多年的实践，人们对培养料的堆制逐渐积累了丰富的经验，但到了晚近三十年来，对培养料的发酵机制才有了较深入的研究，于是培养料的发酵方法便从长时间一次发酵改进为前后两次发酵。前发酵的作用是利用机械操作和堆积发热来破坏禾秆的组织，使禾秆表面脱蜡，使吸收水分、软化，并使各组分均匀混合。翻堆机的使用不但节省人工，也提高了堆肥的质量。波兰在培养料预堆前，要使禾秆充分吸收水分，用履带式拖拉机在禾秆上来回碾压〔20〕，使禾秆破裂，断折以利吸水，为堆制发酵创造有利条件，前发酵的时间近年有逐渐缩短的趋势，培养料达到上述作用目的后即可转入后发酵。

后发酵一般分为两个阶段：巴氏消毒和控温培养好热微生物。巴氏消毒的目的是杀灭病原菌和害虫。培养好热微生物，主要是好热放线菌，培养放线菌有三个作用：一是把游离氨固定下来，成为放线菌菌体，将来供蘑菇菌体生长利用，二是进一步消耗易降解的醣，增强选择性，三是产生某些抗生物物质起了抑制杂菌的作用。

荷兰维德〔10〕提出前发酵结束后堆肥的质量标准是：暗褐色、结构均匀，马厩肥堆肥的含氮量是1.6—1.8%，合成堆肥的含氮量是2.0%，含水量71—72%，氨0.4—0.45%，pH8.4—8.5，后发酵结束时堆肥的质量标准是：暗褐色、堆肥表面有好热腐殖霉humicola的菌丝体和放线菌的灰白色菌落，禾秆软化但仍有一定弹性，氮含量1.8—2.0%，含水量67—68%，游离氨0.01%以下，pH7.7—7.8，镜检无线虫。

培养料的发酵有两个问题要提出研究：一是发酵时间，二是二次发酵的型式和热能的利用。

培养料在堆制过程中发酵发热，这是碳氧化的放热反应，很明显，堆肥中碳含量将

随堆制时间的延续而下降。上文已经说到碳的损失就是有机物的损失，有经验的菇农都知道，堆制时间越长，堆肥的重量和体积都减缩越多。罗依·靳德斯〔21〕在《大众蘑菇栽培》一书中说：一吨含有少量麦秆的厩肥大约可铺7英寸厚的菇床100平方英尺。过熟的堆肥只能铺75平方英尺。美国兰贝特的15天堆制法，一吨厩肥可铺150平方英尺，而且每平方英尺蘑菇产量没有减少，这样厩肥的费用（成本）几乎可以减少一半。

辛登博士采取更短时间，每吨厩肥可铺200平方英尺，产菇量为正常产菇量的两倍。辛登的快速发酵法已在美国及其他国家成功地采用了二十多年。所谓快速发酵法，就是一次发酵时间缩短到7—12天，然后进行7天左右的二次发酵。近年来国外蘑菇培养料堆制技术的一大变化是发酵时间的缩短。韦斯特〔4〕在综述堆肥和堆肥过程一文中指出在1978年前三、五年，培养料发酵一般要14—18天，而1978年后更普遍地是9—12天。有些国家还在试验在严密控制条件下进行更短期的培养料堆制方法，有些已在大生产上使用，例如澳大利亚格伦兰蘑菇种植场〔22〕使用转鼓式大发酵缶在严密控制条件下只进行一次发酵，每批处理培养料40吨，发酵时间缩短到7天。

旧法堆制有两个特点：一是建堆时培养料的氮含量水平较低，（碳氮比较高）。二是堆制的时间长，往往长达30多天，这两个特点构成的实质是应用过量消耗碳含量（主要是碳水化合物）来达到氮绝对含量百分比的提高和碳氮比的下降。在堆制方法还不够完善，二次发酵工艺尚未出现的年代，杂菌的威胁是矛盾的主要方面；为了制备选择性程度很强的堆肥，这样做有其积极的意义，虽然并不经济；而在二次发酵工艺已被普遍应用之后，人们对危害蘑菇的杂菌更有把握控制，堆肥选择性的要求降低了，堆肥的经济性转变为矛盾的主要方面。缩短发酵

