

## 食用菌产业发展需要科学研究的强力支撑

张金霞\*

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 国家食用菌产业技术研发中心 北京 100081

**摘 要:** 我国是世界食用菌产业大国, 产量占全球总产 80%, 拥有全球最多的食用菌基础科学和应用技术研究者, 近年来在这两个领域都取得了显著成绩, 但仍远远不能满足产业发展的科学需求。我国食用菌产业的发展需要科学研究的强力支持。专刊集结了食用菌的资源与利用、遗传育种、组学分析、生理栽培、加工技术、活性成分、保健功效评价等方面的论文共计 32 篇。论文还涉及了食用菌与病原菌的互作研究、野生菌的种类产地鉴定等方面的研究。

**关键词:** 资源与利用, 遗传育种, 生理栽培, 加工技术, 活性成分

## Powerful supports of scientific research are indispensable to the development of mushroom industry

ZHANG Jin-Xia\*

*Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*

**Abstract:** China is the largest mushroom producer over the world. The annual production in the country accounts for 80% of the world. China has the largest number of mushroom researchers on both fundamental science and applied research. Although remarkable outcomes achieved on the two fields, further scientific efforts are still needed for developing Chinese mushroom industry. This special issue collects articles of various research aspects including mushroom resources & utilization, genetics & breeding, omics analysis, physiology & cultivation, processing technique, active ingredients, and functional effects etc. The issue also incorporates research articles on the interaction between mushrooms and pathogens, classification and habitat of wild mushrooms.

**Key words:** resources and utilization, genetics and breeding, physiology and cultivation, processing technique, active ingredients

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目 (No. 2014CB138303); 国家食用菌产业技术体系 (No. CARS-24)

\*Corresponding author. E-mail: zhangjinxia@caas.cn

收稿日期: 2014-02-11, 接收日期: 2014-02-18

食用菌 (edible mushrooms) 从生物学上不是分类学概念, 是应用真菌学的概念, 食用菌的定义颇多, 而得到国内外广泛接受的是著名真菌学家张树庭教授给出的定义: 肉眼可见、赤手可得的可食大型真菌 (Chang & Miles 1989)。在我国, 根据药食同源的理念, 广义的食用菌包括直接作为食物食用、作为功能食品或药物食用和食药兼用三大用途的种类 (GB/T 12728-2006, 张金霞 2006)。本文采用的是广义食用菌的定义。我国对食用菌的认识和利用有着悠久的历史, 也是多种食用菌人工栽培的发祥地 (Chang *et al.* 1993), 目前实现人工栽培或培养的约有 100 种, 其中 34 种的栽培起源于我国, 我国人工栽培和发酵生产约 50 种 (卯晓岚 2001), 以食用菌为主要原料生产的各类食品和药品达百种。食用菌已经成为我国粮、菜、果、油之后的第五大类作物, 中国食用菌的产量从 1978 年占全球总产量的 5.7% 发展到 2009 年的 80% 以上 (Chang & Wasser 2012), 是我国改革开放后快速发展形成的新兴战略产业。早在改革开放初期的 1981 年就召开了第一届全国食用菌学术研讨会, 至今已召开了九届, 极大地促进了我国食用菌的学术交流。遗憾的是会议一直未正式出版学术研究专刊。第十届全国食用菌学术研讨会即将在北京举行, 在大会组委会的积极推动和《菌物学报》编辑部的大力支持下, 特辟整期版面, 扩幅安排, 集结论文 32 篇, 出版了《菌物学报》2014 年食用菌专刊, 其中综述 2 篇, 研究论文 26 篇, 简报 4 篇。从学科分, 涉及资源分类的 4 篇、遗传育种的 5 篇、组学分析的 3 篇、生理与栽培 (培养) 技术的 11 篇、活性物质与代谢的 8 篇、加工技术的 1 篇。

