

网络出版时间:2016-10-20 16:37

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2016.12.028

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161020.1637.056.html

猪垫料用量对大杯香菇中主要矿物质元素与铅含量关联度的影响

雷锦桂¹, 卢翠香², 颜振兰³, 王义祥¹, 肖淑霞⁴, 翁伯琦¹, 江枝和¹

(1 福建省农业科学院, 福建 福州 350013; 2 莆田市农业科学研究所, 福建 莆田 351144;

3 南平市农业局, 福建 南平 353000; 4 福建省食用菌技术推广总站, 福建 福州 350003)

[摘要] 【目的】研究猪垫料栽培大杯香菇子实体中主要矿物质元素含量与铅含量的关系, 为大面积栽培铅含量更低的大杯香菇提供依据。【方法】通过在对照培养料(A₀, 10%)中添加质量分数为10%(A₁)、20%(A₂)、30%(A₃)、40%(A₄)、50%(A₅)、60%(A₆)、70%(A₇)的猪垫料, 进行大杯香菇栽培试验, 采用灰色关联方法, 分析各处理大杯香菇子实体中主要矿物质元素含量(铜、锰、铁、锌、钾、钙)与铅含量的关系。【结果】7个处理中, 猪垫料用量对铅与各主要矿物质元素含量的关联系数影响顺序从大到小为: A₂ > A₃ > A₇ > A₀ > A₆ > A₄ > A₁ > A₅, 其中 A₂ 处理关联系数最大, 为0.811 3, A₅ 处理关联系数最小, 为0.485 0。猪垫料栽培大杯香菇子实体中的 Zn 含量与 Pb 含量关联度最大, 为0.725 9, 其次是 Mn 含量, 关联度最小的是 K 含量。【结论】猪垫料用量对大杯香菇子实体中各种主要矿物质元素与铅含量关联系数有一定的影响, 猪垫料栽培大杯香菇子实体中的 Zn 含量与 Pb 含量关系密切。

[关键词] 大杯香菇; 灰色关联; 矿物质元素; 猪垫料

[中图分类号] S646.9

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)12-0206-05

Effects of pig bedding addition on relationship between mineral elements and Pb content in *Lentinus giganteus*

LEI Jingui¹, LU Cuixiang², YAN Zhenlan³, WANG Yixiang¹,
XIAO Shuxia⁴, WENG Boqi¹, JIANG Zhihe¹

(1 Fujian Academy of Agriculture Science, Fuzhou, Fujian 350013, China; 2 Putian Institute of Agriculture Science, Putian, Fujian 351144, China; 3 Agricultural Bureau of Nanping City, Nanping, Fujian 353000, China; 4 Fujian General Station of Technology Popularization for Edible Fungus, Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract: 【Objective】This study analyzed the relationship between mineral elements and Pb content in *Lentinus giganteus* fruit body with pig bedding addition to provide basis for producing *Lentinus giganteus* with less Pb. 【Method】The grey system theory was employed to analyze the relationship between mineral elements and Pb content in *L. giganteus* under 0% (A₀), 10% (A₁), 20% (A₂), 30% (A₃), 40% (A₄), 50% (A₅), 60% (A₆), and 70% (A₇) pig bedding addition (mass fraction). 【Result】The correlation coefficients between mineral elements and Pb with different pig bedding additions were in an order of A₂ > A₃ > A₇ > A₀ > A₆ > A₄ > A₁ > A₅. A₂ had the biggest correlation coefficient of 0.811 3 while A₅ had the lowest value of 0.485 0. The correlation of Pb with Zn was the largest of 0.725 9, followed by Mn, and the

[收稿日期] 2015-06-19

[基金项目] 农业部行业公益专项“功能性微生物制剂在食用菌产业副产物资源转化与利用中的研究与应用”(201303094-04); 国家科技支撑计划项目(2012BAD14B15)

[作者简介] 雷锦桂(1973—), 男, 福建罗源人, 副研究员, 主要从事食用菌栽培与育种研究。E-mail: leican11@163.com

[通信作者] 江枝和(1955—), 男, 福建福州人, 研究员, 主要从事食药两用菌种、酶、品质与无公害栽培技术研究。E-mail: zhihe10000@163.com

smallest was with K. 【Conclusion】 Pig bedding addition had effects on relationship between mineral elements and Pb with the largest coefficient between Zn and Pb.

