

食用菌可栽培种类野生种质的评价

张金霞^{1,2}, 黄晨阳^{1,2}, 陈强^{1,2}, 高巍^{1,2}, 郑素月³

(¹中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081;

²中国农业科学院食用菌工程技术研究中心, 北京 100081; ³河北工程大学, 邯郸 056038)

摘要:我国是食用菌野生种质资源丰富的国家, 目前已查明自然分布可栽培野生种质 93 种, 分布于担子菌的 33 个属。我国人工栽培种类近 70 种(变种), 不同规模栽培有 50 种, 商业规模栽培 33 种, 分布于 5 目, 12 科, 18 属。与绿色植物的自养型光合作用合成有机物质相反, 食用菌将植物光合作用合成的有机物质分解, 以体壁吸收方式摄取营养建造自身。这种生理特点的不同, 导致其种质资源评价要求的不同。由于子实体形态相对于绿色植物简单, 且易受环境条件的影响, 常常导致以形态特征为主要依据进行分类鉴定陷入困境。另一方面, 形态相似的多个可栽培近缘种在侧耳(*Pleurotus*)、木耳(*Auricularia*)、蜜环菌(*Armillaria*)等中广泛存在, 完全靠形态特征进行分类鉴定就更加困难。因此, 在食用菌可栽培种类野生种质评价中, ITS 测序等成为获得菌种生物学种的常用鉴定技术。菌种的分离培养中常受到菌落形态相似真菌的污染, RAPD、ISSR 或 ITS 测序等常用来进行菌种符合性鉴定。食用菌孢子传播的特点, 使其分布地理区域广泛, 地理区域的隔离产生种内的个体或群体间的差异, 形成种群的多样性, 常用拮抗反应进行营养亲和群(个体、菌株)的鉴定。不同区域气候和生态条件下的个体, 长期的进化和对环境条件适应性的形成, 导致可栽培利用的特点不同。栽培性状要通过栽培试验进行评价。栽培性状主要包括菌丝长速、温度反应、结实性、丰产性、抗性、商品形态和耐贮藏性等。为了充分利用远缘优势, 对于具可利用栽培性状的种质还需要与栽培菌株间的遗传距离分析, 通常用生物化学和分子生物学方法进行。

关键词:栽培食用菌; 野生种质; 物种鉴定; 符合性鉴定; 栽培试验

Evaluation for Wild Germplasm of Cultivated Mushroom Species

ZHANG Jin-xia^{1,2}, HUANG Cheng-yang^{1,2}, CHEN Qiang^{1,2}, GAO Wei^{1,2}, ZHENG Su-yue³

(¹Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

²Engineering Center for Mushroom Industry, Beijing 100081; ³Hebei University of Engineering, Handan 056038)

Abstract: There are rich in wild germplasm resources of edible mushrooms and cultivable 93 species arise in China, which belong to 33 genera in Basidiomycete. Among them, 70 species were domesticated successfully and 50 species were cultivated in various scale; 33 species were produced commercially, which belong to 5 orders, 12 families, 18 genera. Biosynthesis of edible mushrooms is different from autotrophic green plants which synthesize organic compounds by photosynthesis. And they are heterotrophic organisms which break down the photosynthate of plants and construct themselves by bodies absorption of nourishment penetration. This biosynthesis property results in difference of evaluation methods from green plants for wild edible mushroom germplasm. Compared with green plants, diversities of their fruiting bodies are simple in morphology and they are prone to be changed with influenced of environment conditions. It often results in confusion for the taxonomy identification based on morphology. On the other hand, taxonomy to species is more difficult based on morphology in cultivable mushrooms which have multiple relative species in the same genus, for example, *Pleurotus*, *Auricularia* and *Armillaria*. Therefore, ITS sequencing generally is used to identify biological species for the sample and isolates in the wide germplasm evaluation of cultivable mushrooms. RAPD (random amplified polymorphic DNA), ISSR (inter-simple sequence repeats) and ITS (in-

收稿日期: 2009-03-10

修回日期: 2009-05-20

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(3-27)