食用菌资源与分类一直是我国菌物学研究者的重要研究内容。他们上高山, 下盆地, 风

餐露宿, 踏遍我国食用菌分布的主要生态区, 不断发现和报道我国特有种, 订正学名 (吴芳 2014; 杜习慧 2014), 物种鉴定技术不断提高, 分子生物学技术、谱学技术等现代技术得到普遍应用 (魏海龙 2014; 廉添添 2014; 杨天伟 2014)。食用菌是森林生态和草地生态的重要组成部分, 野生种质资源是食用菌良种选育必需的生物材料。野生资源的研究和种质的评价不仅可为食用菌产业的持续发展奠定科学基础, 还可助益于其他产业。研究表明, 泡菜中加入新鲜美味牛肝菌子实体后, 发酵第 4 天亚硝酸盐含量可降低 97.1% (张薇薇 2014), 美味牛肝菌有可能成为解决泡菜亚硝酸盐瓶颈问题的关键生物。

作为菌物界重要组成的食用菌, 与其他真菌有着千丝万缕的联系。随着对食用菌基础研究的深入, 食用菌与病原真菌等小型丝状真菌的互作研究已经起步, 研究表明引起双孢蘑菇重要病害湿泡病的疣孢霉是腐生性较强的食用菌病原真菌 (黄清铎 2014), 为其防控策略的制定奠定了理论基础。灵芝与镰刀菌的互作关系研究, 不仅为灵芝药用研究提供了便捷的靶标筛选方法, 而且为灵芝的利用提出了新途径 (黎扣扣 2014)。

遗传学研究是育种的重要指导。然而, 对食用菌的遗传特点和遗传规律我们了解并不多, 令人高兴的是, 随着基因组学、生物信息学和分子生物技术的进步, 相关工作近年已经展开, 并取得了可喜的进步 (吴林 2014; 曲积彬 2014; 周雁 2014; 龚文兵 2014; 刘新锐 2014; 姜威 2014; 范秀芝 2014)。优良菌株的选育一直是食用菌研究的重要工作, 在育种工作者的不懈努力下, 黑木耳、离褶伞、茯苓等新品种不断涌现 (杜萍 2014; 周会明 2014; 李雯瑞 2014), 为产业的发展做出了重大贡献。

生理过程及其规律的认知, 是实现科学栽

培的基础。多年来,我国对食用菌生理的研究大多停留在温度、水分、pH对栽培效果影响的表象上,导致栽培技术多年以经验为主,停滞不前。近年对食用菌基质制备中的微生物、基质制备与利用、栽培过程中的金属离子和重要重金属离子迁移等研究都取得了新的进展,明确了双孢蘑菇基质制备不同阶段优势微生物类群分别是建堆期的*Pichia*和*Wickerhamomyces*、一次发酵阶段的*Chaetomium*和二次发酵阶段的*Lecythophora*(郭亚萍 2014),发现覆土的真菌群落多样性显著影响双孢蘑菇产量,二者呈负相关(冯伟林 2014)。研究表明,30%的花生壳替代棉籽壳可以达到降低成本提高效益的目标(苗人云 2014);添加适量杏鲍菇菌渣栽培秀珍菇,在降低成本的同时,可提高子实体的蛋白质含量(韩建东 2014);液体培养灭菌前添加维生素B<sub>1</sub>,虫草素产量提高19.9%,表明维生素B<sub>1</sub>的分解产物对虫草素合成具促进作用(阮元 2014)。研究表明,白灵菇栽培不同阶段菌丝表面的H<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>离子流向不同,Ca<sup>2+</sup>在菌丝生长阶段内流,从后熟期开始外排,K<sup>+</sup>和H<sup>+</sup>在整个周期外排(冯作山 2014)。对4种重金属在金针菇栽培过程中迁移规律的研究表明,金针菇子实体对不同重金属的吸收富集能力不同,对汞的吸收富集能力最强,而重金属铅、镉和砷大部分被留在废菌棒中,并没有迁移到子实体中(江玉姬 2014),为金针菇的安全生产控制技术创新提供了科学依据。

现代科学研究证明,食用菌含有的天然生物活性物质种类众多,结构多样,我国食用菌资源丰富,种类繁多(戴玉成和杨祝良 2008;戴玉成等 2010),具有很大的开发潜能。多年来,食用菌活性物质及其功效的研究受到国内外关注,开展生物活性物质研究的食用菌达数百种,发现数千种活性物质,其中对真菌多糖

