

不同碳氮比栽培料对猴头菌菌丝及子实体生长的影响

冯改静^{1,2}, 李守勉¹, 李明¹, 田景花¹, 王俊玲³, 李伟平^{1,2}

(1. 河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001; 2. 河北省农林科学院农业经济研究所, 河北 石家庄 050051;

3. 河北农业大学 生命科学院, 河北 保定 071001)

摘要:研究了7种不同碳氮比栽培料对猴头菌菌丝和子实体生长发育及品质的影响,旨在筛选出最适宜猴头菌生长发育的碳氮比。结果表明:猴头菌菌丝在7种碳氮比栽培料处理上均能生长,且都能形成子实体,但存在差异。在碳氮比为28:1~38:1的栽培料处理上菌丝生长最好,表现为菌丝生长速度快,且洁白浓密,处理间无显著性差异,但与其他处理间存在显著差异。在所设置的处理间,随碳氮比的增加,生物学效率呈增加趋势,当碳氮比达到38:1时生物学效率达最高峰,此后,随碳氮比的增加生物学效率逐渐下降。综合考虑营养生长和生殖生长两方面的因素,最适宜猴头菌生长发育的碳氮比为38:1。

关键词:猴头菌; 碳氮比; 栽培料; 生物效率

中图分类号:S646.1 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2007)增刊-0131-05

Effect of Composts with Different C/N on the Development of *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. Mycelial and Fruitbody

FENG Gai-jing^{1,2}, LI Shou-mian¹, LI Ming¹, TIAN Jing-hua¹, WANG Jun-ling³, LI Wei-ping^{1,2}

(1. College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China; 2. Institute of Agricultural Economics, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China;

3. College of Life Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: After the comparison study on the cultivation characteristics about mycelial growth, fruitbody growth and quality of *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. in the composts with seven different C/N treatments. Then selected the most suitable C/N of composts. The results of the experiment showed that mycelial and fruitbody of *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. could growed in every treatment, but it had obvious difference in the treatments. Mycelial of *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. grewed rapidly, vigorous, pure white and bushy when the C/N were about 28:1 to 38:1, they had no obvious difference. But had significance difference with other treatments. The result indicated that the biological efficiency was increasing step by step when C/N was increasing from 23:1 to 38:1, the biological efficiency was the highest when the C/N was 38:1. Then the biological efficiency was depressing gradually over and above 38:1 in the treatments. As a whole, comparing to that of the nutrition growth and procreation growth. The optimum C/N of *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. with compost was 38:1.

Key words: *Hericium erinaceus*; Carbon-nitrogen ratio; Compost; Biological efficiency

猴头菌[*Hericium erinaceus* (Bull.) Pers.] 在分类学上隶属于菌物界(Kingdom Fungi),担子菌门(Basidiomycota),担子菌纲(Basidiomycetes),猴菇目(Hericiales),猴菇科(Hericaceae),猴菇属(*Hericium*)^[1]。

猴头菌是著名的食用、药用真菌,素称“蘑菇之王”,它与熊掌、燕窝、鱼翅并列为四大名菜,素有“山

珍猴头,海味燕窝”之誉^[2]。不同食用菌对碳氮的要求是不同的,且随生育期的不同对碳、氮的要求也发生一定的变化。通常在营养生长期,即菌丝体生长阶段,要求氮偏高,碳氮比约为20:1^[3]。子实体生长发育期碳氮比以30~40:1为佳^[4]。碳、氮以及适宜的碳氮比不仅影响食用菌菌丝生长速度及质量,

收稿日期:2007-06-05

作者简介:冯改静(1979-),女,河北定州人,硕士,主要从事科技期刊编辑、校对工作

通讯作者:李守勉(1978-),女,河北泊头人,助教,主要从事食用菌教学与研究工作

李明(1961-),男,河北故城人,教授,主要从事食用菌生物技术与遗传育种研究工作。

而且与头潮菇的原基形成早晚、数量和子实体的品质有较大的关系。如碳氮比过低, 延缓子实体形成, 且分解过程中大量氮源释放到周围环境中易招致杂菌污染, 产量降低, 经济效益下降。相同碳氮比下, 氮水平较高, 菌丝生长旺盛, 会影响子实体产量。