Key words: *Lentinus giganteus*; grey correlation analysis; mineral elements; pig bedding

大杯香菇(*Lentinus giganteus*)又名猪肚菇、大杯伞、笋菇等,是国内近年新开发的珍稀食药食用菌。该菇营养丰富,含有多种氨基酸、多糖、维生素、脂肪酸及人体必需的铁、钙、锌^[1]等矿物质元素,深受广大消费者的青睐。目前,对大杯香菇的研究主要集中在添加外源锗、锌、硒以及辐射对其胞内保护酶活性、丙二醛(MAD)含量^[2-3]及产量、营养价值^[4-5]和营养成分^[6-13]等的影响方面,对其子实体中矿物质元素与铅含量关系的研究报道未见。研究表明,食品中铅含量较高可导致食欲不振、肌肉关节痛等,严重的甚至可导致休克和死亡^[14];秀珍菇子实体中的铜、锰、铁、锌、钾、钙等 6 种矿质元素含量与铅含量有一定的关联,且关联度因品种不同而有差异^[15]。本研究通过在培养料中添加猪垫料栽培大杯香菇,运用灰色关联方法探讨其子实体中 6 种主要矿物质元素含量与铅含量的关系,以期为栽培铅含量更低的大杯香菇提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试大杯香菇菌种为猪肚菇 9 号,由福建省农业科学院土壤肥料研究所环保室食用菌组提供。

1.2 试验设计

试验共设 8 个处理,培养料组成为:菌渣 44.5%,棉籽壳 44.5%,麦皮 10%,碳酸钙 1%,以上均为质量分数,以猪垫料用量 0%作为对照(A₀),分别添加质量分数为 10%(A₁)、20%(A₂)、30%(A₃)、40%(A₄)、50%(A₅)、60%(A₆)、70%(A₇)的猪垫料代替培养料中的菌渣、棉籽壳和麦皮。将

猪垫料按照 1:1.5 的料水质量比加入培养料中拌匀,pH 调到 8 后装入塑料袋,每袋装干料 230 g,套上封口环,环内塞棉花,高压灭菌。待料温度冷却至 26℃左右接种,每处理 4 个重复,每重复 10 袋。接种后的菌袋直立于培养室架上避光培养,培养温度 26~28℃,空气相对湿度 70%~75%,菌丝满袋后移入栽培室。栽培室温度控制在 25~28℃,空气相对湿度控制在 90%~93%,待子实体盖边缘内卷,孢子尚未弹射前采收。将不同猪垫料用量下的样品置于 65℃烘干箱内,烘干粉碎后进行样品分析。

1.3 测定指标及方法

大杯香菇子实体中的铜、锰、铁、锌、钾、钙和铅含量均采用原子吸收法测定。

1.4 数据处理

所有数据用 Excel 2003 和 DPS 7.05 软件进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同用量猪垫料栽培大杯香菇子实体中主要矿物质元素与铅含量原始数据的标准化

灰色关联分析^[16-18]是通过参考序列与比较序列所构成的曲线来确定各序列之间的差异性和相近性,曲线形状越接近,关联度越大。据此,将本研究中主要矿物质参考函数确定为猪垫料用量 X₀(K),比较函数为:铜 X₁(K),锰 X₂(K),铁 X₃(K),锌 X₄(K),钾 X₅(K),钙 X₆(K)。