时间来提高出料率是堆制工艺的新趋势，为此，相应地采取了以下措施：

1、提高堆肥配方的氮含量水平以达到成熟料的适当含氮量水平和适当的碳氮比。

2、采取机械翻堆，使禾秆更有效地断裂破折，更快地均匀吸水混合。

3、缩短各次翻堆的间隔时间，使一些害虫从卵到成虫的各个阶段更有机会处于料堆的高温区域，以利杀灭。

二次发酵的型式和热能的利用也是推广二次发酵法遇到的主要问题。目前国外采取以下几种型式：

1、单区床架式——培养料经一次发酵后装床，进行二次发酵，随后即在原床播种。这种型式适用于中、小菇场。

2、多区箱育式——培养料经一次发酵后装箱，移入二次发酵室进行发酵，然后移入走菌室走菌，最后移入出菇室采菇。这称为三区制。可以把走菌室和出菇室通用，称为二区制，也可以把采菇工序安排在出菇室以外进行，就成为四区制。不论二区制、三区制或四区制，二次发酵都是在特定的发酵室内进行。多区适用于年产500吨以上的大菇场。

3、集中处理式——这是晚近几年来发展起来的新型式，最典型的是荷兰的隧道式集中二次发酵间，荷兰已有半数菇场采用，其他国家也在推广。集中处理式的发酵条件控制方便，发酵过程能够按要求进行，前后发酵有可能合并完成，澳大利亚大鼓式就是合并前后发酵在一星期短时间内完成的，但这需要大量投资和能源，目前还不适合我国采用。

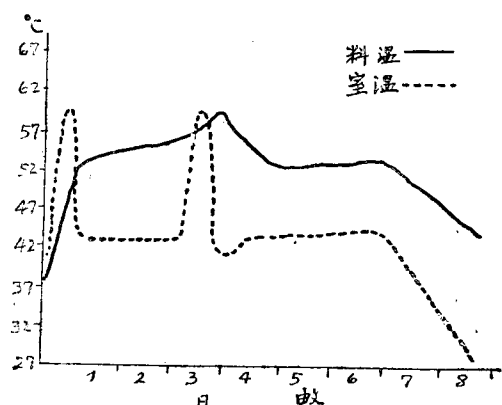
二次发酵的巴氏消毒阶段要求升温到62℃延续一段时间，以达到杀灭蘑菇主要病菌和害虫，现列蘑菇栽培主要病菌和害虫的杀灭温度和时间〔23〕如下：

菇蝇和菇蚊的各个阶段	55℃	5小时
线虫类的各个发育阶段	53℃	5小时

螨类的各个发育阶段	55℃	5 小时
褐色石膏霉	60℃	4 小时
蛛网霉	50℃	4 小时或60℃ 2 小时
唇红霉	50℃	16小时或60℃ 6 小时
干泡病菌	55℃	4 小时或60℃ 2 小时
湿泡病	50℃	4 小时或60℃ 2 小时
胡桃肉状菌	60℃	数小时
橄榄绿霉	60℃	6 小时
细菌性病斑	50℃	10分钟
蘑菇孢子(感染病毒的)	65℃	72小时
	或70℃	3 小时

要升温就要消耗热能，二次发酵的热能可以有两个来源：一是外加的热量，例如，蒸汽或直接火，二是培养料的自热，自热的热量大小随着培养料的活性而异。一次发酵时间愈短，料愈生，活性就愈大，所以短期一次发酵的料在二次发酵时并不需要太大的外加热量。1980年C·福代斯博士〔24〕在北美第二届蘑菇会议上对二次发酵联系到热能的利用问题概括提出了三种加热方法：

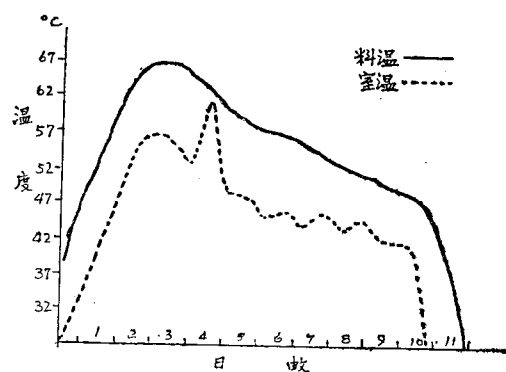
1、低温二次发酵法——这是斯契斯勒于1980年〔25〕提出的，这方法两次外加热能，一次是在开始时，通蒸汽使发酵室达到60℃左右，使料温上升到55℃左右，维持三四天，第二次通蒸汽使发酵室和料温都提高到60℃左右，然后降温，使料温维持在55℃左右三四天。室温和料温的变化如图四所示。低温发酵法的培养料消耗最少，但需要