作者简介: 张金霞, 研究员, 主要从事食用菌遗传育种及菌种质量检测工作。E-mail: zhangjx1210@yahoo.com.cn

ternal transcribed spacers) sequencing are used as routine tools to identify isolates genuineness because the isolates are usually contaminated by other fungi similar in colony character. The spores spreading with air flow makes mushrooms to distribute in widely geographical region, and it further generates differences among the individuals or population in one species. The difference of available cultivation characters is formed in the long-term evolution with various climate and ecological conditions. Cultivation characters are evaluated in the fruiting test, which are related in growth and temperature reaction for mycelia, fruiting character, yield, resistance, commodity shape and endurance for transportation. In order to take the distant advantages, the genetic distance will be analyzed for the germplasm materials compared with cultivated strains based on the test of biochemical or molecular biology.

Key words: Cultivated mushroom; Wild germplasm; Specific identification; Genuineness verification; Fruiting test

据统计,目前全世界已知的大型真菌种类估计有14000种,其中7000种存在不同程度的可食用性^[1],多数为共生菌类,不可人工栽培,可栽培的种类有200余种^[2]。我国是世界食用菌栽培种类最多,产量最高的国家,初步统计,人工栽培种类近70种(变种),不同规模栽培有50种^[3],商业规模栽培33种,年产100万t以上的大宗栽培种有平菇(*Pleurotus* spp.)、香菇(*Lentinula edodes*)、双孢蘑菇(*Agaricus bisporus*)、黑木耳(*Auricularia auricula*)、金针菇(*Flammulina velutipes*)和毛木耳(*Auricularia polytricha*)6种(类)。

我国是世界生物多样性丰富的国家之一,也是气象和生态环境多样的国家,蕴藏着丰富的食用菌种质资源,为我国食用菌产业的持续发展提供了必需的生物资源基础。目前已知我国分布可栽培食用菌93种^[4]。在我国,食用菌是一大类重要的园艺作物,与发达国家不同的是我国食用菌一直主要以农业生产方式在各类园艺设施中栽培。商业规模栽培的33种分属于5目,12科,18属。食用菌子实体形态的多样性远没有植物那样丰富,在自然界发生和存活时间短,其形态受环境影响大,因此,食用菌野生种质评价的技术要求与绿色作物有着诸多的不同。食用菌可栽培种类野生种质的评价主要包括生物学种的鉴定、营养亲和群(个体、菌株)的鉴定、栽培性状(菌丝长速、温度反应、结实性、丰产性、抗性、商品形态、耐贮运性等)和与栽培菌株间遗传距离分析等4个方面。

1 生物学种的鉴定

目前已知的人工栽培种类分布在33个属中^[5],其中有相当多的属中有着多个近缘栽培种,如侧耳属(*Pleurotus*)中至少有10种可以商业栽培,其中形态相近的近缘种有4个^[6],木耳属(*Auricularia*)也

是含有多个可栽培种的属,其中黑木耳和琥珀黄木耳(*Auricularia fuscusuccinea*)形态相近^[7],蜜环菌(*Armillaria mellea*)与假蜜环菌(*Armillaria tabescens*)子实体形态极其相似。因此,食用菌野生种质评价的第一步,是样本分类地位和生物学种的鉴定,物种的准确鉴定是有效利用的重要基础。这需要野外考察经验、分类学知识、菌种分离纯化技术和分子生物学技术,应按照以下规范程序进行。

1.1 完整的采集记录与标本的良好制作和保存

采集记录和标本的良好制作与保存,是食用菌种质资源研究利用的关键环节,关系到日后全部数据的准确与否,是种质评价数据可靠性检验的唯一参照样本。采集记录应该包括采集时间、海拔、生态环境、发生基质(宿主)、发生方式、形态特征、采集人、标本编号等。采集到的标本应及时风干,有条件的可冻干,效果将更好,利于日后的遗传学研究和分析。干燥后置于低温干燥的条件下保存。食用菌子实体富含多糖的特点,使其极易吸潮而变软、长霉、招致虫蛀。因此,保存期间需要特别注意防潮,标本保存场所的大气相对湿度应保持在30%以下。为了防霉防虫,可以定期进行冷冻。