许多研究资料证明, 栽培料中不同的碳氮比对食用菌菌丝生长及子实体形成有着重要意义。因此, 在人工栽培食用菌过程中, 栽培料中的碳氮比直接影响着食用菌菌丝的生长及产量。在食用菌的研究中, 对于碳氮比的研究已有许多报道, 但对猴头菌栽培中碳氮比研究甚少。本试验通过研究培养料中不同碳氮比对猴头菌菌丝生长、产量及品质的影响, 旨在筛选适宜猴头菌生长的最佳的碳氮比, 为生产实践提供依据, 并在一定程度上丰富食用菌栽培学理论。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌种 细刺猴头 由河北农业大学园艺学院食用菌研究室提供。

1.1.2 母种培养基 马铃薯综合培养基: 马铃薯 200 g, 葡萄糖 20 g, 蛋白胨 2 g, KH₂PO₄ 3 g, MgSO₄ 1.5 g, VB₁ 20 mg, 琼脂 20 g, 水1 000 mL, pH 自然。

1.1.3 原种培养基 棉籽壳 83%, 麸皮 15%, 蔗糖 1%, 石膏 1%, 料水比为 1: 1.4。

1.1.4 栽培料基本成分 棉籽壳, 杂木屑, 麸皮为主要原料, 调节组分含量, 配成各 C/N, N% 的试验处理。

1.2 试验设计

采用棉籽壳、杂木屑为主要原料, 调节棉籽壳、麸皮、杂木屑各组分的含量, 配成不同 C/N 的培养基, 分别为 23: 1, 28: 1, 33: 1, 38: 1, 43: 1, 48: 1, 53: 1。各处理的配方如表 1, 每处理 15 袋, 每袋装干料 0.3 kg。

1.3 试验方法

1.3.1 试验材料碳、氮元素含量的测定 马铃薯、蛋白胨、酵母浸膏、棉籽壳、麸皮、杂木屑中碳素含量的测定按文献[5]的方法, 全氮的测定按文献[6]的方法, 测定每个配方的 C%, N%, 并计算 C/N。

1.3.2 母种的制作 采用马铃薯综合培养基, 常规制种, 于 25℃培养 10 d 备用。

1.3.3 原种的制作 采用棉籽壳培养基(棉籽壳 88%, 麸皮 10%, 蔗糖 1%, 石膏粉 1%, 料水比 1: 1.4), 常规制种, 于 25℃条件下培养 25 d 左右备用。

表 1 不同 C/N 处理的培养料配方

Tab 1 The medium formula of different C/N of *Heridium erinaceus*

C/N Carbon nitrogen ratio	棉籽皮 / % Compost formulae	杂木屑 / % Saw dust	麸皮 / % Wheat bran	蔗糖 Sucrose	石膏粉 Plaster powder
23: 1	42.41	0	55.59	1	1
28: 1	68.48	0	29.52	1	1
33: 1	88.00	0	10	1	1
38: 1	42.66	45.34	10	1	1
43: 1	27.32	60.68	10	1	1
48: 1	15.10	72.90	10	1	1
53: 1	5.16	82.84	10	1	1

1.3.4 不同 C/N 对猴头菌菌丝生长的影响 培养料配制、灭菌、接种均按常规方法进行。按 4% 菌种量等量接种, 于 25℃左右条件下培养。分别记录各处理菌丝长满袋的时间, 并计算出每处理菌袋平均长满菌丝的时间, 并将各处理菌袋相互比较, 观察菌丝生长势。

菌丝生长速度(mm/d) = 培养料的长度(mm) / 长满袋天数(d)

1.3.5 不同 C/N 对猴头菌子实体形成、产量及品质的影响 各处理菌丝长满培养料后按子实体阶段要求进行常规管理, 分别记录各处理子实体原基形成的时间。采收时按同一采收标准及时采收, 并分别记录鲜菇重量。将各处理采收的子实体随机抽样, 分别测定水分、总糖、粗蛋白、粗纤维、粗脂肪的含量。

水分测定采用烘箱干燥称重法; 总糖的测定采用蒽酮比色法; 粗蛋白的测定半微量凯氏滴定法; 粗纤维的测定采用酸性洗涤剂法; 粗脂肪的测定采用索氏提取法。

1.3.6 出菇管理 经过 40 d 左右的培养, 菌丝长满袋后, 移入出菇房, 置于出菇架上, 菇房温度为 13~18℃, 最低气温不要低于 12℃, 最高气温不要超过 25℃, 空气相对湿度控制为 85%~95%, 每天通风一次, 每次 40 min, 原基出现后, 袋口套环, 在菌刺长至 0.5~1.0 cm 时, 孢子弹射之前即可采收。