图四 低温二次发酵法料温和室温变化

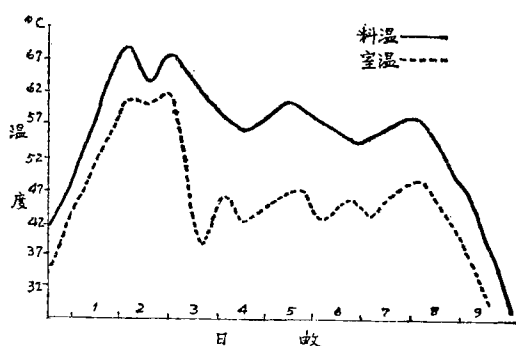
严密的控温和较多的外加热能。

2、高温发酵法——培养料在60℃以上的高温期延续长达两天，外加蒸汽是在第三天送入。二次发酵的总时间长达十天。高温发酵法保证了巴氏消毒的完成和高温微生物的培育。其室温和料温的变化如图五所示。



图五 高温二次发酵法料温和室温变化

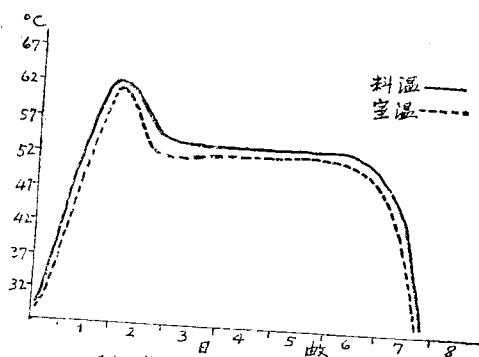
3、自然发酵法——是不加外热或少加外热的处理方法。料温处于55℃以上的时间长达八天，室温在55℃的时间也接近两天。根据兰贝特博士〔26〕的研究，55℃16小时对蘑菇病虫的杀灭能力相当于60℃6小时。所以巴氏消毒效果仍然可以达到。自然发酵法适用于活性较大的培养料，发酵房的保温条件要好，空气要适当循环，同时，室内堆放的培养料的数量要多。发酵过程室温和料温的变化如图六所示。



图六 自然二次发酵法料温和室温变化

4、集中二次发酵法——这是节能、多出料的新方法。在适当条件下，也能做到不

外加热量,但是料堆底部,表面和隧道墙壁接触的部份,如果不外加热能,往往温度达不到要求,送进的空气如果不过滤,受病菌感染的可能性仍然存在。发酵过程的温度变化如图七所示。



图七 集中二次发酵法料温和室温变化

二次发酵的目的前文已经说过,除了巴氏消毒外,控温培育放线菌的作用切勿忽视。培育的时间不宜过短。维德指出(10),如果培养料的活性很强,控温阶段也可以提前,巴氏消毒甚至可以推迟到二次发酵结束前一天进行。二次发酵何时完成,国外常以觉察不到氨味时为准。

国内推广试验二次发酵以来,结合我国的具体情况,特别是菇房简陋,能源紧张,设备不足等问题的克服,取得了一定成绩,总结起来有以下几点:

1. 不用外加或少用外加能源

1979年各地试验二次发酵时,已意识到节约能源的必要,但当时对能否节约能源或不用外加能源有不同看法,经过了实践,已表明集中发酵可以不用或少用外加能源,固定架发酵也可以先堆积,使培养料自热升温,然后外加热量来节约外加能源。这和上文所介绍的国外晚近所采用的两种加热方法不谋而合。福建试验的集中发酵和简易集中发酵,基本不用外加能源,固定架式先自热后加温也大大减少了燃料消耗。浙江绍兴二年来的改进已经达到栽培面积每一千平方尺

的培养料只需消耗煤球100斤,全县拟全面推广二次发酵工艺,单产预计可达每平方尺2斤。

2. 直接火与蒸汽并用

使用蒸汽加热进行二次发酵,在国外已实行了多年。各地三年来的实践,已创造了很多经验,用汽油桶改制蒸汽发生器在福建有一定发展。龙海县东泗公社上一产季又增置了八百多个汽油桶供二次发酵之用。浙江使用煤球炉加热,已克服了劳动强度大、生产不安全和培养料水分蒸发过多等缺点,采取室外添加燃料,室内安放水锅等措施。福建宁德县洋中公社使用土锅土灶,能在室外加水、加燃料;热废气和蒸汽同时得到利用的优点,有效地利用了热能。

