

我国食用菌研究进展和发展方向

郑林用, 谭伟, 彭卫红, 甘炳成

(四川省农业科学院土肥所, 四川 成都 610066)

摘 要:总结了我国科技工作者在食用菌种质资源、育种、栽培和加工技术等方面取得的研究进展, 提出我国食用菌的发展方向: 加强生物技术育种研究和应用、重视野生食用菌的人工驯化栽培研究、加强生物多样性保护力度、快速推进精深加工技术及其产业化研究、加强质量标准和检测体系建设。

关键词:食用菌; 研究进展; 发展方向

中图分类号: S646

文献标识码: A

1 我国食用菌研究进展

1.1 食用菌种质资源状况

自然界约有食用菌 2 000 种, 估计我国至少可达 1 500 种或接近 2 000 种。据统计: 我国食用菌已知种 938 个, 隶属于 166 属, 54 科, 14 目^[1]。

在我国已知食用菌中, 约 90 多种可培养出子实体, 其中 40 余种可大量生产, 具有商业开发价值; 还有 10 来种不能形成子实体, 可借菌丝体发酵培养^[2-3]。

1.2 食用菌育种研究现状

1980 年代中期, 我国开始了全面的食用菌育种技术研究, 育种研究人员不断增加, 育种技术突飞猛进, 新品种层出不穷。

食用菌的原生质体融合技术, 既有综合不同食用菌遗传信息的重组作用, 又有剖析基因组基因、转移外源基因的分析作用^[4]。该技术在食用菌领域的应用, 已得到了少数种间甚至属间、科间的融合子^[5,6]。原生质体单核化是同宗和异宗结合蕈菌的普遍现象。在异宗结合及同宗结合的蕈菌中, 利用该技术成功地获得了单核体并进行了杂交实验^[7]。蕈菌原生质体再生单核菌丝交配型分析和杂交育种

研究已取得了较好的进展。

我国食用菌基因工程育种有了良好的开端。Peng 等利用对 HygromycinB 的选择抗性构建了一种用于平菇的转化系统。该系统的建立对改良侧耳属品种, 提高其营养价值极为有用^[8]。陈美元等构建了双孢蘑菇 A41 基因组文库,^[9]陈明杰等用 mRNA 差别显示技术分离到 70 个草菇低温诱导 DNA 片段。^[10]食用真菌中基因的成功分离为食用分子育种奠定了理论基础。目前, 食用真菌遗传转化系统虽然在少数食用菌品种中已初步建立, 但这些转化系统普遍存在着转化效率低的问题。

在对主要栽培种类进行优良品种选育的同时, 珍稀种类人工驯化育种工种取得了重大进展, 先后成功驯化栽培杨树菇、灰树花、长根菇、榆耳、金耳、鸡腿菇、真姬菇、阿魏菇、白阿魏菇、桃红平菇、雷蘑等品种。经过我院科技作者的试验证明: 花脸香菇、紫丁香蘑可以实现人工栽培; 四川省林科院有望在 2~3 年内实现羊肚菌的人工栽培。

1.3 食用菌栽培技术研究

我国从事现代栽培技术研究始于 20 世纪 50 年代。1962 年, 我国在国际上首先人工驯化栽培猴头和银耳取得成功。1970 年代初, 木耳、香菇、银耳的纯菌种生产的制种技术获得突破, 并广泛用于栽

收稿日期(Received date): 2003-10-16; 改回日期(Accepted): 2004-03-10。

基金项目(Foundation item): 国家“十五”科技攻关项目(Supported by China's National Key Technologies Research and Development Program in the 10th Five-year Plan): 攀西地区特色生物资源综合开发与示范(2001BA901A40)资助。[The Characteristic Bio-resource Comprehensive Exploitation and It's Demonstration in Panxi Area(Code: 2001BA901A40).]

作者简介(Biography): 郑林用(1965-), 男, 研究员, 四川省学术技术带头人, 主要从事食用菌育种和栽培技术研究。[Zheng Linyong (1965-), Male, Professor, Leader of Sichuan Province in Academic Research and Technology, Research area: Edible Mushroom Breeding and Cultivation Technology. E-mail: zly6559@tom.com.]