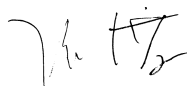
的研究居众多活性成分研究之首,研究发现大众化食用的金针菇β构型的吡喃型杂多糖FVP I-a具增强非特异性免疫反应和特异性免疫反应功能(许晓燕 2014)。食用菌多糖不仅可以提高机体免疫力,尖顶羊肚菌胞外多糖还具有促进皮肤成纤维细胞增殖和胶原蛋白合成,延缓皮肤衰老的作用(马利 2014)。抗氧化延缓衰老是与提高机体免疫力同样受到人类普遍关注的问题,也是古往今来人类永恒的追求,具有这一功能的多种物质广泛存在于食用菌中,研究表明,胞内外都存在这类抗氧化物质,其产生量显著受光照和pH值影响(余海尤 2014)。乳孔硫磺菌的甲醇提取物、乙酸乙酯提取物、氯仿提取物和石油醚提取物均具抗氧化活性,其中甲醇提取物对DPPH自由基的清除率最高可达到93.78%(李巍 2014)。近年来,除对食用菌的多糖等主要活性物质的研究之外,核苷类和烯醇类物质的生物活性也受到关注,已经从色钉菇中分离到具较强抗氧化活性的2-甲氧基腺嘌呤核苷和顺式-3-己烯醇、具较强抗肿瘤活性的5-羟基尿嘧啶核苷(冯建 2014)。

研究表明,食用菌不仅子实体中含有多种具保健功能的活性物质,其菌丝体提取物也具很好的保健作用,如冬虫夏草菌丝体提取物对化学性肝损伤具较好的辅助保护作用(杨槐俊 2014)。此外,随着我国人口动物性食物摄入的增加,具保健功能的不饱和脂肪酸日益受到重视和青睐。对多种食用菌的脂肪酸分析表明,食用菌富含不饱和脂肪酸含量高达70%以上,其中85%以上是人体必需脂肪酸——油酸和亚油酸(张金霞 2009)。从破壁灵芝孢子粉中提取的灵芝孢子油富含三萜类化合物、不饱和脂肪酸、有机锗、甾醇、维生素等活性成分(胡瞬等 2010),具有免疫调节、抗肿瘤、抗氧化、抗衰老、保护神经系统、降血脂、护肝等功能,因而日益受到广泛关

注 (Gao *et al.* 2012; Wang *et al.* 2012; Gao *et al.* 2010)。然而, 富含不饱和脂肪酸的油脂易氧化变质, 挥发油成分沸点低、对热和光敏感易氧化损失, 导致灵芝孢子油品质下降, 食用受到限制。应用喷雾干燥法的微胶囊化包埋, 避免油脂和外界环境接触、改变了油脂的液体状态, 很好地解决了这一问题, 且壁材中的蛋白质和糖类还提高了油脂的营养价值 (高宇杰 2014)。

我国是全球生物多样性最为丰富的国家之一, 也是食用菌多样性最为丰富的地区, 具不完全统计, 野生种类有 967 种, 占世界食用菌总数的 50% (戴玉成等 2010)。食用菌在我国已经形成了大产业, 我国已经成为全球产量最大的国家。食用菌产业的快速发展受到国家和社会的关注, 2008 年启动建设了国家食用菌产业技术体系 (CARS-24), 开展了系统的产业技术研发工作。产业发展对科学支撑的紧迫需求日益受到重视, 2014 年启动了国家重点基础研究发展计划 (973 计划) “食用菌产量和品质形成的分子机理及调控” (No. 2014CB138300)。项目的实施将为食用菌的基础科学研究构建框架, 为食用菌科学研究提供理论指导和技术方法, 为高产优质生产的关键技术创新提供科学依据。

我国食用菌产业的快速发展, 带动了科学技术的研究, “十一五”以来, 食用菌研究成为我国真菌学研究的重要热点。由于版面限制, 本刊报道的内容远不能全面反映目前研究的广度和深度。另一方面, 现有的研究也远不能满足产业发展的科学需求。我们相信, 随着科学的进步, 食用菌的资源、遗传、育种、生理、栽培、加工、活性物质、功效等研究将不断深入, 逐渐形成一门系统科学和技术, 千姿百态的食用菌一定会在提供人类食物和健康方面发挥更大的作用。