通过测定,得到不同用量猪垫料栽培大杯香菇子实体中 6 种主要矿物质元素和铅含量的原始数据见表 1。

表 1 猪垫料用量对大杯香菇子实体中主要矿物质元素和铅含量的影响

Table 1 Effects of pig bedding addition on mineral elements and Pb in <i>Lentinus giganteus</i> fruit body							μg/g
处理 Treatment	Cu	Mn	Fe	Zn	K(×10 ⁴)	Ca	Pb
A ₀	9.93	8.24	116.56	64.28	5.02	26.87	1.65
A ₁	8.76	7.39	109.09	56.67	2.30	12.48	1.46
A ₂	9.66	6.76	114.52	54.32	4.56	13.74	1.07
A ₃	11.46	8.04	141.40	59.58	4.61	16.58	1.27
A ₄	10.24	7.36	121.80	60.81	3.85	15.74	1.52
A ₅	12.50	8.27	117.49	61.70	4.36	26.30	1.00
A ₆	10.57	7.30	104.18	59.50	4.54	32.89	1.07
A ₇	12.21	9.53	194.55	79.13	4.91	34.35	1.89

首先对大杯香菇中 6 种矿物质元素含量和铅含量的原始数据进行标准化,标准化方法是将猪垫料

用量原始数据按照参考函数用量 $X_0(K)$,用原始数据减去均值再除以标准差,进行标准化变换,结果见表 2。

表 2 不同用量猪垫料栽培大杯香菇子实体主要矿物质元素和铅含量原始数据的标准化结果

处理 Treatment	Cu	Mn	Fe	Zn	K	Ca	Pb
A ₀	−0.568 1	0.442 5	−0.372 2	0.301 9	0.862 5	0.512 7	0.893 4
A ₁	−1.471 0	−0.550 6	−0.627 5	−0.705 2	−2.260 4	−1.126 2	0.295 2
A ₂	−0.776 5	−1.286 6	−0.441 9	−1.016 3	0.334 4	−0.982 7	−0.932 7
A ₃	0.612 5	0.208 8	0.476 8	−0.320 1	0.391 8	−0.659 3	−0.303 0
A ₄	−0.328 9	−0.585 6	−0.193 1	−0.157 3	−0.480 8	−0.755 0	0.484 1
A ₅	1.415 1	0.477 6	−0.340 4	−0.039 5	0.104 8	0.447 7	−1.153 1
A ₆	−0.074 3	−0.655 7	−0.795 3	−0.330 7	0.311 4	1.198 3	−0.932 7
A ₇	1.191 3	1.949 6	2.293 4	2.267 3	0.736 3	1.364 6	1.649 0

2.2 不同用量猪垫料栽培大杯香菇子实体中主要矿物质元素与铅含量的灰色关联分析

公式 $\Delta_{0i}(K) = |X_i(K) - X_0(K)|^{[4-5]}, i = 1, 2, \dots, 6$, 计算绝对差值($\Delta_{0i}(K)$), 结果见表 3。

2.2.1 主要矿物质元素与铅含量的绝对差值

表 3 不同用量猪垫料栽培大杯香菇子实体中主要矿物质元素与铅含量的绝对差值

处理 Treatment	Cu	Mn	Fe	Zn	K	Ca
A ₀	1.461 5	0.450 9	1.265 5	0.591 4	0.030 8	0.380 7
A ₁	1.766 2	0.845 7	0.922 6	1.000 4	2.555 6	1.421 4
A ₂	0.156 2	0.353 9	0.490 8	0.083 6	1.267 1	0.050 0
A ₃	0.915 5	0.511 9	0.779 9	0.017 1	0.694 8	0.356 3
A ₄	0.813 0	1.069 7	0.677 1	0.641 4	0.964 9	1.239 0
A ₅	2.568 2	1.630 7	0.812 7	1.113 6	1.257 9	1.600 8
A ₆	0.858 4	0.277 0	0.137 4	0.602 0	1.244 1	2.131 0
A ₇	0.457 7	0.300 7	0.644 4	0.618 3	0.912 7	0.284 4

2.2.2 主要矿物质元素与铅含量的关联系数

$\Delta_{\max}$ 和 $\Delta_{\min}$ 分别表示所有比较序列中各处理绝对差值中的最大与最小值; ρ 为决定分辨系数,取值 0.5。

将表 3 中数据代入上式分别求出相应的关联系数,结果见表 4。

($\epsilon_{0i}(K)$) 用公式 $\epsilon_{0i}(K) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \cdot \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(K) + \rho \cdot \Delta_{\max}}$, 计算各矿物质元素含量与铅含量的关联系数。式中: $\Delta_{0i}(K)$ 表示同一处理中 2 个比较序列的绝对差值;

