

不同杏鲍菇菌株生产性能的综合评判

王崇鼎¹, 杜双田¹, 马 璐², 朱永真¹, 江 微¹, 常 昕¹

(1 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2 福建省农业科学院 食用菌研究所, 福建 福州 350014)

[摘 要] **【目的】**筛选生产性能优良的杏鲍菇菌株。**【方法】**在相同的栽培基质及环境条件下, 对不同来源的 13 株杏鲍菇菌株(PE-01~PE-13)的生物学效率、生产周期、子实体长度、子实体密度、菌柄直径进行测定, 然后采用模糊综合评判的方法对其生产性能进行综合分析。**【结果】**13 个杏鲍菇菌株中, 菌株 PE-01 为优良菌株, 其平均生物学效率为 76.9%, 生产周期较短, 子实体长度较短, 子实体密度、菌柄直径较适中; PE-06、PE-07 为较好菌株, PE-09、PE-11 为一般菌株, 其他为劣种菌株。**【结论】**不同杏鲍菇菌株的生产性能差异较大, 在选择优良菌株时应依据多个性状进行综合评价。在本试验条件下, PE-01 为最优杏鲍菇菌株。

[关键词] 杏鲍菇; 生产性能; 模糊综合评判

[中图分类号] Q935; S567.3⁺9

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)05-0197-06

Evaluation on production performance of different strains of *Pleurotus eryngii*

WANG Chong-ding¹, DU Shuang-tian¹, MA Lu², ZHU Yong-zhen¹,
JIANG Wei¹, CHANG Xin¹

(1 College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Institute of Edible Fungi, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350014, China)

Abstract: **【Objective】**The study was made to select the excellent strain of 13 *Pleurotus eryngii*. **【Method】**The fuzzy comprehensive evaluation method was adopted to assess the production performance of *P. eryngii*; PE-01—PE-13. **【Result】**The results indicated that *P. eryngii* strain PE-01 was a superior strain, with average biological efficiency 76.9%. The production cycle and the length of fruit body was short, the density and diameter of fruit body was suitable. **【Conclusion】**Different *P. eryngii* strains showed different production performance, and the choice should be based on comprehensive evaluation of multiple shapes.

Key words: *Pleurotus eryngii*; production performance; fuzzy comprehensive evaluation method

杏鲍菇(*Pleurotus eryngii* (DC. ex Fr.) Quel), 隶属担子菌亚门、真担子菌纲(Basidiomycotina)、层菌纲(Hymenomycetes)、伞菌目(Agaricales)、侧耳科(Pleurotaceae)、侧耳属(*Pleurotus*), 其子实体洁白, 菌肉肥厚, 质地脆嫩可口, 味道鲜美, 具有杏仁香味, 鲜美如鲍鱼, 故名杏鲍菇^[1]。杏鲍菇不仅营养丰富, 且有降血脂、降血压^[2-3]、提高人体免疫力、抗动

脉粥样硬化^[4-6]、抗氧化^[7]等功能, 还有改善胃肠功能和美容的功效^[8], 对某些肿瘤也有一定的预防和抑制作用^[9-10], 被誉为新世纪理想的健康食品。近年来, 随着市场需求量的增加^[11], 杏鲍菇的栽培规模不断扩大, 但由于种种原因, 我国的菌种管理工作相对落后, 菌株名称复杂, 编号混乱, 种源不清, 且菌株之间产量、品质差异很大, 这给杏鲍菇生产中菌种

* [收稿日期] 2010-10-10

[基金项目] 科技部中小企业创新基金项目(09C26226105700)

[作者简介] 王崇鼎(1986—), 男, 侗族, 贵州岑巩人, 在读硕士, 主要从事微生物资源与利用研究。E-mail: wbcd100@163.com

[通信作者] 杜双田(1961—), 男, 陕西扶风人, 副教授, 主要从事食用与药用真菌研究。E-mail: dst6107@126.com

的选择带来了很大的困难。为此,本试验采用模糊数学方法^[12-14],对 13 个杏鲍菇菌株的生物学效率、生产周期、子实体长度、子实体密度和菌柄直径等指标进行综合评判,以期从中选出优质高产菌株,为杏鲍菇菌种的选育及栽培菌株的选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 菌 种 PE-01,山西众成生物工程有限公司提供;PE-06、PE-07、PE-08 和 PE-09,从采自福建不同地区商品杏鲍菇组织分离获得;PE-02 和 PE-10,由陕西杨凌星科应用真菌研究所提供;PE-04 和 PE-05,由西北农林科技大学生命科学学院提供;PE-13,由福建省南靖嘉田木耳开发公司提供;PE-03、PE-11 和 PE-12,从采自广东、四川及新疆的杏鲍菇子实体组织分离获得。