1.2 分类学鉴定

分类学鉴定是一项非常复杂而重要的工作,对于分类学比较明确和熟悉的种类,如黑木耳、香菇、银耳等,分类学鉴定并不难,根据经验就可判断鉴定,对于属内具有形态学相近的两个以上种的样本,鉴定则相对复杂和困难,除了对生态环境、子实体外观形态和微观形态进行观察鉴定外,还需要系统分类学的知识和技术。当获得的样本应用常规技术和方法不能鉴定鉴别时,常常进行ITS序列分析,与标准菌株进行序列比对。为了鉴定的准确,ITS序列分析应采用克隆测序。ITS是核糖体DNA基因的内部转录间隔区,进化较快,常常用于属内种间系统

发育研究^[8-11]。Álvarez等^[12]调查了5年发表的关于植物属或属以下水平系统发育的论文,其中66%的文章应用了ITS序列进行系统发育分析和物种鉴定,其中34%的文章是完全建立在单独的ITS序列分析的基础之上。

1.3 菌种分离、纯化和培养

目前可栽培的食用菌均属于腐生类型,可以通过无菌操作进行子实体组织、基质和孢子的分离培养,并对分离物及时纯化、去除污染,获得纯培养物。一般说来,继代培养3~4次即可获得稳定的纯培养物。

组织分离法因操作简便,分离物获得的是营养体(多为双核菌丝),遗传学特性稳定,保持了野生种质的固有性状,是最为便于利用的材料,也是食用菌菌种分离最为常用的方法。样本离开基质时间越短,获得菌种的几率越高。因此,最好在样本采集地就地分离。

当子实体不适于组织分离、并有一定量孢子的情况下,常采取孢子分离。孢子分离中要特别注意仔细清除表面脏物并消毒,尽可能地减少附着在材料表面的微生物的沉落,减少污染。可以切取带有菌褶的菌盖直接进行孢子弹射,也可以切取菌褶用无菌水制备孢子液,在适宜的条件下促使孢子萌发形成菌丝获得菌种。孢子分离法可获得单孢培养物,也可获得多孢培养物。单孢培养物常通过具亲和性的个体间的配对双核化,形成生长快便于操作使用的双核菌丝再进行评价。由于担子菌的孢子萌发慢于细菌和霉菌,特别是单孢子的萌发更慢,因此,培养基中常加入一定浓度的抗生素以抑制细菌的繁殖,培养过程中每天早、晚两次观察,以及及时剔除霉菌菌落。

当子实体组织状态不适合分离菌种时,就需要进行基质分离,基质分离时需要注意3点,一是要选取子实体正下方的基质;二是选取时仔细观察,要基质色泽一致,这种一致是确保获得目的菌种的唯一可资鉴别的特征;三是基质取回后自然风干2~3d,这样可以有效地减少分离物细菌的污染。

1.4 菌种的符合性鉴定

分离物培养后,需要进行物种的符合性鉴定,即需要鉴定培养物是否与样本相同。相对于干燥、健壮、无病虫害侵袭的子实体组织分离物一般在培养中没有污染发生,容易获得纯菌种。但是,当样本含水量较高或有病虫害侵袭时,分离物培养时常会有其他生物的滋生,特别还会有一些菌丝外观形态与食用

菌相似的真菌的生长,肉眼难以鉴定培养物是否是分离样本的纯培养。在这种情况下需要应用分子生物学的手段进行菌种的符合性鉴定。常用的方法是提取DNA,以子实体样本DNA作为对照,进行RAPD、ISSR或ITS序列分析,进行比对。若二者完全相同即表明分离物正确,未被杂菌污染;若二者不同,则表明分离物不是分离样本的菌种,而是污染物。

2 营养亲和群(个体、菌株)鉴定

营养亲和群(vegetative compatible group, VCG)鉴定常应用拮抗反应方法进行,多数种类采用PDA培养基和天然基质两种培养基同时进行。使用PDA培养基鉴定时,将鉴定材料相距1.5~2cm接种于平板上,置于适温培养至菌落相交后4~7d,再置于光照下培养1周,使用天然基质培养时,使用两端可接种的粗玻管,两端接种后培养至菌落相交后4~7d,再置于光照下培养1周,观察拮抗反应的有无。