1.3.7 生物学效率的计算 以第一潮菇计算, 公式如下:

生物学效率(%) = 子实体鲜质量(g) / 培养料干质量(g) × 100%

2 结果与分析

2.1 不同碳氮比对营养生长和生殖生长的影响

2.1.1 不同 C/N 处理间菌丝生长及子实体形成比较 各 C/N 间的菌丝平均生长速度、菌丝生长势及

现蕾天数的试验结果及分析见表 2~ 4。从 3 个表中我们可知, 猴头菌在各 C/N 处理中均能生长, 但

表 2 不同 C/N 菌丝生长速度的比较

Tab 2 Comparison of mycelial mean growth rate in different C/ N treatments						
C/ N Carbon nitrogen ratio	菌丝生长速度/ (mm/ d) Mycelial average growth rate				差异显著性 Difference in significance	
	1	2	3	平均值 Average	F _{0.05}	F _{0.01}
23: 1	2. 78	2. 80	2. 82	2. 80	cd	C
28: 1	3. 16	3. 21	3. 20	3. 19	a	A
33: 1	3. 27	3. 22	3. 32	3. 24	a	A
38: 1	3. 19	3. 23	3. 21	3. 21	a	A
43: 1	2. 85	2. 81	2. 80	2. 82	c	C
48: 1	2. 90	2. 93	2. 93	2. 92	b	B
53: 1	2. 78	2. 71	2. 76	2. 75	d	C

从表 2 得知, 在所设置的处理间, 随 C/N 的增加, 菌丝生长速度逐渐增加, 当 C/N 达到 38: 1 时菌丝生长速度最快, 此后, 随 C/N 的增加菌丝生长速度逐渐下降。差异显著性测验表明, 碳氮比在 28: 1~ 38: 1 的处理间, 无显著性差异, 但与其他处理存在显著性差异。这表明, 碳氮比在 28: 1~ 38: 1 这个范围最适合猴头菌菌丝生长。从表中看, 碳氮比为 48: 1 时的菌丝生长速度大于碳氮比为 43: 1 时菌丝生长速度, 这可能是由于试验误差所致, 也可能是由于试验材料等原因所致, 但这并没影响到试验的结果。

从表 3 得知, 在所设置的处理间, 碳氮比在 28: 1~ 38: 1 的处理, 菌丝生长总体上良好, 表现为菌落完整、菌丝洁白、浓密; 而其他处理中的菌丝生长相对差一些, 表现为菌落不完整、菌丝颜色浅白、稀疏。这表明, 碳氮比在 28: 1~ 38: 1 这个范围最适合猴头菌菌丝生长。

表 3 不同碳氮比猴头菌菌丝长势的影响

Tab 3 Effect on the vigour of <i>Hericiu m erinaceus</i> (Bull) Pers by use of different C/ N			
C/ N	菌落形态 Morphology	菌丝色泽 Colour	菌丝密度 Density
23: 1	较完整	浅白	稀疏
28: 1	完整	洁白	较浓密
33: 1	完整	洁白	最浓密
38: 1	完整	洁白	最浓密
43: 1	完整	白	较浓密
48: 1	较完整	白	较浓密
53: 1	不完整	浅白	稀疏

从表 4 得知, 在所设置的处理间, 随 C/N 的增加, 现蕾天数呈减少趋势, 当 C/N 达到 38: 1 时现蕾天数达最少, 此后, 随 C/N 的增加现蕾天数又呈增加趋势。通过差异显著性测验分析, C/N 为 33: 1~ 38: 1 处理中的猴头菌, 现蕾较早, 差异不显著, 但与其他处理间存在显著性差异。

综上所述, 碳氮比在 28: 1~ 38: 1 时猴头菌菌丝

生长存在差异。

生长良好, 碳氮比在 33: 1~ 38: 1 猴头菌现蕾天数最少。

表 4 不同 C/N 处理的现蕾天数的比较

Tab 4 Comparison of days of primordium formation in different C/ N treatments			
C/ N Carbon nitrogen ratio	现蕾天数/ d Days of primordium formation	差异显著性 Difference in significance	
		F _{0.05}	F _{0.01}
23: 1	48. 0	ab	AB
28: 1	47. 7	ab	AB
33: 1	45. 7	c	BC
38: 1	45. 0	c	C
43: 1	46. 7	bc	ABC
48: 1	48. 7	a	A
53: 1	49. 0	a	A