3. 集中式和床架式的结合

目前国内绝大部分菇农都采用固定床架式进行二次发酵,一间菇房内的培养料数量不如国外多区制发酵房内的培养料多,菇床上培养料的厚度不及国外菇床,更比集中发酵料层厚度薄得多,这对培养料的发热升温均不利。我们在实践中创造了固定架和集中发酵相结合的方法:一是把两个菇房所需的培养料集中在一个菇房发酵,完成后再分一半给另一个菇房。二是把全部的培养料集中堆积在上三层床架,空出下两层不铺料,发酵完成后再把上一层的料均分铺装下层,同时考虑最上层往往料温最高,料层的厚度要相应地减薄。浙江绍兴在二次发酵时按不同比例把培养料铺在床架的上三层,最上一层厚一尺,其他两层各厚二尺,以减少温差,达到统一效果。

培养料是栽培蘑菇的物质基础,合理设计培养料配方,适当计划单位栽培面积的用料量和科学地进行培养料的前、后发酵,是种好菇、提高单产,降低成本的关键。为了使我国蘑菇生产更上一层楼,一定要在培养料的堆制上多做工作。

1983年5月

参考文献

- (1) B. B. STOLLER. (1943). Preparation of Synthetic Composts For Mushroom Culture. PLANT PHYSIOLOGY 18: 397-414
- (2) 藤沼智忠:《蘑菇的栽培和加工》、(1961)、黄来年译
- (3) J. W. SINDEN & E. A. SCHISLER. (1962). Nutrien Supplementation of Mushroom Compost At Spawning. MUSHROOM SCIENCE V:267-280
- (4) P. J. WUEST. (1978). Compost & Composting Process. MUSHROOM NEWS May, 1978
- (5) L. C. SCHISLER. (1967). Stimulation of Yield In The Cultured Mushroom By Vegetable Oil. APPL. MICROBIOLOGY 15:844-850
- (6) L. R. KNEEBONE. (1968). Strain Selection, Development & Maintenance. MUSHROOM SCIENCE VII:531-541
- (7) L. R. KNEEBONE, PERRINA G. SHULTZ & T. G. PATTON. (1971) Strain Selection & Development By Means of Mycelial Anastomosis. MUSHROOM SCIENCE VIII: 19-25
- (8) L. C. SCHISLER & THOMAS G. PATTON, JR. (1972). The Use of Marine Fishery Products As Mushroom Compost Additives. MUSHROOM SCIENCE IX:175-184
- (9) G. D. HARDEMARE et J. L. TALON. (1974). Fermentation Dirigee et Controlee Du Compost en Vrac. MUSHROOM SCIENCE IX 185-195
- (10) P. J. C维·德:《现代蘑菇栽培学》、(1978)、福建省轻工业研究所译, 轻工业出版社即将出版
- (11) A. KINRUS. (1974). Techniques & Methods In The U.S. Mushroom Industry. MUSHROOM SCIENCE IX:165-173
- (12) D. S. KIM. (1974). An Introduction To Mushroom Growing In Korea. MUSHROOM SCIENCE IX:121-126
- (13) 福建省蘑菇菌种研究推广站: 浙江省蘑菇栽培情况调查 (1982)
- (14) 福建省蘑菇菌种研究推广站: 福建省蘑菇栽培情况调查 (1982)
- (15) 福建省蘑菇菌种研究推广站: 提高蘑菇单产试验总结 (1982)
- (16) 浦山隆司:《蘑菇的栽培方法》黄年来译
- (17) P. E. RANDLE & W. A. HAYES. (1971). progress In Experimentation On The Efficiency of Composting & Compost. MUSHROOM SCIENCE VIII:789-795
- (18) 张树庭等:《食用菌的生物学和栽培》(1981)
- (19) H. J. TSCHIERPE. (1972). Ueber Umweltfaktoren in der Champignonkultur. MUSHROOM SCIENCE VIII:553-591
- (20) 许秀莲等:波兰蘑菇业考查报告 (1981)

- (21) 罗依靳德斯:《大众蘑菇栽培》
黄年来译
- (22) J.D.BAKER & J.W.BAKER.
(1981). Barrel Composting.
MUSHROOM SCIENCE XI:
201-209
- (23) A.OVERSTIJNS. (1980). The
Conventional Phase II In
Layers. MUSHROOM NEWS
(AMI) Vol.28, (2); 6-21
- (24) CLAUDE FORDYCE. (1981).
Cultural Practices Effecting
The Use of Energy. MUSH-
ROOM NEWS (AMI) Vol.29
(1); 14-29
- (25) L.C.SCHISLER. (1980). Com-
posting. MUSHROOM NEWS
(AMI) Vol. 28 (1):4-13
- (26) E.B.LAMBERT & T. T.AY-
ERS. (1957). Thermal Death
Times of Some Pests of Cu-
ltivated Mushroom (*Agaricus
campestris* L), PJ.Dis.Rptr.,
42: 348-353