1.1.2 培养基 母种培养基:马铃薯 200 g,麸皮 50 g,葡萄糖 10 g,蔗糖 10 g,蛋白胨 1 g,磷酸二氢钾 2 g,硫酸镁 1 g,琼脂粉 12 g,蒸馏水 1 000 mL (pH=7.0)。原种培养基:小麦粒 900 g/kg,木屑 80 g/kg,生石膏 10 g/kg,蔗糖 10 g/kg。栽培料配方:棉籽壳 680 g/kg,木屑 120 g/kg,麸皮 180 g/kg,生石膏 20 g/kg,硫酸镁 0.05 g/kg,磷酸二氢钾 0.5 g/kg。

1.2 方 法

采用规格 350 mm×170 mm×0.04 mm 的聚丙烯塑料筒,按常规熟料袋栽方法栽培^[15],每袋装风干料 385 g,每个试验重复 50 次,高压蒸汽灭菌,菌丝体培养温度(23±1)℃,空气相对湿度 60%~70%,所有菌袋随机堆放,定时翻堆,出菇期温度

12~16℃,人工控制出菇室空气相对湿度为 80%~85%,人工通气保持菇房内空气新鲜。

测定指标有杏鲍菇鲜质量、生物学效率、生产周期、子实体长度、子实体密度和菌柄直径。

2 结果与分析

2.1 评判因素集与评语集

评判因素集为生物学效率、生产周期、子实体长度、子实体密度和菌柄直径,每个指标均为 13 个菌株的模糊集,分别记为 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 。

评语集为优良、较好、一般、较差和劣种。

2.2 隶属函数和评判关系矩阵的确定

2.2.1 生物学效率 根据不同菌株的生物学效率,用下式求其隶属度:

$$\mu_{A_1}(X)=\begin{cases} 0, & x\leqslant 60\%; \\ 1-\frac{100}{30}(90\%-x), & 60\%<x\leqslant 90\%; \\ 1, & x>90\%。 \end{cases} \quad (1)$$

经计算,杏鲍菇生物学效率的隶属度及其评语见表 1。计算每个菌株的生物学效率,根据评定标准统计生物学效率在各个范围内出现的频率,得隶属优良菌株集的单因素评判矩阵(表 2)。

表 1 杏鲍菇生物学效率的隶属度划分及其评语
Table 1 Subordinations division and evaluation collection of *P. eryngii*

隶属度划分 Subordinations division	生物学效率划分/% Biological efficiency division	评语 Evaluation collection
1	≥90	优良 Excellent
[0.667,1)	[80.01,90)	较好 Good
[0.333,0.667)	[69.99,80.01)	一般 Average
[0,0.333)	[60,69.99)	较差 Poor
0	<60	劣种 Worse

表 2 不同杏鲍菇菌株生物学效率的单因素评价矩阵

Table 2 Evaluation matrix of different strains of *P. eryngii* on biological efficiency

菌株 Strain	优良集 Excellent collection	较好集 Good collection	一般集 Average collection	较差集 Poor collection	劣种集 Worse collection
PE-01	0.389	0.167	0.111	0.111	0.222
PE-02	0.000	0.000	0.250	0.312	0.438
PE-03	0.000	0.000	0.000	0.125	0.875
PE-04	0.000	0.000	0.211	0.263	0.526
PE-05	0.000	0.000	0.000	0.091	0.909
PE-06	0.176	0.296	0.176	0.176	0.176
PE-07	0.157	0.316	0.211	0.211	0.105
PE-08	0.000	0.133	0.200	0.200	0.467
PE-09	0.105	0.263	0.474	0.105	0.053
PE-10	0.000	0.000	0.211	0.368	0.105
PE-11	0.211	0.105	0.316	0.263	0.105
PE-12	0.053	0.158	0.210	0.210	0.369
PE-13	0.133	0.133	0.200	0.134	0.400

2.2.2 生产周期 根据不同菌株的生产周期,以下式求其隶属度:

$$\mu A_2(X)=(X-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min})。$$
 (2)