组织分离和基质分离获得的是食用菌的营养体——菌丝体,由众多的双核菌丝细胞组成,是多细胞的群体。来自同一样本或相同菌株的菌丝体每个细胞遗传基因完全相同,它们彼此亲和,交织形成网状结构,体内物质可以充分交流和融合^[13],成为一个VCG,同一VCG在同一空间内生长,可生长成为一个整体——菌落(colony),不出现拮抗反应。

一般认为,完全相同的两个菌株一定是相互亲和的^[13-14],可能遗传学上完全相同,属于同一个VCG,即同一个菌株,也可能有遗传差异^[15],但同源性很强,如菌落形态、同工酶图谱、交配型因子和DNA指纹图谱都证明了这一点^[16-20]。除此之外,在VCG鉴定中,由于拮抗反应的多基因控制和非拮抗基因差异造成的亲和菌株间的遗传差异,还常出现营养亲和的菌株之间遗传关系的不确定性,即亲和性的不传递性,如A与B和C都亲和,但B和C不亲和^[21]。

不同的VCG即不同菌株,则不能在同一空间生长,并产生排斥异己的拮抗反应。真菌的这种体细胞不亲和性是由其遗传关系决定的,不亲和的两个菌株间一定存在遗传差异。不同种类的不同VCG之间的拮抗反应形态不完全相同。遗传差异的不同,也导致拮抗反应的程度不同,遗传差异越大,不亲和反应越强烈^[22]。因此,拮抗反应的有无常作为异宗结合种类的种内菌株鉴别的重要标志^[23-24]。

在食用菌育种中,营养亲和群的不同是杂交育种亲本选择的必须条件。食用菌孢子传播的广泛性和异宗结合的普遍性,导致遗传差异的产生和样本之间的不亲和;营养体在基质上的蔓延和无性孢子的传播,导致同一 VCG 的扩大和样本之间的亲和。因此,对样本之间、获得样本与已有菌种之间的营养亲和群鉴定至关重要,成为野生种质评价必不可少的程序。

3 栽培性状评价

农业上对食用菌的利用主要是其可栽培形成子实体的特性,因此,栽培性状成为野生种质重要的评价内容。实际上,未经遗传改良的野生种质,具备良好综合农艺性状的几率很低。但是,对其相关栽培性状进行系统评价可以提高野生种质资源的利用率。栽培性状主要包括菌丝长速、温度反应、结实性、丰产性、抗性、商品形态、耐贮运性(质地、柔韧或脆)等。除菌丝长速和温度反应外,完全以栽培试验方法进行。

菌丝生长速度反映了菌种的养分分解和吸收能力,食用菌子实体的产生是以菌丝的大量生长和养分积累为基础的,一个优良的栽培菌株必然在栽培基质上有较快的菌丝生长速度。因此,菌丝生长速度是各种食用菌菌种质量的重要生物学指标^[25]。研究表明,食用菌的菌丝生长速度属于数量性状,与同为数量性状的子实体的丰产性密切相关^[25]。因此,对于野生种质的可利用性评价首先从菌丝生长速度做起。菌丝生长速度分别应用 Difco™ PDA 培养基和天然基质培养基测定,多数种类的测定温度在 24~30℃ 之间。值得注意的是,食用菌不同种类在营养要求上有差异,由于 PDA 培养基营养成分的局限性,在 PDA 培养基和在天然基质上的生长速度常出现较大差异,这种差异在阿魏侧耳(*Pleurotus eryngii* var. *ferulae*)、白灵侧耳(*Pleurotus nebrodensis*)和猴头(*Hericium erinaceus*)等种类中特别突出。因此,对于野生食用菌种质的评价仅测定在 PDA 培养基上的长速是远远不够的,还必须进行天然基质上长速的测试。