蘑菇培养料后发酵试验的总结

浙江农业大学 寿诚学 陆亚蓉

一、引言

目前国际上现代化的蘑菇栽培中,都已普遍采用“培养料后发酵”的先进技术,使蘑菇的产量获得显著的提高。世界蘑菇的最高产量已达25~27公斤/平方米,而我国的产量目前只有4.5公斤/平方米左右,与国际上产量的对比,相差很远,这说明我国蘑菇栽培的增产潜力是很大的,需要从国外引进一些先进栽培技术,藉以提高我国蘑菇的单位面积产量。我校于1978年,承担了轻工部下达的果蔬罐藏品种选育课题中有关蘑菇品种选育与高产栽培技术的研究。其中,重点之一是“蘑菇培养料后发酵”的试验。因国外的“后发酵”,都是采用蒸汽锅炉所产生的蒸汽来进行后发酵的。国内的蘑菇房没有这些设备,而且也无法原封不动地照搬国外的技术工艺,所以我校根据国外后发酵的原理,而采取因地制宜,土法上马,开展中国式的

“后发酵”技术的研究,如利用制菌种的高压灭菌锅所产生的蒸汽。或采用煤饼炉、煤球炉、炭盆等方法加温,来满足“后发酵”时所需要的补充热量,使中国式的“后发酵”与国际上蒸汽后发酵,取得相同的增产效果。作者曾以中国式的后发酵技术,在1981年于澳大利亚召开的第十一届国际食用菌科学会议上发表了论文,受到亚洲、非洲地区代表的重视。

二、培养料后发酵的工艺技术

1、培养料的室外前发酵

先将麦草、稻草淋水予湿三天,第三天予堆,在干麦草,稻草内加尿素,另加啤酒渣和鸡粪,再经过三天堆积,然后正式建堆,将厩肥与草分层堆积,堆期12天,翻堆2~3次,培养料中分次加入硫酸铵,石膏粉及石灰粉适量(详见附件1)。

2、培养料的室内后发酵

趁料温高时（进房时料温60多度，进房后料温尚有40~45℃）搬进菇房，堆放在床架上，然后密闭菇房，加温时可利用制菌种用的高压灭菌锅的蒸气或用煤饼炉，煤球炉等。每1000平方尺菇房用煤饼炉12~20只左右，料温达到60℃，维持2~4小时，然后减少煤饼炉的数量，使温度下降到50~52℃保持3~5天。

培养料进房时的湿度控制在65~72%，后发酵结束时料的湿度控制在65~68%。

在后发酵期间菇房需每天通风1~2次，每次10分钟左右。

培养料后发酵完成时，料的形态特征：

（1）料内有大量白色斑点状的放线菌，以及有菌丝较长的腐殖霉菌（*Hamucola* SP.）的出现；（2）料已闻不到氨臭味而具有料香味；（3）料的颜色转变为红棕色到咖啡色；（4）料的质地松软有弹性；（5）料内无杂菌或害虫。

三、培养料后发酵对增加菇蘑产量与质量的效果

培养料经后发酵阶段（50~52℃）中，由于嗜热有益微生物如放线菌、腐殖霉菌、纤维分解细菌等的活动，将纤维素、木质素、蛋白质等物质，降解为简单的物质，以利蘑菇菌丝吸收利用，即后发酵技术，可相对地增加培养料中有效成分的含量，而且后发酵的初阶段经过60℃的处理，可杀死培养料中的有害杂菌及有害的虫卵、幼虫、成虫。因此，蘑菇在栽培过程中，不发生杂菌、害虫，为蘑菇高产创造了优越的条件，所以后发酵可提高蘑菇的单位面积的产量。

据1978年浙农大与杭罐厂在杭州彭埠大队菌种厂进行的后发酵试验，对照组的产量为1235斤，而后发酵试验的产量为1725.7斤及1771.2斤，后发酵比对照组增产39.7~