2. 1. 2 不同 C/N 处理间生物学效率比较 各 C/N 间的生物学效率的试验结果及分析见表 5 根据试验结果, 处理在所设置的处理间, 随 C/N 的增加, 生物学效率呈增加趋势, 当 C/N 达到 38: 1 时生物学效率达最高峰, 此后, 随 C/N 的增加生物学效率逐渐下降。C/N 在 28: 1~ 38: 1 之间, 处理间无显著性差异, 但与其他处理相比有显著差异。

表 5 不同 C/N 处理生物学效率的比较

Tab 5 Comparison of biological efficiency in different C/ N treatments			
C/ N Carbon nitrogen ratio	生物学效率/ % Biological efficiency	差异显著性 Difference in significance	
		F _{0.05}	F _{0.01}
23: 1	34. 68	e	E
28: 1	34. 69	e	E
33: 1	46. 80	b	B
38: 1	49. 72	a	A
43: 1	46. 67	b	B
48: 1	45. 71	c	C
53: 1	43. 37	d	D

2. 2 不同 C/N 处理与菌丝生长速度、现蕾天数的关系。

将菌丝平均生长速度、现蕾天数分别与 C/N 进行相关分析见表 6。根据试验数据统计分析得出菌

丝平均生长速度与 C/N 的相关系数为- 0.397 6, 即 $r_1 = -0.397\ 6$; 现蕾天数与 C/N 的相关系数为 - 0.480 0, $r_2 = -0.480\ 0$ 。 $r > 0.754\ 5$ 时为相关达显著水平, 由 $|r_1| = 0.397\ 6 < 0.754\ 5$, $|r_2| = 0.480\ 0 < 0.754\ 5$, 所以说, 两者与 C/N 均无显著相关关系。这说明在培养料基本成分相同, 仅各成分的用量有差异时, C/N 不是影响菌丝生长速度和现蕾天数的关键因素。

表 6 C/N 与菌丝平均生长速度、现蕾天数的相关分析
Tab 6 Correlation analysis between C/N and mycelial mean growth rate, days of primordium formation

项目 Item	菌丝平均生长速度/(mm/d) Mycelial average growth rate	现蕾天数 Days of primordium fomation
相关系数 Correlation coefficient	- 0.397 6	- 0.480 0

注: $r > 0.754\ 5$ 为相关达显著水平
Note: $r > 0.754\ 5$ indicates significant correlation

2.3 不同 C/N 处理与生物学效率的关系

根据试验数据, 对培养料 C/N(x_1) 与生物学效率(y_1) 作对数函数曲线模拟, y_1 与 $\ln x_1$ 的相关系数 $r_{y_1, x_1} = 0.992\ 7 > 0.874\ 5$, 为极显著水平, 二者呈极显著的正相关关系。二者关系式为: $y_1 = 13.28\ln(x_1) - 4.542$

表 8 不同 C/N 处理子实体的主要营养成分比较
Tab 8 Comparison of main nutrient in fruitbodies of different C/N treatments

C/N Carbon nitrogen ratio	水分/% Moisture	总糖 /(g/100g) Total saccharide	粗蛋白 /(g/100g) Crude protein	粗脂肪 /(g/100g) Crude fat	粗纤维 /(g/100g) Crude fiber
23 1	91. 6	44. 9	26. 3	4. 08	6. 01
28 1	92. 0	44. 6	26. 5	4. 09	6. 03
33 1	92. 3	44. 8	26. 9	4. 12	6. 08
38 1	92. 4	44. 5	26. 4	4. 21	6. 09
43 1	92. 5	44. 9	26. 3	4. 09	6. 04
48 1	92. 6	44. 7	26. 1	4. 27	6. 05
53 1	92. 1	44. 3	26. 4	4. 07	6. 03
r		- 0.522 6	- 0.342 4	0.301 6	0.161 3

3 讨论

3.1 碳、氮营养对食用菌生长的影响

食用菌的生长发育, 对营养物质都有大致相似的要求, 其营养源包括碳源、氮源、无机盐和生长素类。其中, 碳源是构成细胞和代谢产物中碳架来源的营养物质, 其主要是构成细胞物质和供食用菌生长发育所需的热量。氮源是食用菌细胞质和细胞核中蛋白质和核酸的主要元素, 蛋白质和核酸是生命的基本物质, 一切生命活动都离不开这些物质。它主要是酶类的组成成分, 调节各种生命代谢活动, 所以它是维持食用菌正常生长所不可缺少的生长因素。