培^[11]。1970年代中期,我国发明了香菇代料栽培技术,引进、消化吸收和推广了双孢蘑菇堆料二次发酵技术。1980年代实现了平菇、凤尾菇、滑菇、金针菇、毛木耳的代料栽培。随后,我国食用菌栽培技术步入了快速发展时期,先后在灰树花、鸡腿菇、杨树菇、长根菇等10余个品种的人工栽培技术上获得成功,极大地丰富了人工栽培食用菌的种类,使我国食用菌的总产量得到迅速上升^[12]。从1994年起至今,中国一直是世界食用菌生产大国,2001年,我国食用菌总产量 663×10^4 t(图1),占世界总产量的65%;食用菌总产值227亿元,仅次于粮、棉、油、果、菜,在种植业中居第六位,食用菌已成为农业经济中的一项支柱产业;全国共有菇农1500万人,种植食用菌在农业产业结构调整和农民增收方面发挥了重要作用。

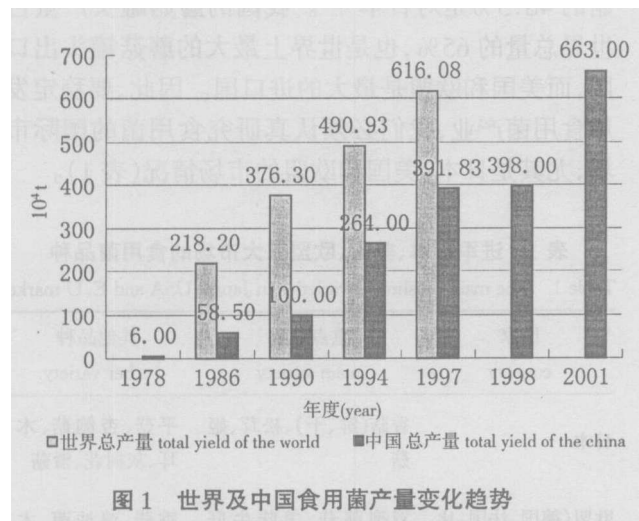


图1 世界及中国食用菌产量变化趋势

Fig.1 The tendency of mushroom yield change in China and the world

1.4 我国食用菌加工现状

我国大多数食用菌加工已基本淘汰原始的加工形式,步入了机械加工和容器加工的阶段,主要加工形式是机械热风干燥,冷藏保鲜,浸渍和制罐加工。

鲜品是国内市场食用菌产品的最主要流通形式,干品、腌制品、罐头是我国食用菌在国际市场的主要商品形式。绝大多数食用菌均可干制保存,尤以香菇、耳类为主。腌制品包括:盐液腌制和醋酸腌制,主要品种有蘑菇、平菇等。罐头包括硬质罐容器包装和各种软包装,主要以双孢蘑菇、草菇、银耳为主。深加工食品以各种速食和调味品为主,如:香菇脯、冰花银耳、茯苓糕、食用菌蜜饯、蘑菇酱油等^[13]。

食用菌保健品主要以各种食用保健饮料、冲剂、胶囊和保健酒为主,如虫草冲剂、灰树花保健胶囊、

灵芝保健酒等约40种,利用食用菌多糖、抗生素等物质生产的食用菌新药已有近50种,如云芝糖肽、香菇多糖(针剂、片剂等)^[14]。

2 我国食用菌研究的发展方向

2.1 重视野生食用菌的人工驯化栽培技术研究

我国食药菌资源丰富^[15],松茸、块菌、牛肝菌、羊肚菌等是我国重要的出口食用菌产品。一方面,我们要重视野生资源的收集和整理,为驯化栽培作好材料准备,另一方面,要加强部分重点品种的生物学特性的研究^[16],为野生食用菌的产业化开发,转资源优势为经济优势奠定坚实的技术基础。

2.2 加大食用菌生物多样性保护力度

我国东北和西南林区是松口蘑的两大自然分布区,由于掠夺性采挖,使资源严重破坏。全世界冬虫夏草仅产于青藏高原地区的高山草甸或高山灌丛带,其自然产量明显减少。因此,必须加大我国野生食用菌资源的保护力度。