43.4%。

据1979年度在浙农大蘑菇房的后发酵试验结果，平均八区产量，对照组为1.5斤/平方尺，后发酵组为2.04斤/平方尺，后发酵组比对照增产35.7%。

据1981年度在浙农大蘑菇房的后发酵试验结果，在浙农1号蘑菇品种的小区平均产量，对照组1.67斤/平方尺，后发酵组为2.16斤/平方尺，后发酵组比对照组增产29.2%。在浙农2号蘑菇菌种的后发酵试验，对照组产量为1.11斤/平方尺，后发酵试验组为1.42斤/平方尺，后发酵组比对照组增产27.9%。

从上面的这些试验结果指出：培养料后发酵在各年试验中，都有增产效果，其增产幅度从27.9~43.4%，1979年及1981年的试验结果数据，经生物统计的分析，亦指出增产效果达到显著及极显著水平。

关于经过培养料的后发酵处理，可以增加一级菇的百分比，减少质量差的三级菇的百分比，因此后发酵组比对照组可增加产值52.9~91.1%，效果显著。

四、经“后发酵”后结合其他技术措施对增产的效应

培养料后发酵技术，是蘑菇获得高产的一条有效技术措施，浙农大于1979年在“后发酵”的基础上再喷施蘑菇健壮剂后，则其增产幅度比单独“后发酵”的还要高产，达到比对照组增产42.9%，因此得出结论，采用后发酵的高产技术措施后，还要与加强菇房管理如喷施蘑菇健壮剂等密切配合，则增产效果就更明显。

五、后发酵技术在蘑菇生产上的几个优点

培养料后发酵技术，在蘑菇生产上具有下列几个优点：

1、可以增加培养料的有效营养成分,有利于蘑菇的菌丝与子实体的生长生育,使蘑菇菌丝生长旺盛,又可提早2~3天采收蘑菇,潮次明显,转潮也快。

2、有杀灭病虫害的效果,为蘑菇高产创造了条件。

3、增加蘑菇的单位面积产量与质量,不但产量高而且使菇形园整洁白,盖厚柄粗,不易薄皮开伞,可以增加经济收入。

4、由于“后发酵”后菇床上无病虫害发生,因而不需农药或减少用农药,不但节省成本,而且产品无农药污染问题,深受消费者的欢迎。

5、采用“后发酵”技术,可推迟堆料期5~7天,而不误农时,因此可减少与农业“双夏劳动”中争劳力的矛盾。

六、“后发酵”技术的推广应用概况及建议

本省自1978年浙农大与杭州罐头厂联合搞后发酵试验外,浙农大在1978年7月为杭州罐头厂蘑菇原料基地举办第一期培养料后发酵的训练班,又到金华食品厂的蘑菇后发酵训练班讲课,因此为全省推广后发酵技术,培养了技术骨干。目前浙江省杭州罐头厂,金华食品厂等的蘑菇基地上,推广后发酵技术,已超过七百万平方尺面积,增产效果均极明显。

后发酵技术需及时进行鉴定,并建议在全国蘑菇主产区积极大面积推广煤饼炉、煤球炉等加温方式的中国式的后发酵技术,促进我国蘑菇生产事业的发展,为支援外贸出口。为“四化”建设作出新贡献。

蘑菇培养料“后发酵”试验

浙江农业大学 寿诚学

一、引言

轻工业部和中国轻工学会曾于1978年6月和1979年10月,邀请澳大利亚食用菌专家张树庭教授来华举办蘑菇栽培技术的学术讲座。专家曾参观了浙江、上海、福建等地的蘑菇生产,了解了国内的概况后,进行讲授国际上最新的蘑菇栽培技术及介绍了第十届国际蘑菇会议的概况与科研动态。专家曾指出:国际上蘑菇生产发展较快,从产量讲,近几年来,每年以7—21%的增加速度,逐年增加产量。受到各国农业部门的重视。专家还着重指出:当前国际蘑菇生产上,都采用培养料的后发酵(二次发酵)技术,它是

提高蘑菇单位面积产量最有效的技术措施。要求国内开展这方面的试验研究。因此对国外先进的“后发酵”技术,如何结合我国蘑菇生产的实际情况,因地制宜,把国外用蒸汽的后发酵,改变为用煤球炉、煤饼炉、炭炉等的加温措施来实现培养料的后发酵工作,是值得深入研究的问题。此外,在采用后发酵增产措施的基础上,再喷施蘑菇健壮剂的新技术,是否能达到更高的产量?也是蘑菇生产上需要进行研究的课题之一。食用菌专家张树庭教授的两次学术讲座,作者都参加了学术交流活动。受到的启发很大。张树庭教授曾于1979年10月到浙江农业大学,指导蘑菇科研工作,对开展蘑菇培养料后发