碳、氮源还对子实体的营养成分有一定影响。子

2. 回归方程的显著性测验结果如表 7 所示。

表 7 表明, 方差分析实得 $F = 13.725\ 6 > F_{0.01} = 13.316\ 4$, 说明生物学效率与培养料 C/N 呈极显著的对数函数(Logistic) 关系。

表 7 生物学效率的方差分析结果
Tab 7 The variance analysis results of biological efficiency

变异来源 Resource of variation	DF	SS	MS	F	F _{0.01}
处理 Treatment	6	19 044 0	3 174 0	13. 725 6	13. 314 6
误差 Error	14	0 382 2	0 027 3		
总变异 Sum of variation	20	18 347 9			

2.4 培养料 C/N 对子实体品质的影响

试验结果表明: 子实体中总糖、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维的含量随 C/N 的变化有着微弱的浮动, 但通过对不同 C/N 处理的子实体中的这些基本营养成分作相关性测验, 如表 8, 结果显示, 总糖的相关系数为 - 0.522 6、粗蛋白的相关系数为 - 0.342 4、粗脂肪的相关系数为 0.301 6、粗纤维的相关系数为 0.161 5。四种成分的相关系数的绝对值都小于 0.754 5, 这表明, 猴头菌的子实体中总糖、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维的含量与培养料的 C/N 之间没有相关性。

实体中的氨基酸、粗蛋白、脂肪等营养物质的碳、氮骨架均来自于菌丝从培养基中摄取的营养, 因而不同培养基质生产的子实体中的营养成分及含量有较大区别。有试验指出, 香菇培养基中粗蛋白含量差异导致子实体中各种氨基酸含量的差异。Khanna 等在侧耳基质中增加氮化物的含量, 可明显提高子实体中氨基酸含量^[7]。猴头菌在不同的培养基之中, 虽然氨基酸含量均十分丰富, 但子实体的氨基酸总含量和各类氨基酸组分含量有显著差异。

3.2 C/N 与食用菌生长的关系

自从 G. Klebs 在 20 世纪初提出了高等植物开花的 C/N 理论以来, 在植物界产生了极大的影响。后来发现, C/N 对微生物生长发育也极为重要^[8], 食

用菌蕈菌的研究者和生产者都十分重视培养料的C/N和含N量。把它作为配制培养料配方的重要指标。有关文献报道了C/N对蘑菇、平菇、香菇、草菇、金针菇、猴头菌等的菌丝生长和子实体产量的影响^[9-12]。

研究表明: 碳氮比不仅影响食用菌菌丝生长速度及质量, 而且与头潮菇的原基形成早晚、数量和子实体的品质有较大的关系。当碳氮比较低时, 虽碳氮比增加, 子实体干质量与之呈对数关系增加, 但产量增加幅度有减缓的趋势。在C/N > 60: 1时, 绝对生物学效率可达20%以上, 接近90: 1时, 产量仍高, 而C/N < 50: 1时, 产量很难达到20%^[13]。这说明, 食用菌生产中, 碳氮比对产量有着重要的影响, 合适的碳氮比也是获得高产的一个重要因素。猴头菇培养料中碳氮比对猴头菌子实体产量影响也达到了极显著水平。在所设碳氮比范围内, 随培养料中碳氮比的增加, 产量呈不断增加的趋势, 氮增加到一定的程度后, 产量迅速下降, 超过一定后产量增加极为缓慢, 因而生产配方中的含氮量应适当控制, 适宜的浓度为1.00~1.20%^[14]。其他食用菌品种如金针菇^[15]、杏鲍菇^[16]、平菇^[17,18]、蘑菇^[19]不同基质和不同碳氮比条件下栽培均表明, 在最适碳氮比下, 菌丝生长速度快、浓壮, 优质商品菇的数量多、产量高、生物学转化效率高。在不适碳氮比条件下, C/N值越高, 呼吸损耗越多。