式中: $X_{\min}$ 为性状最小值, $X_{\max}$ 为性状最大值。

将确定 13 个菌株的隶属函数值 0~1 等分为 5 个区间:0~0.2,0.21~0.4,0.41~0.6,0.61~0.8,

0.81~1,分别对应优良集、较好集、一般集、较差集及劣种集,以供试菌株生产周期在各评语集出现的频率作为各性状的评判矩阵,求出各性状评判矩阵的并集后进行归一化处理,作为单因素评价矩阵(表 3)。

表 3 不同杏鲍菇菌株生产周期的单因素评价矩阵

Table 3 Evaluation matrix of different strains of <i>P. eryngii</i> on production cycle					
菌株 Strain	优良集 Excellent collection	较好集 Good collection	一般集 Average collection	较差集 Poor collection	劣种集 Worse collection
PE-01	0.056	0.500	0.111	0.333	0.000
PE-02	0.000	0.125	0.625	0.188	0.062
PE-03	0.000	0.000	0.000	0.375	0.625
PE-04	0.158	0.316	0.474	0.052	0.000
PE-05	0.182	0.636	0.091	0.091	0.000
PE-06	0.118	0.647	0.176	0.059	0.000
PE-07	0.105	0.474	0.211	0.105	0.105
PE-08	0.200	0.333	0.333	0.067	0.067
PE-09	0.210	0.684	0.053	0.053	0.000
PE-10	0.368	0.579	0.053	0.000	0.000
PE-11	0.211	0.316	0.368	0.105	0.000
PE-12	0.316	0.368	0.211	0.105	0.000
PE-13	0.067	0.800	0.133	0.000	0.000

2.2.3 子实体长度、子实体密度及菌柄直径 根据不同菌株的子实体长度,以公式(2)求其隶属度,并将确定优良菌株的隶属函数值 0~1 等分为 5 个区间:0~0.2,0.21~0.4,0.41~0.6,0.61~0.8,0.81~1,分别对应劣种集、较差集、一般集、较好集

和优良集。以供试菌株子实体长度在各评语集出现的频率作为各性状的评判矩阵,求出各性状评判矩阵的并集后进行归一化处理,作为子实体长度单因素评价矩阵(表 4),同理可得子实体密度和菌柄直径的单因素评价矩阵(表 5 和表 6)。

表 4 不同杏鲍菇菌株子实体长度的单因素评价矩阵

Table 4 Evaluation matrix of different strains of <i>P. eryngii</i> on fruit body length					
菌株 Strain	优良集 Excellent collection	较好集 Good collection	一般集 Average collection	较差集 Poor collection	劣种集 Worse collection
PE-01	0.000	0.000	0.222	0.167	0.611
PE-02	0.621	0.376	0.500	0.062	0.000
PE-03	0.000	0.000	0.500	0.250	0.250
PE-04	0.053	0.526	0.368	0.053	0.000
PE-05	0.090	0.000	0.364	0.364	0.182
PE-06	0.000	0.000	0.765	0.176	0.059
PE-07	0.000	0.000	0.421	0.526	0.053
PE-08	0.000	0.000	0.267	0.600	0.133
PE-09	0.000	0.052	0.474	0.474	0.000
PE-10	0.000	0.211	0.316	0.421	0.052
PE-11	0.000	0.042	0.316	0.632	0.000
PE-12	0.000	0.158	0.368	0.474	0.000
PE-13	0.000	0.066	0.467	0.467	0.000

表 5 不同杏鲍菇菌株子实体密度的单因素评价矩阵

Table 5 Evaluation matrix of different strains of <i>P. eryngii</i> on fruit body density					
菌株 Strain	优良集 Excellent collection	较好集 Good collection	一般集 Average collection	较差集 Poor collection	劣种集 Worse collection
PE-01	0.000	0.055	0.111	0.779	0.055
PE-02	0.000	0.000	0.375	0.563	0.062
PE-03	0.000	0.250	0.125	0.500	0.125
PE-04	0.053	0.000	0.789	0.158	0.000

续表 5 Continued table 5

菌株 Strain	优良集 Excellent collection	较好集 Good collection	一般集 Average collection	较差集 Poor collection	劣种集 Worse collection
PE-05	0.273	0.364	0.273	0.090	0.000
PE-06	0.000	0.000	0.118	0.764	0.118
PE-07	0.000	0.000	0.263	0.737	0.000
PE-08	0.000	0.000	0.067	0.300	0.333
PE-09	0.000	0.000	0.053	0.789	0.158
PE-10	0.105	0.105	0.421	0.369	0.000
PE-11	0.053	0.105	0.105	0.474	0.263
PE-12	0.000	0.000	0.105	0.790	0.105
PE-13	0.000	0.000	0.067	0.533	0.400