1. 科技工作者深入产区调查,提出具体的可操作性措施。

2. 向国家濒危物种进出口管理部门提出建议,采取限制出口量措施来保护物种资源。据悉,松口蘑将被列为国家二级保护物种。

3. 加快地方性立法保护濒危食用菌野生资源的步伐,实施类似“休渔期”的休菌办法,采取限量采集超量高税等行政措施。

2.3 加强食用菌精深加工技术研究和产业化步伐

2.3.1 开发新的抗菌素药物

食用菌中约有2000多种可以产生抗菌素。过去,抗生素主要从放线菌中筛选,近年来,各国学者把目标投向了担子菌,主要从食用菌中筛选,如:黑毛桩菇的桩菇菌素,香菇的香菇菌素,金针菇的火菇菌素,蜜环菌的蜜环菌甲素、乙素等^[17]。

2.3.2 开发抗肿瘤药物

食用菌中有150多个种具有抗癌活性。比较典型的有:姬松茸、猪苓、茯苓、冬虫夏草、灵芝、金针菇、香菇、滑菇、灰树花、猴头、松茸。这些菌类中的多糖体都有很高的抗癌活性。

2.3.3 发展食用菌保健品工业

近20年来,保健食品工业方兴未艾,2000年销售额为50~60亿美元。进入20世纪90年代以来,美国已有15000种以上保健品进入市场销售,2000

年产值达到 14 亿美元(图 2)。

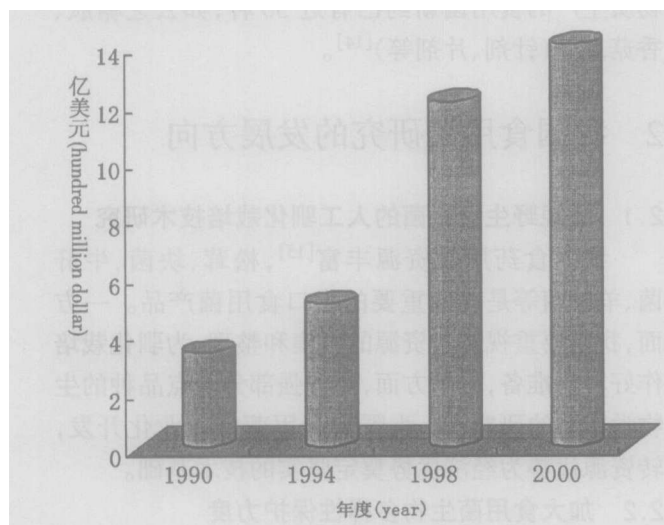


图 2 美国保健品年销售额

Fig.2 Total sales per year of health products in USA

到 1994 年,我国保健品超过 3 000 种,年产值 300 亿元。2000 年我国保健食品产值已突破 500 亿元。因此,开发食用菌保健食品,是一项市场前景十分光明的事业。

2.3.4 开发高效低毒或无毒的生物农药

据报道,双孢蘑菇、蜜环菌、牛肝菌等数十种菌类的提取物,对烟草花叶病毒、黄瓜花叶病毒有很好的杀灭作用。从鹅膏科毒菌中提出的毒蝇碱,对于苍蝇、蚊虫等害虫的杀灭效果好,也不会产生残留。蛤蟆菌、黄斑蘑菇具有抑制有害细菌、放线菌、真菌的作用,日本已经开发出毒蝇母(异鹅膏胺)的一种衍生物,用作杀虫剂。贺新生等研究表明:毒鹅膏菌、春生鹅膏菌所含的毒肽、毒伞肽,可以杀死红蜘蛛。

2.4 加强质量标准体系和检验检测体系建设

2.4.1 强化食用菌标准意识,推进标准化工作

生产者必须将标准意识贯穿于每一个生产环节。政府必须加大改革力度,快速推进标准制定工作;加大标准的宣传贯彻力度,使标准的市场功能、效益功能深入龙头企业和个体生产户心中。