## [REFERENCES]

- Chang ST, Miles PG, 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press, Minnesota. 345
- Chang ST, Buswell JA, Chiu SW, 1993. Mushroom biology and mushroom products. Proceedings of the First Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products 23-26 August 1993, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong. 5-6
- Chang ST, Wasser SP, 2012. The role of culinary-medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 14(2): 95-134
- Dai YC, Yang ZL, 2008. A revised checklist of medicinal fungi in China. *Mycosystema*, 27: 801-824 (in Chinese)
- Dai YC, Zhou LW, Yang ZL, Wen HA, Bau T, Li TH, 2010. A revised checklist of edible fungi in China. *Mycosystema*, 29: 1-21 (in Chinese)
- Du XH, Zhao Q, Yang ZL, 2014. Diversity, evolutionary history and cultivation of morels: a review. *Mycosystema*, 33: 183-197 (in Chinese)
- Du P, Zhang CF, Jiang GS, Liu HG, Cui BK, 2014. Screening excellent strains of *Auricularia auricula-judae* in Heilongjiang Province. *Mycosystema*, 33: 230-241 (in Chinese)
- Fan XZ, Zhou Y, Bian YB, 2014. Rapid identification of protoplast-regenerated monokaryotic isolates of *Auricularia auricula-judae* based on an allele InDel marker. *Mycosystema*, 33: 273-279 (in Chinese)
- Feng J, Qin SL, Hu B, Zhao XJ, Wang LA, 2014. Chemical constituents of fruiting bodies of *Chroogomphus rutilus* and their biological activities. *Mycosystema*, 33: 355-364 (in Chinese)
- Feng WL, Jin QL, Fan LJ, Liu JN, Shen YY, Song TT, Tian F, Cai WM, 2014. Effects of different casing soil on microbial structure characteristics and yield of

- Agaricus bisporus*. *Mycosystema*, 33: 425-432 (in Chinese)
- Feng ZS, Zou YJ, Hu QX, 2014. Activities of ectoenzyme and respiratory enzymes and ionic flux of *Pleurotus nebrodensis* throughout cultivation process. *Mycosystema*, 33: 341-354 (in Chinese)
- Gao P, Hirano T, Chen ZQ, Yusuhara T, Nakata Y, Sugimoto A, 2012. Isolation and identification of C-19 fatty acids with anti-tumor activity from the spores of *Ganoderma lucidum* (reishi mushroom). *Fitoterapia*, 83: 490-499
- Gao Y, Deng XG, Sun QN, Zhong ZQ, 2010. *Ganoderma* spore lipid inhibits N-methyl-N-nitrosourea-induced retinal photoreceptor apoptosis *in vivo*. *Experimental Eye Research*, 90: 397-404
- Gao YJ, Yuan B, Yang WJ, Fang Y, Ma N, Hu QH, 2014. Preparation of *Ganoderma lingzhi* spore oil microcapsules. *Mycosystema*, 33: 483-492 (in Chinese)
- Gong WB, Liu W, Lu YY, Bian YB, Zhou Y, Xiao Y, 2014. A genetic map constructed from F<sub>2</sub> population and its application to QTL mapping in *Lentinula edodes*. *Mycosystema*, 33: 297-311 (in Chinese)
- Guo YP, Zhang GQ, Chen QJ, Cheng JH, 2014. Fungal community analysis of different composts prepared for production of *Agaricus bisporus*. *Mycosystema*, 33: 312-322 (in Chinese)
- Han JD, Wan LZ, Yang P, Yao Q, Ren HX, Li J, Gong ZY, 2014. Effects of *Pleurotus eryngii* spent substrate on the growth and nutritional components of *Pleurotus pulmonarius*. *Mycosystema*, 33: 433-439 (in Chinese)
- Hu S, Yi YJ, Xiong XY, Zhong YL, Tong ZD, Wang X, Wen Y, 2010. Progress in research on *Ganoderma lucidum* spore oil. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 38: 9214-9215 (in Chinese)
- Huang QH, Wang S, Zhang Y, Wen ZQ, 2014. The interactions between *Mycogone perniciosa* and *Agaricus bisporus*. *Mycosystema*, 33: 440-448 (in Chinese)
- Jiang W, Zhao Y, Wang H, Feng AP, Chen MJ, 2014. Expression of glycerol-3-phosphate acyltransferase gene in *Volvariella volvacea* during low temperature stress. *Mycosystema*, 33: 334-340 (in Chinese)
- Jiang YJ, Li ZY, Xie BG, Deng YJ, Liu XR, Xiao SX, 2014. Migration of four heavy metals in cultivation process of *Flammulina velutipes*. *Mycosystema*, 33: 449-455 (in Chinese)
- Li KK, Zhang CM, Gu HD, Jin Y, Qu JJ, 2014. Optimization of *Ganoderma lingzhi* S<sub>3</sub> fermentation medium and inhibition of the fermented liquid against *Fusarium oxysporum*. *Mycosystema*, 33: 401-410 (in Chinese)
- Li W, Bao HY, Bau T, 2014. Chemical constituents and antioxidant activities of *Laetiporus cremeiporus*. *Mycosystema*, 33: 365-374 (in Chinese)
- Li WR, Chen DY, Liang ZS, Liu RF, Sun JH, 2014. Screening of high-quality *Polyporus umbellatus* strains. *Mycosystema*, 33: 218-229 (in Chinese)
- Lian TT, Yang T, Sun JD, Huang XH, Dong CH, 2014. Molecular identification of cultivated *Sparassis* species and determination of  $\beta$ -glucan content of the fruiting body by using enzymatic method. *Mycosystema*, 33: 254-261 (in Chinese)
- Liu XR, Wang SY, Xie BG, Ke BR, Wu XP, 2014. Incompatibility factors of *Ganoderma sinense*. *Mycosystema*, 33: 464-468 (in Chinese)
- Ma L, Li X, Zhang S, 2014. Effects of exopolysaccharide extract from *Morchella conica* on proliferation and aging of human skin fibroblasts. *Mycosystema*, 33: 385-393 (in Chinese)
- Mao XL, 2001. Subjects related with naming of edible and