表 6 不同杏鲍菇菌株菌柄直径的单因素评价矩阵

Table 6 Evaluation matrix of different strains of *P. eryngii* on stipe diameter

菌株 Strain	优良集 Excellent collection	较好集 Good collection	一般集 Average collection	较差集 Poor collection	劣种集 Worse collection
PE-01	0.000	0.000	0.556	0.444	0.000
PE-02	0.000	0.000	0.060	0.880	0.060
PE-03	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500
PE-04	0.000	0.000	0.000	0.632	0.368
PE-05	0.000	0.000	0.000	0.182	0.818
PE-06	0.000	0.000	0.529	0.471	0.000
PE-07	0.000	0.053	0.684	0.263	0.000
PE-08	0.067	0.000	0.200	0.733	0.000
PE-09	0.000	0.000	0.842	0.158	0.000
PE-10	0.000	0.000	0.000	0.789	0.211
PE-11	0.000	0.000	0.579	0.579	0.000
PE-12	0.000	0.000	0.526	0.421	0.053
PE-13	0.000	0.000	0.467	0.533	0.000

2.3 不同菌株生产性能的综合评判 度、子实体密度和菌柄直径进行综合评判,确定其在
对各菌株的生物学效率、生产周期、子实体长 生产上的应用价值,评定标准见表 7。

表 7 杏鲍菇 5 个指标的评定标准级别

Table 7 Evaluation of *P. eryngii* standard 5-level

指 标 Target	优良 Excellent	较好 Good	一般 Average	较差 Poor	劣种 Worse
生物学效率/% Biological efficiency	≥90	90~80.01	80.01~69.99	69.99~60	<60
生产周期 Production cycle	0~0.2	0.21~0.4	0.41~0.6	0.61~0.8	0.81~1
子实体长度 Fruit body length	0.81~1	0.61~0.8	0.41~0.6	0.21~0.4	0~0.2
子实体密度 Fruit body density	0.81~1	0.61~0.8	0.41~0.6	0.21~0.4	0~0.2
菌柄直径 Stipe diameter	0.81~1	0.61~0.8	0.41~0.6	0.21~0.4	0~0.2

依据单因素评价矩阵,组成各菌株的综合评价 R 可绘出评判结果,即:
矩阵 R。以 PE-01 为例,有: $V=M \cdot R$

$$R_{PE-01} = \begin{bmatrix} 0.389 & 0.167 & 0.111 & 0.111 & 0.222 \\ 0.056 & 0.500 & 0.111 & 0.333 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.222 & 0.167 & 0.611 \\ 0.000 & 0.055 & 0.111 & 0.779 & 0.055 \\ 0.000 & 0.000 & 0.556 & 0.444 & 0.000 \end{bmatrix}$$

据生产经验绘出各指标的权重系数分别为:生
物学效率 0.500,生产周期 0.200,子实体长度
0.150,子实体密度 0.100,菌柄直径 0.050。由此得
权重系数矩阵: $M=(0.500,0.200,0.150,0.100,$
 $0.050)$ 。依据模糊综合评判原理,由合成运算 $M \cdot$

对于菌株 PE-01 有:
$$V_{(PE-01)} = (0.500,0.200,0.150,0.100,0.050) \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.389 & 0.167 & 0.111 & 0.111 & 0.222 \\ 0.056 & 0.500 & 0.111 & 0.333 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.222 & 0.167 & 0.611 \\ 0.000 & 0.055 & 0.111 & 0.779 & 0.055 \\ 0.000 & 0.000 & 0.556 & 0.444 & 0.000 \end{bmatrix} =$$

$$(0.389,0.200,0.111,0.100,0.222)$$

同法可计算出其他菌株的评判结果:
 $V_{(PE-02)} = (0.062,0.150,0.200,0.312,0.438);$

$V_{(PE-03)}=(0.050,0.100,0.150,0.200,0.500);$
 $V_{(PE-04)}=(0.053,0.150,0.211,0.263,0.500);$
 $V_{(PE-05)}=(0.182,0.200,0.150,0.150,0.500);$
 $V_{(PE-06)}=(0.176,0.196,0.150,0.176,0.176);$
 $V_{(PE-07)}=(0.157,0.316,0.211,0.211,0.105);$
 $V_{(PE-08)}=(0.200,0.200,0.200,0.200,0.467);$
 $V_{(PE-09)}=(0.105,0.200,0.474,0.100,0.053);$
 $V_{(PE-10)}=(0.200,0.200,0.211,0.368,0.421);$