2.4.2 建立重要食用菌的安全标准体系和检验检测体系

从种子选育、生产过程抓起,逐步在产品加工、质量安全、保藏保鲜和批发销售环节实施标准化管

理,从而形成从种前到市场彼此衔接呼应的完整标准体系,将农产品标准化渗透到农业产业化的全过程。

2.4.3 掌握进口国的标准体系,按标操作

出口商和加工企业必须详细了解、熟悉、掌握消费国对进口产品的有关规定和质量标准,按照进口国的标准生产,减少索赔、退货或者被扣留。

2.4.4 加强政府职能部门的监管力度

出入境检验检疫部门要深入产区、加工区、包装区,加强对出口产品的检验检疫,帮助企业和农民了解出口产品的检验项目及方法,并协助企业制定相应的措施。

2.5 认真研究食用菌国际市场,为我国食用菌寻找出路

我国香菇产量占全球产量的 78%,对外出口香菇的 48.3% 是对日本^[18]。我国的蘑菇罐头产量占世界总量的 65%,也是世界上最大的蘑菇罐头出口国,而美国和欧盟是最大的进口国。因此,要稳定发展食用菌产业,我们必须认真研究食用菌的国际市场,尤其是日本、美国和欧盟的市场情况(表 1)。

表 1 进军日本、美国、欧盟三大市场的食用菌品种

Table 1 The main mushroom varieties in Japan, USA and E. U market

| 国家 country | 重点品种 main variety | 其他品种 other variety |
|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 日本 | 香菇(鲜、干)、松茸、姬菇 | 平菇、杏鲍菇、木耳、灰树花、滑菇 |
| 欧盟(德国、法国、比利时、意大利、瑞典) | 双孢蘑菇、美味牛肝菌、羊肚菌、块菌、平菇 | 香菇、鸡油菌、木耳 |
| 美国(重点西部) | 双孢蘑菇、香菇 | 平菇、木耳 |

稳定发展除日本以外的亚洲市场应成为我国食用菌对外贸易的重要工作。以香菇为例(表 2),从进口量和消费数量两方面看,我国的香港特别行政区、新加坡、韩国、马来西亚也是食用菌的消费大国或地区。我国台湾地区是中国大陆香菇最大的潜在市场^[19]。

除上述区域外,南美、非洲是我国食用菌外贸最大的潜在市场,其中巴西、阿根廷、墨西哥、澳大利亚是重点。

表 2 主要国家和地区香菇消费增长情况和预测

Table 2 The consume amount of shiitake in some countries and areas

| 国家或地区 Country or area | 1996 年(in 1996) | | 2000 年(in 2000) | | 2006 年(in 2006) | |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| | 消费量(t) consume amount(t) | 人均(g) g/person | 消费量(t) consume amount(t) | 人均(g) g/person | 消费量(t) consume amount(t) | 人均(g) g/person |
| 日本 Japan | 24 452 | 197 | 25 000 | 201 | 27 000 | 217 |
| 韩国 Korea | 3 029 | 70 | 4 150 | 80 | 6 500 | 110 |
| 香港 HongKong | 3 834 | 710 | 4 000 | 740 | 4 050 | 750 |
| 台湾 Taiwan | 5 800 | 281 | 6 000 | 291 | 6 500 | 315 |
| 新加坡 Singapore | 1 380 | 500 | 1 550 | 554 | 1 600 | 580 |
| 马来西亚 Malaysia | 1 350 | 74 | 1 700 | 93 | 2 000 | 169 |

2.6 重视生物技术、基因工程技术的研究和应用

20 世纪兴起的原生质体技术、同工酶技术、基因工程技术、DNA 指纹技术等新的生物技术,将在食用菌系统发育、遗传育种、核型分析、物种鉴定、基因定位和基因转移等领域得到更广泛的应用^[20]。因此,重视生物技术特别是基因工程技术的研究和应用,是保持我国食用菌产业持续快速发展的关键。

2.6.1 原生质体单核化技术

利用原生质体单核体或利用减数分裂后的有性孢子的单核体杂交,都可能获得优良的杂交子。原生质体单核化对于产孢较为困难或实验室条件下不弹射孢子的真菌进行遗传改良,具有十分重要的意义^[7]。

2.6.2 基因工程技术

基因工程同细胞工程相比,其具有更强的方向性和目的性,而且又是在分子水平上一种离体的遗传重组新技术,它彻底打破了常规育种中种属间不可逾越的鸿沟,使超远缘杂交成为可能,创造出甚至自然界未曾有过的新物种、新品种^[4]。食用蕈菌基因操作,如病虫害抗性基因的转移、利用基质的基因转化及使菇盖变棕色的产漆酶基因修饰等会产生明显的商业效果。食用蕈菌基因工程的研究已显现出光明前景,这种技术的应用前景有理由使人乐观。