表 4 不同用量猪垫料栽培大杯香菇中铅与主要矿物质元素含量的关联系数

处理 Treatment	Cu	Mn	Fe	Zn	K	Ca	关联系数 Correlation coefficient	排序 Order
A ₀	0.473 9	0.750 0	0.510 3	0.693 8	0.989 6	0.781 6	0.699 9	4
A ₁	0.426 6	0.610 9	0.589 6	0.569 6	0.338 9	0.480 9	0.502 8	7
A ₂	0.903 4	0.794 4	0.733 1	0.951 4	0.510 0	0.975 3	0.811 3	1
A ₃	0.591 5	0.724 5	0.630 4	1.000 0	0.657 5	0.793 2	0.732 9	2
A ₄	0.620 5	0.552 8	0.663 5	0.675 8	0.578 6	0.515 7	0.601 1	6
A ₅	0.337 8	0.446 4	0.620 6	0.542 7	0.511 9	0.451 0	0.485 0	8
A ₆	0.607 3	0.833 5	0.915 4	0.689 9	0.514 7	0.381 0	0.657 0	5
A ₇	0.747 0	0.821 0	0.674 7	0.684 0	0.592 3	0.829 6	0.724 8	3

由表 4 可知,铅与各主要矿物质元素含量的关联系数受猪垫料用量影响的大小顺序为 $A_2 > A_3 > A_7 > A_0 > A_6 > A_4 > A_1 > A_5$ 。其中 A_2 处理关联系数最大,为 0.811 3, A_5 处理关联系数最小,为 0.485 0。说明猪垫料用量对大杯香菇子实体中铅与各主要矿物质元素含量的关联系数有一定的影响。

2.2.3 主要矿物质元素含量与铅含量的关联度

(r_{0i})及排序 用公式 $r_{0i} = 1/N \sum_{K=1}^N \epsilon_{0i}(K)$, 计算各矿

物质元素含量与铅含量的关联度。式中: N 为比较序列长度, $N=6$ 。将表 4 中的数据代入此公式,求出相应的关联度,结果见表 5。

表 5 猪垫料栽培大杯香菇中铅含量与各主要矿物质元素含量的关联度及排序

Table 5 Correlation degree and order of mineral elements and Pb in *Lentinus giganteus* under different pig bedding addition

指标 Index	关联度 Correlation degree	排序 Order
Cu	0.588 5	5
Mn	0.691 7	2
Fe	0.667 2	3
Zn	0.725 9	1
K	0.586 7	6
Ca	0.651 0	4

由表 5 可知,猪垫料栽培大杯香菇中铅含量与各主要矿物质元素含量的关联度顺序为 $Zn>Mn>Fe>Ca>Cu>K$ 。其中 Zn 含量与重金属铅含量关联度最大,为 0.725 9,关联度越大,相似程度就越高,说明猪垫料栽培大杯香菇子实体中 Zn 含量与 Pb 含量的关系最为密切,其次是 Mn 含量,关联度最小的是 K 含量。

3 讨 论

20 世纪 60 年代发源于日本的发酵床养猪模式^[19],因具有污染排放低、饲养效率高等优点,于 20 世纪 90 年代被引进我国并在国内得到广泛应用和推广。发酵床垫料吸收了大量的猪粪尿,含有丰富的有机质,并富集了丰富的 Fe、Mn、Mg、Zn 等矿物质元素,且有害重金属含量均远低于国家标准限量^[20],可作为栽培食用菌的原料之一^[21-22]。本研究结果表明,随着猪垫料用量的增加,大杯香菇中各主要矿物质元素含量指标变化明显。通过灰色关联分析得知,猪垫料用量对大杯香菇子实体中 Pb 与各主要矿物质元素含量的关联系数有一定的影响。关联度分析表明,Zn 含量与 Pb 含量关联度最大,说明猪垫料栽培大杯香菇子实体中 Zn 含量对 Pb 含量影响大。对于在相同猪垫料用量下不同批次和地点栽培大杯香菇子实体中 Pb 含量是否与 Zn 含量密切相关,还需进一步研究。