研究表明,菌丝体的耐高温性状也与丰产性密切相关^[26]。因此,菌丝生长的适宜温度和耐高温性测试是栽培性状评价的又一重要内容。一般说来,菌丝生长适宜温度高的菌株丰产性较好^[17]。对金针菇生产的菌丝生长适宜温度研究表明,产量较高的黄色菌株适宜生长温度较高,在 18℃ 左右;而产

量较低的白色菌株适宜生长温度较低,仅 14℃。菌丝体生长的耐高温测试多数种类以 35℃ 为起点进行^[28]。本试验室测试表明,糙皮侧耳(*Pleurotus ostreatus*)的优良品种可以耐受 42℃ 一周,而有的品种在 42℃ 条件下 3d 即死亡。

菌丝生长速度和温度反应之外的栽培性状,完全靠栽培试验进行评价。在菌丝生长速度和温度反应符合栽培条件要求的基础上,为了节约成本,常先在完全控制条件下,使用 300~400ml 的玻璃瓶或小塑料袋进行微型栽培,对结实性、丰产性、抗性、商品形态、耐贮运性(质地、柔韧或脆)等进行鉴定和评价。对于微型栽培中表现理想性状的个体再行生产环境条件下栽培,进行与栽培利用有关的发菌期、发菌温度、子实体形成和分化温度、温差需求、子实体形态和质地等全面的观测和评价。

4 野生菌株与栽培菌株之间的遗传距离测定

从遗传上,距离越远杂交优势将越显著。因此,在完成栽培性状评价后,对于具有可利用价值的菌株,应进行与栽培菌株的遗传距离测定,常用的方法有以生化特性为依据的同工酶谱分析^[29,30]、基于分子生物学的限制性片段长度多态性(RFLP)^[31-32]、随机扩增多态性 DNA(RAPD)^[33-34]、扩增片段长度多态性(AFLP)^[35-36]、微卫星(SSR)、简单序列重复区间(ISSR)^[37,38]等。分析方法有距离法、最大简约法和最大似然法。相关软件有 PHYLIP、PAUP、fast-DNAml、MACCLADE、MEGA、MOLPHY 和 PAML 等。

参考文献

- [1] Hawksworth D L. Mushrooms: the extent of the unexplored potential [J]. *Int J Med Mush*, 2001, 3(4): 333-337
- [2] 吕作舟. 食用菌栽培学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006
- [3] 黄年来. 我国食用菌产业的现状与未来 [J]. *中国食用菌*, 2000, 19(4): 3-5
- [4] 卯晓岚. 中国大型真菌 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000
- [5] 工建瑞, 图力古尔. 近 20 年我国野生食用菌引种驯化概况 [J]. *中国食用菌*, 2006, 25(1): 8-11
- [6] 郑素月, 张金霞, 王贺祥, 等. 我国栽培平菇近缘种的多相分类 [J]. *中国食用菌*, 2003, 22(3): 3-6
- [7] Lowy B. A morphological basis for classifying the species of *Auricularia* [J]. *Mycologia*, 1958, 43(3): 351-358
- [8] Hibbett D S, Fukunaga N Y, Tsuneda A, et al. Phylogenetic diversity in shiitake inferred from nuclear ribosomal DNA sequences [J]. *Mycologia*, 1995, 87: 618-638
- [9] Bunyard B A, Chaichuchote S, Nicholson M S. Ribosomal DNA analysis for resolution of genotypic classes of *Pleurotus* [J]. *Mycol Res*, 1996, 100: 143-150
- [10] 李雪玲. 贝盖侧耳的系统发育地位——基于 rDNA-LSU 和 ITS 序列分析的研究 [J]. *北京林业大学学报*, 2005, 27:

- 67-71
- [11] 郑和斌. 核 rDNA ITS 序列在侧耳属分子分类学上的应用 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2005
- [12] Alvarez I, Wendel J F. Ribosomal ITS sequences and plant phylogenetic inference [J]. *Mol Phylogenet Evol*, 2003, 29 (3): 417-434
- [13] Hickey P C, Jacobson D J, Head N D, et al. Live-cell imaging of vegetative hyphal fusion in *Neurospora crassa* [J]. *Fungal Genet Biol*, 2002, 37: 109-119
- [14] Dowson C G, Rayner D M, Boddy L. Spatial dynamics and interactions of the woodland fairy ring fungus, *Gliocybe nebularis* [J]. *New Phytol*, 1989, 111: 699-705
- [15] Stenlid J, Vasiliunas R. Genetic diversity within and among vegetative compatibility groups of *Stereum sanguinolentum* determined by arbitrary primed PCR [J]. *Mol Ecol*, 1998, 7: 1265-1274
- [16] Barrett D K, Uecuplic M. The field distribution of interacting strains of *Polyporus schweiniisii* and their origin [J]. *New Phytol*, 1971, 70: 581-598
- [17] Kay E, Vilgalye R. Spatial distribution and genetic relationships among individuals in a natural population of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* [J]. *Mycologia*, 1992, 84: 173-182
- [18] Diana F, Komi A, Marie-Pierre D, et al. Molecular characterization of races and vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum* f. sp. *vauiifecum* [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1994, 60: 4039-4046
- [19] Falk S P, Parbery D G. *Armillaria luteobubalina* population structure in horticultural plantings in Victoria, Australia [J]. *Mycol Res*, 1995, 99: 216-220
- [20] Rizzo D M, Rentmeester R M, Burdell H H. Sexuality and somatic incompatibility in *Phellinus gilvus* [J]. *Mycologia*, 1995, 87: 805-820
- [21] Jacobson K M, Miller O K, Turner B J. Randomly amplified polymorphic DNA markers are superior to somatic incompatibility tests for discriminating genotypes in natural populations of the ectomycorrhizal fungus *Suillus granulatus* [J]. *PNAS*, 1993, 90: 9159-9163
- [22] Coates D, Rayner A D M, Todd N K. Mating behaviour, mycelial antagonism and the establishment of individuals in *Stereum hirsutum* [J]. *Trans Br Mycol Soc*, 1981, 76: 41-51
- [23] Chiu S W, Wang Z M, Chiu W T, et al. An integrated study of individualism in *Lentinula edodes* in nature and its implication for cultivation strategy [J]. *Mycol Res*, 1999, 103: 651-660
- [24] 陈强, 李翠新, 李解平, 等. 真菌营养亲和研究进展 [J]. 食用菌学报, 2007, 14(1): 73-77
- [25] Larraya L M, Pérez G, Ritte E, et al. Genetic linkage map of the edible basidiomycete *Pleurotus ostreatus* [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2000, 66(12): 5290-5300
- [26] Larraya L M, Alfonso M, Pisabarro A G, et al. Mapping of genomic regions (quantitative trait loci) controlling production and quality in industrial cultures of the edible basidiomycete *Pleurotus ostreatus* [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2003, 69(6): 3617-3625
- [27] 张金霞, 左雪梅. 食用菌菌种结实性和产量性状早期鉴定的初步研究 [J]. 食用菌学报, 1996, 3(4): 30-34
- [28] 杨新英. 中国食用菌栽培学 [M]. 北京: 农业出版社, 1987
- [29] Royse D J, May B. Identification of shiitake genotypes by multilocus enzyme electrophoresis, catalog of lines [J]. *Biochem Genet*, 1987, 25: 705-717
- [30] Zervakis G, Sourdis J, Ralis C. Genetic variability and systematics of eleven *Pleurotus* species based on isozyme analysis [J]. *Mycol Res*, 1994, 98(3): 329-341
- [31] Kulkarni R K. DNA polymorphisms in *Lentinula edodes*, the shiitake mushroom [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1991, 57(6): 1735-1739
- [32] Tracabal B, Zervakis G, Lahavère J. Molecular systematics of the genus *Pleurotus*; analysis of restriction polymorphisms in ribosomal DNA [J]. *Microbiology*, 1995, 141: 1479-1490
- [33] Chiu S W, Ma A M, Lin F C, et al. Genetic homogeneity of cultivated strains of shiitake (*Lentinula edodes*) used in China as revealed by the polymerase chain reaction [J]. *Mycol Res*, 1996, 100: 1393-1399
- [34] Zervakis G I, Venturella G, Papadopoulou K. Genetic polymorphism and taxonomic infrastructure of the *Pleurotus eryngii* species-complex determined by RAPD analysis isozyme profiles and ecogeographical characters [J]. *Microbiology*, 2001, 147: 3183-3194
- [35] 孟宁, 蒋昌顺, 廖向陶, 等. 糙皮侧耳 (*Pleurotus ostreatus*) AFLP 指纹图谱分析 [J]. 遗传学报, 2003, 30(12): 1140-1146
- [36] Terashima K, Matsumoto T, Hasebe K. Genetic diversity and strain-typing in cultivated strains of *Lentinula edodes* (the shiitake mushroom) in Japan by AFLP analysis [J]. *Mycol Res*, 2002, 106: 34-39
- [37] 张金霞, 黄展阳, 管桂祥, 等. 白黄侧耳 (*Pleurotus cornucopiae*) 微卫星间区 (ISSR) 分析 [J]. 菌物学报, 2007, 26(1): 115-121
- [38] Zhang R Y, Huang C Y, Zheng S Y, et al. Strain-typing of *Lentinula edodes* in China with inter simple sequence repeat markers [J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2007, 74(1): 140-145