3.3 栽培料中不同C/N对猴头菌菌丝生长的影响

本试验表明: 猴头菌菌丝在7种C/N栽培料处理上均能生长, 但存在差异。在碳氮比为28: 1~38: 1的栽培料处理上菌丝生长最好, 表现为菌丝生长速度快, 且洁白浓密, 处理间无显著性差异, 但与其他处理间存在显著差异。其他处理的菌丝表现为, 菌丝生长慢、菌丝稀疏、颜色发乌、长势弱。这表明, 在猴头菌栽培中菌丝生长阶段C/N应控制在28: 1~38: 1这个范围内。这与相关资料中的数据不符, 可能是因为试验材料或试验设计不同而造成的, 也可能是试验条件所限造成的, 这个问题还有待于人们继续研究。

3.4 栽培料中不同C/N对猴头菌子实体生长的影响

试验表明: 猴头菌在7种C/N栽培料处理中均能形成子实体, 但存在差异。在所设置的处理间, 随C/N的增加, 生物学效率呈增加趋势, 当C/N达到38: 1时生物学效率达最高峰, 此后, 随C/N的增加生物学效率逐渐下降。生长在C/N为33: 1~38: 1处理中的猴头菌, 现蕾较早, 子实体外形好, 生物学

效率最高。尤其, 在C/N为38: 1的处理中的子实体产量显著高于其他处理, 生物学效率最高达49.72%。

子实体中的总糖、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维测定及分析结果表明: C/N与子实体中的总糖、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维等营养物质没有相关性。这说明: C/N在猴头菌栽培中主要影响其产量。

培养料C/N对菌丝生长速度和现蕾天数虽有一定的影响, 但无显著相关性, 这说明, 在影响菌丝生长速度和现蕾天数的众多因子中, 培养料的C/N不是关键因素, 而培养料C/N与生物学效率呈极显著的对数函数(Logistic)关系。这和毛木耳的试验相似。对在其他菌类上是否也有此种性质, 仍需研究。

参考文献:

- [1] Hawdswoth D L. Ainsworth and Bishby's Dictionary of the Fungi(8th ed)[M]. IMI CAB International, 1995.
- [2] 杨新美. 中国菌物学传承与开拓[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [3] 王秉峰, 李玉珍. 深层培养紫孢侧耳菌丝体的研究[J]. 食用菌学报, 1995, 2(3): 11-17.
- [4] 向世华. 食用真菌的营养生理[J]. 中国食用菌, 1990, 9(5): 13-14.
- [5] 孙英华, 杨凤珍, 梁静思. 猴头菌培养基与氨基酸相关研究[J]. 中国食用菌, 1999, 18(2): 28-29.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004, 5.
- [7] 刘世琦, 蒋先明. 培养基对香菇营养组分的影响[J]. 食用菌, 1993, 15(2): 6-7.
- [8] 李英俊, 吴英杰, 王孝敏. 快速测定猴头菌基质C/N方法[J]. 食用菌, 1993, 15(增): 8-9.
- [9] 黄瑞贞, 曹晖. 不同C/N与金针菇产量的关系[J]. 食用菌, 1993, 15(4): 14-15.
- [10] 黄年来. 中国食用菌百科[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 101-108.
- [11] 黄毅. 食用菌生长理论与实践[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1988.
- [12] 潘迎捷, 倪新江, 李人圭. 香菇生长过程中木质纤维素中的生物降解规律[J]. 食用菌学报, 1995, 2(2): 18-22.
- [13] 贺新生, 侯大彬, 王光礼. 培养料C/N和含N量对毛木耳生长发育的影响[J]. 食用菌学报, 1998, 5(1): 33-38.
- [14] 贺新生. 猴头菌产量与培养料含量的动态关系[J]. 食用菌学报, 2000, 7(1): 51-55.
- [15] 王家季, 刘化民. 栽培基质碳氮比对金针菇生长发育及产量的影响[J]. 中国食用菌, 1995, 14(4): 30-31.
- [16] 胡润芳, 林衍铨, 黄建成. 杏鲍菇不同配方栽培研究[J]. 中国食用菌, 1999, 18(3): 7-8.
- [17] 钟雪美, 屈亮. 麦草培养料碳氮比值对平菇生长发育及产量的影响[J]. 中国食用菌, 1988, 11(1): 17-19.
- [18] 钟雪美, 杜双田. 平菇对不同碳氮比麦草培养料的物质转化研究[J]. 西北农业大学学报, 1990(2): 61-64.
- [19] 郑福琴, 杨瑞长, 刘日新. 蘑菇培养料的碳氮比与养分和产量质量的关系[J]. 上海农业学报, 1995, 11(1): 33-38.