2.6.3 DNA 指纹技术应用

DNA 指纹分析技术为上世纪 90 年代以后发展起来的新兴技术。利用限制性内切酶在不同位点对 DNA 进行酶切,由于不同的品系间这些位点的位置是不同的,因此产生了不同长度的片段和特异带型,这些带型(指纹)具有非常重要的应用价值。

RELP (Restriction Fragment Length Polymorphisms)即限制性片段长度多态性能反应 DNA 结构

的差异,是鉴别品系、分析类缘关系、证实遗传距离的科学证据。目前在担子菌菌株分类中以 RFLP 作为分类依据来区别相似种源的有灰盖鬼伞,裂褶菌(*Schizophyllum commune*)和假蜜环菌(*Armillariella mellea*)。该技术用于种内和种间分类鉴别,是非常有用的遗传标记^[21]。

RAPD(Random Amplified Polymorphic DNA)即随机扩增多态性 DNA,以快速、灵敏、需样品量少等优点被广泛用于物种的分类、鉴定及种质资源的评估方面^[22]。周俊初等利用 PAPD 技术,证实了金凤 2-1 是真正的科间融合子菌株。采用 PAPD 指纹技术与常规形态鉴定方法相结合,可快速灵敏地鉴定外生菌根菌组织分离物的真伪。

CHEF (Contour-clamped Homogeneous Electric Field)被称为钳位均匀电场。由于 CHEF 电泳具有分离 DNA 带较直、分辨率高、凝胶板可用于分子杂交等特点,已应用于双孢蘑菇、香菇、侧耳、草菇等多种食用菌的核型分析及核型多态性研究。脉冲电泳技术与其他相关技术的配合使用,将在食用蕈菌研究中发挥更大的作用^[23]。

2.6.4 同工酶技术及应用

同工酶是基因表达的产物,其电泳分带表型可认为是基因型的反映。虽然它们的表达受生理因素和环境因素的影响,但在研究材料和实际条件基本相同的情况下,同工酶仍然提供稳定的遗传信息。因此,该技术已广泛用于食用蕈菌的遗传学、育种学和分类学等研究领域。

伴随高新技术的快速发展,高产优质的食用菌新品种和功能多样的食用菌产品将不断涌现;随着人们对健康的重视,人们对食用菌的需求将继续增加,全球食用菌的市场特别是欧美市场将不断扩大,

食用菌产业的发展前景一片光明!

参考文献(References):