$V_{(PE-11)}=(0.211,0.200,0.316,0.263,0.105);$
 $V_{(PE-12)}=(0.200,0.158,0.210,0.210,0.369);$
 $V_{(PE-13)}=(0.133,0.200,0.200,0.150,0.400)。$

进行归一化处理后,各菌株的综合评价结果见表 8。由表 8 可见,13 个杏鲍菇菌株中,PE-01 为优良菌株,PE-06、PE-07 为较好菌株,PE-09、PE-11 为一般菌株,其他菌株为劣种。

表 8 不同杏鲍菇菌株各级别的评价结果
Table 8 The evaluation results of different strain

菌株 Strain	优良 Excellent	较好 Good	一般 Average	较差 Poor	劣 Worse	评定结果 Result
PE-01	0.380	0.196	0.109	0.098	0.217	优良 Excellent
PE-02	0.053	0.129	0.172	0.269	0.377	劣种 Worse
PE-03	0.050	0.100	0.150	0.200	0.500	劣种 Worse
PE-04	0.045	0.127	0.179	0.224	0.425	劣种 Worse
PE-05	0.154	0.169	0.127	0.127	0.423	劣种 Worse
PE-06	0.181	0.303	0.154	0.184	0.184	较好 Good
PE-07	0.157	0.316	0.211	0.211	0.105	较好 Good
PE-08	0.158	0.158	0.158	0.158	0.368	劣种 Worse
PE-09	0.113	0.215	0.508	0.107	0.057	一般 Average
PE-10	0.143	0.143	0.150	0.263	0.301	劣种 Worse
PE-11	0.193	0.183	0.289	0.240	0.095	一般 Average
PE-12	0.174	0.138	0.183	0.183	0.322	劣种 Worse
PE-13	0.123	0.185	0.185	0.138	0.369	劣种 Worse

3 结论与讨论

1)供试的 13 个杏鲍菇菌株的生产性能差异很大,其中 PE-01 的综合性能最好,为优良菌种,经过反复试验,其平均生物学效率为76.9%,菌丝及子实体生长快,子实体分化早且整齐,便于管理;PE-06、PE-07 为较好的菌种,PE-09、PE-11 为一般菌种,其他 8 株为劣种。表明,在杏鲍菇生产中,对菌株进行筛选是非常重要的。

2)利用模糊综合评判法评价杏鲍菇菌株的生产性能,是建立在对供试菌株多个性状定量分析的基础上的,其计算方法简单,且克服了用单一性状评价品质所产生的弊端^[16],故评价结果有较强的可比性和可靠性。因菌株性状的选取和各性状权重系数的确定对评价结果有较大的影响^[17],所以在应用模糊数学方法进行菌株生产性能评价时,应注意评判因素间权重的分配。权重分配应根据生产实践和市场需求对杏鲍菇形态的要求不断探索和完善,以使评价结果更为准确和客观。

3)本研究筛选的优良菌株是在一定栽培基质及环境条件下得到的,如果栽培基质及环境条件发生变化时,本研究选出的优良菌株不一定适用,因为在杏鲍菇的生活条件发生变化时,不同菌株的表现性

会发生变化。

[参考文献]

[1] 黄年来. 18 种珍稀美味食用菌栽培 [M]. 北京:中国农业出版社,1997.
Huang N L. 18 kinds of rare and delicious edible fungi cultivation [M]. Beijing,China Agriculture Press,1997. (in Chinese)

[2] 郭美英. 珍稀食用菌杏鲍菇生物学特性的研究 [J]. 福建农业学报,1998,13(3):44-49.
Guo M Y. Bilological charaterictics of avaluable mushroom, *Pleurotus eryngii* [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 1998,13(3):44-49. (in Chinese)

[3] 陈士瑜,陈海英. 蕈菌医方集成 [M]. 上海:上海科学技术文献出版社,2000.
Chen S Y, Chen H Y. Collection of mushroom prescriptions [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Lifera-ture Publishing,2000. (in Chinese)