食用菌可栽培种类野生种质的评价

作者: [张金霞](#), [黄晨阳](#), [陈强](#), [高巍](#), [郑素月](#), [ZHANG Jin-xia](#), [HUANG Chen-yang](#), [CHEN Qiang](#), [GAO Wei](#), [ZHENG Su-yue](#)

作者单位: [张金霞,黄晨阳,陈强,高巍,ZHANG Jin-xia,HUANG Chen-yang,CHEN Qiang,GAO Wei\(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所,北京,100081;中国农业科学院食用菌工程技术研究中心,北京,100081\)](#), [郑素月,ZHENG Su-yue\(河北工程大学,邯郸,056038\)](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) **ISTIC|PKU**

英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)

年,卷(期): 2010,11(2)

参考文献(38条)

1. [郑和斌](#) [核rDNA ITS序列在侧耳属分子分类学上的应用](#) 2005
2. [Zhang R Y;Huang C Y;Zheng S Y](#) [Strain-typing of Lentinula edodes in China with inter simple sequence repeat markers](#)[外文期刊] 2007(01)
3. [张金霞;左雪梅](#) [食用菌菌种结实性和产量性状早期鉴定的初步研究](#)[期刊论文]-[食用菌学报](#) 1996(04)
4. [Larraya L M;Alfonso M;Pisabarro A G](#) [Mapping of genomic regions\(quantitative trait loci\)controlling production and quality in industrial cultures of the edible basidiomycete Pleurotus ostreatus](#) 2003(06)
5. [Larraya L M;Pérez G;Ritte E](#) [Genetic linkage map of the edible basidiomycete Pleurotus ostreatus](#)[外文期刊] 2000(12)
6. [陈强;李翠新;李辉平](#) [真菌营养不亲和研究进展](#)[期刊论文]-[食用菌学报](#) 2007(01)
7. [黄年来](#) [我国食用菌产业的现状与未来](#)[期刊论文]-[中国食用菌](#) 2000(04)
8. [Hickey P C;Jacobson D J;Read N D](#) [Live-cell imaging of vegetative hyphal fusion in Neurospora crassa](#) 2002
9. [Alvarez I;Wendel J F](#) [Ribosomal ITS sequences and plant phylogenetic inference](#)[外文期刊] 2003(03)
10. [Bunyard B A;Chaichuchote S;Nicholson M S](#) [Ribosomal DNA analysis for resolution of genotypic classes of Pleurotus](#)[外文期刊] 1996(2)
11. [Hibbett D s;Fukumasa N Y;Tsuneda A](#) [Phylogenetic diversity in shiitake inferred from nuclear ribosomal DNA sequences](#)[外文期刊] 1995(5)
12. [Lowy B A](#) [A morphological basis for classifying the species of Auricularia](#)[外文期刊] 1958(03)
13. [郑素月;张金霞;王贺祥](#) [我国栽培平菇近缘种的多相分类](#)[期刊论文]-[中国食用菌](#) 2003(03)
14. [王建瑞;图力古尔](#) [近20年我国野生食用菌引种驯化概况](#)[期刊论文]-[中国食用菌](#) 2006(01)
15. [卯晓岚](#) [中国大型真菌](#) 2000
16. [张金霞;黄晨阳;管桂萍](#) [白黄侧耳\(Pleurotus cornucopiae\)微卫星间区\(ISSR\)分析](#)[期刊论文]-[菌物学报](#) 2007(01)
17. [Terashima K;Matsumoto T;Hasebe K](#) [Genetic diversity and strainotyping in cultivated strains of Lentinula edodes\(the shiitake mushroom\)in Japan by AFLP analysis](#) 2002
18. [孟宁;蒋昌顺;廖问陶](#) [糙皮侧耳\(Pleurotus ostreatus\)AFLP指纹图谱分析](#)[期刊论文]-[遗传学报](#) 2003(12)
19. [Zervakis G I;Venturella G;Papadopoulou K](#) [Genetic polymorphism and taxonomic infrastructure of the Pleurotus eryngii species-com-plex determined by RAPD analysis isozyme profiles and ecomorphological characters](#) 2001