- [1] Mao Xiaolan. Review and expectation of china edible fungi resource [J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 9~13. [卯晓岚. 中国食用菌物种资源回顾与展望[J]. 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 9~13.]
- [2] Lin Caimin. The present and foreground situation of china mushroom industry[J]. *Edible Fungi of China*. 2001, 19(supplement): 52~53. [林彩民. 中国食用菌产业现状与前景[J]. 2001, 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 52~53.]
- [3] Huang NL. The present and tomorrow situation of china mushroom industry[J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 6~8. [黄年来. 中国食用菌产业的现状与未来[J]. 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 6~8.]
- [4] Yang Ximmi. 1998. Methods for edible fungi research[M]. Beijing. China agricultural publishing company. [杨新美. 食用菌研究法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.]
- [5] China edible fungi association. Fifty years of china mushroom industry[J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 1~5. [中国食用菌协会. 中国菇业五十年[J]. 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 1~5.]
- [6] Zheng Linyeng, et al. Brief introduce for variety jingfeng2-1 breeding[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*. 1998, 11(specialist): 160~162. [郑林用, 等. 食用菌科间融合新品种“金凤2-1”选育研究初报[J]. 西南农业学报, 1998, 11(专辑): 160~161.]
- [7] Zhao J, et al. Monokarytization by protoplasting technique in heterothallic species of edible mushroom[J]. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 1993, 9: 538~543.
- [8] Peng M, et al. Recovery of recombinant plasmids from *Pleurotus ostreatus* transformants[J]. *Current Genet*, 1992, 22: 53~59.
- [9] Chen Meiyuan. Constraction and filtration of A41 gene Library for *Agaricus bisporus*[J]. *Edible fungi*. 2001, supplement: 84~86. [陈美元. 双孢蘑菇 A41 基因文库的构建及筛选[J]. 食用菌. 2001, (增刊)84~86.]
- [10] Chen Mingjie. Separate low temperature inducement gene use MRNA difkrence show technolasy[J]. *Deible fungei*. 2001, supplement: 2~4. [陈明杰. MRNA 差别显示技术分离草菇低温诱导基因[J]. 食用菌. 2001, (增刊)2~4.]
- [11] Tan Qi. The scientific research and production situation of china edible fungi[J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 27~30. [谭琦. 我国食用菌的科研与生产[J]. 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 27~30.]
- [12] Zhang Jinxia. Analysis the present situation of china edible fungi spawn and breeding[J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 36~37. [张金霞. 我国食用菌育种、菌种现状及分析[J]. 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 36~37.]
- [13] Zhong Hongyin. The Present Situation And Foreground of China Mushroom Food Exploitation[J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 4~5. [张红印. 我国食用菌食品的开发现状 & 前景展望[J]. 食品科技, 2000, 1: 4~5.]
- [14] Cai Yianshan. Present situation analysis and tomorrow expectation for china mushroom fine and profundity process[J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 47~49. [蔡衍山. 我国食用菌的加工现状与精、深加工展望[J]. 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 47~49.]
- [15] Mao Xiaolan. Common edible and medicinal fungi in China[J]. *Edible Fungi of China*. 2002, 21(4): 25~26. [卯晓岚. 我国常见常用食药两用菌名称[J]. 中国食用菌, 2002, 21(4): 25~26.]
- [16] Zhang Guanya. It has broad prospects for exploiting china wild mushroom resource[J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 14~17. [张光亚. 中国野生食用菌资源开发利用前景[J]. 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 14~17.]
- [17] Zhang GuanyaY. The strategy and approach for developing Yunna mushroom industry[J]. *Edible Fungi of China*. 2001, 23(17): 13~17. [张光亚. 云南野生食用菌产业发展的思路与策略[J]. 中国食用菌, 2001, 23(7): 13~17.]
- [18] Zhang Sshontao. The china shiitake when china join WTO[J]. *Edible fungi market*. 2002, 1: 14~18. [张寿橙. 人世后的中国香菇[J]. 食用菌市场, 2002, 1: 14~18.]
- [19] Yao Shuxian. China shiitake produce and the develop trend of international trade[J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 41~44. [姚淑先. 我国香菇生产与国际贸易发展趋势[J]. 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 41~44.]
- [20] Luo Xinchuan. the foreground of new technique application and development in edible fungi[J]. *Edible Fungi of China*. 2000, 19(supplement): 18~21. [罗信昌. 食用菌新技术应用与发展前景[J]. 中国食用菌, 2000, 19(增刊): 18~21.]
- [21] Toyomasu T, et al. Restriction fragment length polymorphism of mitochondrial DNAs from the basidiomycetes *pleurotus* species[J]. *Biosci. Biotech. Biochem*, 1992, 56(2): 359~361.
- [22] Ye Min et al. Use RAPD test offspring derived from hybridization of monokaryotic strains and dikaryotic strains[J]. *Microbiology*. 2000, 27(4): 283~286. [叶明, 等. 利用 RAPD 技术检测香菇双—单杂交后代[J]. 微生物学通报, 2000, 27(4): 283~286.]
- [23] Liu Zhuton, Luo Xinchuan. Biology technique use in edible fungi [M]. *Publishing company of qinghua university*. 2002, 60~64. [刘祖同, 罗信昌. 食用菌生物技术及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.]

The Recent Advances and Trend of Edible Fungi Study in China

ZHENG Linyong, TAN Wei, PENG Weihong, GAN Bingcheng

(*Soil and Fertilizer Institute, Sichuan Academy of Agriculture Science, Chengdu 610066*)

Abstract: This paper reviewed the recent advances in a number of aspects including resources of mushroom variety, breeding, cultivation, product processing and so on. The trend of mushroom study is suggested upon consideration of the advances. Following aspects are generalized that should be strengthened in future: strengthening the cultivation study of wild edible mushroom, protecting the bio-diversity of edible mushroom, research on finer and deeper processing, industrialization in production and processing, construction of quality control system and stressing on research and on application of bio-technology.

Key words: edible mushroom; advances; development trend