[4] 梁建光,董洪新,张树义. 杏鲍菇菌丝生长营养条件的初步研究 [J]. 食用菌,2006(3):24-26.
Liang J G, Dong H X, Zhang S Y. *Pleurotus eryngii* preliminary study on the growth of nutritional conditions [J]. Edible Fungi,2006(3):24-26. (in Chinese)

[5] 杨 梅,王丽雅,庄跃飞,等. 杏鲍菇多糖的提取及其分离的研究 [J]. 中国食用菌,2005,24(4):38-39.
Yang M, Wang L Y, Zhuang Y F, et al. Studies on the extrac-tion and isolation of *Polysaccharides* from *Pleurotus eryngii*

[J]. Edible Fungi of China, 2005, 24(4): 38-39. (in Chinese)

[6] Mori K, Kobayashi C, Tomita T, et al. Antiatherosclerotic effect of the edible mushrooms *Pleurotus eryngii* (Eringi), *Gri-fola frondosa* (Maitake), and *Hypsizygyus marmoreus* (Bu-nashimeji) in apolipoprotein E-deficient mice [J]. Nutrition Research, 2008, 28(5): 335-342.

[7] Dubost N J, Ou B, Beelman R B. Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity [J]. Food Chemistry, 2007, 105(2): 727-735.

[8] 郭美英. 不同类型杏鲍菇菌株的生产性能研究 [J]. 食用菌, 2001, 23(12): 231-232.

Guo M Y. The production of different types of properties of strains of *Pleurotus eryngi* [J]. Edible Fungi, 2001, 23(12): 231-232. (in Chinese)

[9] Carbonero E R, Gracher A H P, Smiderle F R, et al. A β -glucan from the fruit bodies of edible mushrooms *Pleurotus eryngii* and *Pleurotus ostreatoroseus* [J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 66(2): 252-257.

[10] Ukawa Y, Ito H, Hisamatsu M. Antitumor effects of (1 $\rightarrow$ 3)- β -d-glucan and (1 $\rightarrow$ 6)- β -d-glucan purified from newly cultivated mushroom, hatakesimeji (*Lyophyllum decastes* Sing.) [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000, 90(1): 98-104.

[11] 杨 娟, 郭 倩, 赵京音, 等. 杏鲍菇栽培管理重要环境因子及其控制策略分析 [J]. 安徽农学通报, 2008, 14(23): 110-112.

Yang J, Guo Q, Zhao J Y, et al. *Pleurotus eryngii* cultivation and management of significant environmental factors and control strategy [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2008, 14(23): 110-112. (in Chinese)

[12] 胡宝清. 模糊理论基础 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.

Hu B Q. Fuzzy theory fudation [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2004. (in Chinese)

[13] 钟雪美, 杜双田, 王本成. 不同平菇菌株生产性能的综合评判研究 [J]. 西北农业大学学报, 1990, 18(4): 63-68.

Zhong X M, Du S T, Wang B C. Comprehensive evaluation of production properties of different strains of *Pleurotus ostrea-tus* [J]. Journal of Northwest Agriculture University, 1990, 18(4): 63-68. (in Chinese)

[14] 郑跃玲. 模糊数学在平菇品种选育决策中的应用 [J]. 菌物研究, 2004, 2(2): 38-41.

Zheng Y L. Application of fuzzy mathematics in decision-making of variety selection of *Pleurotus ostreatus* [J]. Journal of Fungal Research, 2004, 2(2): 38-41. (in Chinese)

[15] 杨新美. 中国食用菌栽培学 [M]. 北京: 农业出版社, 1988.

Yang X M. The edible mushroom cultivation in China [M]. Beijing: Agriculture Press, 1988. (in Chinese)

[16] 文建成, 符菊芬, 陈学宽, 等. 甘蔗品种灰色模糊多维综合评估分析 [J]. 中国糖料, 2001(3): 5-8.

Wen J C, Fu J F, Chen X K, et al. Comprehensive evaluation of sugarcane varieties by fuzzy analysis [J]. Sugar Crops of China, 2001(3): 5-8. (in Chinese)

[17] 李杨瑞. 甘蔗 7 个性状对产量的效应 [J]. 福建农学院学报: 自然科学版, 1987, 16(4): 287-292.

Li Y R. The effects of 7 sugarcane charactersto yields [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition, 1987, 16(4): 287-292. (in Chinese)