- medicinal mushrooms in China. Proceedings of the 6th Symposium on Mushroom Research. 1-8 (in Chinese)
- Miao RY, Zhou J, Tan W, Peng WH, Gan BC, Tang LM, Ye XJ, Huang ZQ, 2014. A preliminary screening of alternative substrate for cultivation of *Flammulina velutipes*. *Mycosystema*, 33: 411-424 (in Chinese)
- Qu JB, Zhang JX, Chen Q, Huang CY, 2014. The conservation for the genes of *Pleurotus ostreatus* between different monokaryons. *Mycosystema*, 33: 289-296 (in Chinese)
- Ruan Y, Ma JC, Xue Y, Shen JW, Wang XL, Ma BJ, 2014. The influence of vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub> and 2,4-D on the production of cordycepin in the liquid fermentation of *Cordyceps militaris*. *Mycosystema*, 33: 477-482 (in Chinese)
- Wang JH, Zhou YJ, Zhang M, Kang L, He P, 2012. Active lipids of *Ganoderma lucidum* spores-induced apoptosis in human leukemia THP-1 cells via MAPK and PI3K pathways. *Journal of Ethnopharmacology*, 139: 582-589
- Wei HL, Li HB, Wang LL, Ding HM, Hu CJ, Zeng FQ, Cheng JW, 2014. Molecular recognition of species in *Boletus* sect. *Appendiculati*. *Mycosystema*, 33: 242-253 (in Chinese)
- Wu F, Yuan Y, Liu HG, Dai YC, 2014. *Auricularia* (Auriculariales, Basidiomycota): a review of recent research progress. *Mycosystema*, 33: 198-207 (in Chinese)
- Wu L, Zhu G, Chen MJ, Wang H, Bao DP, 2014. The bioinformatic analyses and the gene expression induced by Cu<sup>2+</sup> of 11 laccase homologous genes from *Volvariella volvacea*. *Mycosystema*, 33: 323-333 (in Chinese)
- Xu XY, Yu MY, Wei W, Jiang N, Wu M, Zhang LY, Luo X, 2014. Extraction, structure characteristics and immune activities of polysaccharides from the fruiting body of *Flammulina velutipes*. *Mycosystema*, 33: 375-384 (in Chinese)
- Yang HJ, Guo SP, Xue L, 2014. Auxiliary protective effects of the mycelia extracts from *Ophiocordyceps sinensis* on chemical-induced liver injuries in mice. *Mycosystema*, 33: 394-400 (in Chinese)
- Yang TW, Cui BK, Zhang J, Li T, Li JQ, Liu HG, Wang YZ, 2014. Identification of different parts of edible bolete mushrooms by UV fingerprint. *Mycosystema*, 33: 262-272 (in Chinese)
- Yu HY, Chen JJ, Tian XM, Cui BK, Liu HG, Dai YC, 2014. Effects of light and pH on the liquid culture of *Inonotus ionicericola*. *Mycosystema*, 33: 469-476 (in Chinese)
- Zhang JX, Luo XC, Jia SM, Huang NL, Huang CY, Zheng SY, 2006. Terms of edible mushroom. GB /T 12728-2006 (in Chinese)
- Zhang JX, 2009. The science and development of the edible mushrooms industry in China, China Agriculture Press, Beijing. 17
- Zhang WW, Chen X, Du F, Geng XR, Yang DX, Cao QP, Wang HX, 2014. Effect of *Boletus edulis* fruiting body on reducing the nitrite content in pickles. *Mycosystema*, 33: 456-463 (in Chinese)
- Zhou HM, Zhang YZ, Xi YL, Wei SL, 2014. Screening of *Lyophyllum decastes* highly productive cultivable strains. *Mycosystema*, 33: 208-217 (in Chinese)
- Zhou Y, Fan XZ, Chen LF, Bian YB, 2014. Distribution and sequence characteristics of SSR in the transcriptomes of *Auricularia auricula-judae* and *Auricularia polytricha*. *Mycosystema*, 33: 280-288 (in Chinese)