20. Chin S W;Ma A M;Lin F C Genetic homogeneity of cultivated strains of shiitake(Lentinula edodes)used in China as revealed by the polymerase chain reaction 1996
21. Irscabal B;Zervakis G;Labar(e)re J Molecular systematics of the genus Pleurotus:analysis of restriction polymorphisms in ribosomal DNA 1995
22. Kulkarni R K DNA polymorphisms in Lentinula edodes, the shiitake mushroom 1991(06)
23. Zervakis G;Sourdis J;Balis C Genetic variability and systematics of eleven Pleurotus species based on isozyme analysis 1994(03)
24. Royse D J;May B Identification of shiitake genotypes by multilocus enzyme electrophoresis:catalog of lines 1987
25. 杨新美 中国食用菌栽培学 1987
26. 吕作舟 食用菌栽培学 2006
27. Chiu S W;Wang Z M;Chin W T An integrated study of individualism in Lentinula edodes in nature and its implication for cultivation strategy[外文期刊] 1999(6)
28. Coates D;Rayner A D M;Todd N K Mating behaviour,mycelial antagonism and the establishment of individuals in Stereum hirsutum 1981
29. Jacobson K M;Miller O K;Turner B J Randomly amplified polymorphic DNA markers are superior to somatic incompatibility tests for discriminating genotypes in natural populations of the ectomycorrhizal fungus Suillus granulatus 1993
30. Rizzo D M;Rentmeester R M;Burdshall H H Sexuality and somatic incompatibility in Phellinus gilvus [外文期刊] 1995(6)
31. Falk S P;Parbery D G Armillaria luteobubalina population structure in horticultural plantings in Victoria, Australia 1995
32. Diana F;Komi A;Marie-Pierre D Molecular characterization of races and vegetative compatibility groups in Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum 1994
33. Kay E;Vilgalys R Spatial distribution and genetic relationships among individuals in a natural population of the oyster mushroom Pleurotus ostreatus[外文期刊] 1992
34. Barrett D K;Uscuplic M The field distribution of interacting strains of Polyporus schweinitzii and their origin[外文期刊] 1971
35. Stenlid J;Vasiliasaks R Genetic diversity within and among vegetative compatibility groups of Stereum sanguinolentum determined by arbitrary primed PCR 1998
36. Dowson C G;Rayner D M;Boddy L Spatial dynamics and interactions of the woodland rarity ring fungus, Clivocybe nebduis[外文期刊] 1989
37. 李雪玲 贝盖侧耳的系统发育地位--基于nrDNA-LSU和ITS序列分析的研究[期刊论文]-北京林业大学学报 2005(3)
38. Hawksworth D L Mushrooms:the extent of the unexplored potential 2001(04)