[参考文献]

[1] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. 大杯香菇辐射选育新株系子实体蛋白质构成的多元回归与聚类分析 [J]. 中国生态农业学报, 2010,18(3):542-547.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Regression and cluster analysis on fruit bodies protein compost of *Lentinus giganteus*

radiation strains [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010,18(3):542-547.
[2] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. 添加外源锌对大杯香菇子实体细胞保护酶活性的影响 [J]. 微生物学报,2009,49(8):1121-1125.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Effect of exogenous zinc addition on cell protective activities in the fruit bodies of *Lentinus giganteus* [J]. Acta Microbiologica Sinica, 2009,49(8):1121-1125.
[3] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. 添加外源硒对大杯香菇子实体保护酶系及膜脂过氧化的影响 [J]. 菌物学报,2009,28(4):612-615.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Effect of exogenous Se on the activities of protective enzyme system and peroxidation of membrane lipoids in fruit bodies of *Lentinus giganteus* [J]. Microsystem,2009,28(4):612-615.
[4] 江枝和,肖淑霞,雷锦桂,等. 添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质营养价值的影响 [J]. 农业环境科学学报,2009,28(3):449-453.
Jiang Z H,Xiao S X,Lei J G,et al. Nutritional value of protein of *Lentinus giganteus*'s fruit bodies under the condition of exogenous addition of Zn [J]. Journal of Agro-Environment Science,2009,28(3):449-453.
[5] 江枝和,雷锦桂,翁伯琦,等. 添加外源锗对猪肚菇子实体蛋白质营养价值的影响 [J]. 江苏农业学报,2008,24(6):906-909.
Jiang Z H,Lei J G,Weng B Q,et al. Nutritional value of protein in fruit bodies of *Lentinus giganteus* under condition of exogenous addition of Ge [J]. Jiangsu Journal of Agriculture Science,2008,24(6):906-909.
[6] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. 大杯香菇辐射选育新株系品质性状的遗传分析 [J]. 热带作物学报,2010,31(6):920-925.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Genetic analysis on the quality characters of new radiated strains of *Lentinus giganteus* [J]. Chinese Journal of Tropical Crops,2010,31(6):920-925.
[7] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. ⁶⁰Co γ 射线辐射大杯香菇诱变效应的主成分分析 [J]. 激光生物学报,2008,18(3):309-314.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Analysis on the main components in the radio-mutation efficiency of *Lentinus giganteus* by ⁶⁰Co γ ray [J]. Acta Laser Biology Sinica,2008,18(3):309-314.
[8] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. 大杯香菇辐射新株系各类氨基酸的遗传主成分分析 [J]. 激光生物学报,2010,19(5):638-643.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Analysis on main genetic components of different amino acids in new radiated strains of *Lentinus giganteus* [J]. Acta Laser Biology Sinica, 2010,19(5):638-643.
[9] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. 大杯香菇辐射选育新株系数量性状的因子分析 [J]. 激光生物学报,2010,19(6):817-823.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Analysis on the factors affecting quantitative characters in new radiated mutants of *Lentinus giganteus* [J]. Acta Laser Biology Sinica, 2010,19(6):817-823.