#### [附中文参考文献]

- 戴玉成, 杨祝良, 2008. 中国药用真菌名录及部分名称的修订. 菌物学报, 27: 801-824
- 戴玉成, 周丽伟, 杨祝良, 文华安, 图力古尔, 李泰辉, 2010. 中国食用菌名录. 菌物学报, 29: 1-21

- 杜习慧, 赵琪, 杨祝良, 2014. 羊肚菌的多样性、演化历史及栽培研究进展. 菌物学报, 33: 183-197
- 杜萍, 张春风, 姜国胜, 刘鸿高, 崔宝凯, 2014. 黑龙江黑木耳优良菌株筛选研究. 菌物学报, 33: 230-241
- 范秀芝, 周雁, 边银丙, 2014. 基于等位基因InDel快速检测黑木耳原生质体单核体. 菌物学报, 33: 273-279
- 冯建, 秦淑亮, 胡兵, 赵晓静, 王立安, 2014. 色钉菇子实体化学成分及其生物活性初探. 菌物学报, 33: 355-364
- 冯伟林, 金群力, 范丽军, 刘佳楠, 沈颖越, 宋婷婷, 田芳, 蔡为明, 2014. 不同覆土基质微生物结构特征研究及其对双孢蘑菇产量的影响. 菌物学报, 33: 425-432
- 冯作山, 邹亚杰, 胡清秀, 2014. 白灵侧耳栽培过程中胞外酶和呼吸酶活及离子流速的研究. 菌物学报, 33: 341-354
- 高宇杰, 袁彪, 杨文建, 方勇, 马宁, 胡秋辉, 2014. 灵芝孢子油微胶囊制备技术. 菌物学报, 33: 483-492
- 龚文兵, 刘伟, 卢颖颖, 边银丙, 周雁, 肖扬, 2014. 基于F<sub>2</sub>群体的香菇遗传图谱构建及其在QTL定位中的应用. 菌物学报, 33: 297-311
- 郭亚萍, 张国庆, 陈青君, 程继鸿, 2014. 双孢蘑菇堆肥中真菌群落多样性分析. 菌物学报, 33: 312-322
- 韩建东, 万鲁长, 杨鹏, 姚强, 任海霞, 李瑾, 宫志远, 2014. 刺芹侧耳菌渣对肺形侧耳(秀珍菇)生长和营养成分的影响. 菌物学报, 33: 433-439
- 胡瞬, 易有金, 熊兴耀, 钟英丽, 童志丹, 王秀, 温尤, 2014. 灵芝孢子油的研究进展. 安徽农业科学, 38(17): 9214-9215
- 黄清铎, 王松, 张扬, 温志强, 2014. 有害疣孢霉菌与双孢蘑菇的互作关系. 菌物学报, 33: 440-448
- 姜威, 赵妍, 汪虹, 冯爱萍, 陈明杰, 2014. 低温胁迫下草菇甘油-3-磷酸酰基转移酶基因表达变化的研究. 菌物学报, 33: 334-340
- 江玉姬, 黎志银, 谢宝贵, 邓优锦, 刘新锐, 肖淑霞, 2014. 四种重金属在金针菇栽培过程中的迁移规律. 菌物学报, 33: 449-455
- 黎扣扣, 张春苗, 顾海东, 金羽, 曲娟娟, 2014. 灵芝S<sub>3</sub>发酵培养基的优化及其对镰刀菌的抑制. 菌物学报, 33: 401-410