- [10] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. 大杯香菇辐射新株系农艺性状的遗传变异分析 [J]. 西南大学学报,2010,32(10):15-18.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Genetic variability of agronomic traits of radiation-derived new strains of *Lentinus giganteus* [J]. Journal of Southwest University, 2010, 32(10):15-18.
- [11] 郑向华,江枝和,翁伯琦,等. ^{60}Co γ 射线辐射诱变大杯香菇的营养价值效应的主成分分析 [J]. 激光生物学报,2010,19(2):179-183.
Zheng X H,Jiang Z H,Weng B Q,et al. The principal component analysis on nutritional value of ^{60}Co γ ray radiation-induced *Lentinus giganteus* Berk [J]. Acta Laser Biology Sinica,2010,19(2):179-183.
- [12] 翁伯琦,江枝和,雷锦桂,等. 大杯香菇引种材料的主成分和聚类分析 [J]. 山地农业生物学报,2009,28(5):413-416.
Weng B Q,Jiang Z H,Lei J G,et al. Principal component and cluster analysis on introduced strains of *Lentinus giganteus* [J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 2009, 28(5):413-416.
- [13] 翁伯琦,江枝和,雷锦桂,等. 大杯香菇辐射选育新株系主要营养价值的遗传分析 [J]. 激光生物学报,2011,20(4):496-500.
Weng B Q,Jiang Z H,Lei J G,et al. Genetic analysis on main nutrient values in new radiated strains of *Lentinus giganteus* [J]. Acta Laser Biology Sinica,2011,20(4):496-500.
- [14] 曹启民,王 华,郑良永,等. 污染土壤的微生物修复机理及研究进展 [J]. 华南热带农业大学学报,2006(1):29-33.
Cao Q M,Wang H,Zheng L Y,et al. Mechanism and progress on microbial remediation of contaminated soil [J]. Journal of South China University of Tropical Agriculture,2006(1):29-33.
- [15] 罗 钦,江枝和,肖淑霞,等. 秀珍菇辐射新品种种子实体中微量元素含量与铅含量的灰色关联分析 [J]. 山地农业生物学报,2015,34(4):18-21.
Luo Q,Jiang Z H,Xiao S X,et al. Grey correlation analysis analysis on relationships between trace elements and Pb contents in radiative *Pleurotus geesteranus* fruit body [J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology,2015,34(4):18-21.
- [16] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. 运用关联度分析硒镧复合作用下巴西蘑菇氨基酸含量与砷含量的关系 [J]. 应用与环境生物学报,2012,18(3):489-493.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Relational grade analysis on relationship of amino acid contents and arsenic content in *Agaricus brasiliensis* under interaction of Selenium and Lanthanum [J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology,2012,18(3):489-493.
- [17] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等. 用关联度分析硒镧复合作用下巴西蘑菇氨基酸含量与镉含量的关系 [J]. 农业环境科学学报,2012,31(6):1066-1069.
Jiang Z H,Weng B Q,Lei J G,et al. Grey relational grade analysis on the relationship of amino acid contents and Cd content in *Agaricus brasiliensis* under interaction of Selenium and Lanthanum [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2012,31(6):1066-1069.
- [18] 江枝和,翁伯琦,吴少分,等. 用灰色系统理论分析竹荪的产质量与猪粪渣用量关系 [J]. 热带作物学报,2012,33(5):811-815.
Jiang Z H,Weng B Q,Wu S F,et al. Analysis on the relationship between yield and quality of dictyophora in dusiata and the application of pig manure compost by grey system theory [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2012, 33(5): 811-815.
- [19] 焦洪超,栾炳志,宋志刚,等. 发酵床养猪垫料基础参数变化规律研究 [J]. 中国兽医学报,2013,33(10):1610-1614.
Jiao H C,Luan B Z,Song Z G,et al. Study on the basic parameters of litters in fermenting-bed system of pig production [J]. Chin J Vet,2013,33(10):1610-1614.
- [20] 黄 静,康建平,苏 波,等. 生物床养猪垫料用作有机肥的安全性研究 [J]. 食品与发酵科技,2011,47(1):39-41.
Huang J,Kang J P,Su B,et al. Security research of pig litter using as organic fertilizer [J]. Food and Fermentation Technology,2011,47(1):39-41.
- [21] 卢翠香,邱春锦,郑永德,等. 猪场废弃垫料栽培姬松茸配方筛选研究 [J]. 中国食用菌,2013,32(4):27-29.
Lu C X,Qiu C J,Zheng Y D,et al. Study on the formula screening of *Agaricus blazei* Murrill cultivated with waste bedding [J]. Edible Fungi of China,2013,32(4):27-29.
- [22] 阮瑞国,丁李春,罗仰奋,等. 葡萄园中零排放猪舍垫料废料栽培双孢蘑菇 [J]. 食用菌学报,2011,18(3):31-34.
Ruan R G,Ding L C,Luo Y F,et al. Cultivation of *Agaricus bisporus* in vine yards using spent pig litter [J]. Acta Edulis Fungi,2011,18(3):31-34.