- 李巍, 包海鹰, 图力古尔, 2014. 乳孔硫磺菌的化学成分和抗氧化活性. 菌物学报, 33: 365-374
- 李雯瑞, 陈德育, 梁宗锁, 刘瑞芳, 孙建华, 2014. 伞形多孔菌(猪苓)优良菌株的筛选. 菌物学报, 33: 218-229
- 廉添添, 杨涛, 孙军德, 黄贤华, 董彩虹, 2014. 人工栽培绣球菌的鉴定及其子实体β-葡聚糖含量的酶法测定. 菌物学报, 33: 254-261
- 刘新锐, 王圣铨, 谢宝贵, 柯宾榕, 吴小平, 2014. 紫芝不亲和性因子分析. 菌物学报, 33: 464-468
- 马利, 李霞, 张松, 2014. 尖顶羊肚菌胞外多糖提取物对皮肤成纤维细胞增殖和衰老的影响. 菌物学报, 33: 385-393
- 卯晓岚, 2001. 有关我国食药食用菌名称问题. 全国第六届学术研讨会论文集. 1-8
- 苗人云, 周洁, 谭伟, 彭卫红, 甘炳成, 唐利民, 叶小金, 黄忠乾, 2014. 金针菇栽培基质替代原料初步筛选研究. 菌物学报, 33: 411-424
- 曲积彬, 张金霞, 陈强, 黄晨阳, 2014. 糙皮侧耳不同单核体基因序列的保守性分析. 菌物学报, 33: 289-296
- 阮元, 马进川, 薛元, 申进文, 王晓龙, 麻兵继, 2014. 维生素B<sub>1</sub>、B<sub>6</sub>和生长激素2,4-D对蛹虫草液体发酵虫草素产量的影响. 菌物学报, 33: 477-482
- 魏海龙, 李海波, 王丽玲, 丁红梅, 胡传久, 曾凡清, 程俊文, 2014. 牛肝菌属卷边组 *Boletus sect. Appendiculati* 物种的分子识别. 菌物学报, 33:

242-253

吴芳, 员瑗, 刘鸿高, 戴玉成, 2014. 木耳属研究进展. 菌物学报, 33: 198-207

吴林, 朱刚, 陈明杰, 汪虹, 鲍大鹏, 2014. 草菇基因组中11个漆酶同源基因的生物信息学分析及铜离子对其表达的影响. 菌物学报, 33: 323-333

许晓燕, 余梦瑶, 魏巍, 江南, 伍明, 郑林用, 罗霞, 2014. 金针菇子实体多糖分离纯化及结构和免疫活性研究. 菌物学报, 33: 375-384

杨槐俊, 郭素萍, 薛莉, 2014. 冬虫夏草菌丝提取物对化学性肝损伤的辅助保护作用. 菌物学报, 33: 394-400

杨天伟, 崔宝凯, 张霖, 李涛, 李杰庆, 刘鸿高, 王元忠, 2014. 食用牛肝菌不同部位紫外指纹图谱鉴别分析. 菌物学报, 33: 262-272

余海尤, 陈佳佳, 田雪梅, 崔宝凯, 刘鸿高, 戴玉成, 2014. 光照和pH对忍冬纤孔菌液体培养的影响. 菌物学报, 33: 469-476

张金霞, 罗信昌, 贾身茂, 黄年来, 黄晨阳, 郑素月, 2006. 食用菌术语. GB/T 12728-2006

张金霞, 2009. 中国食用菌产业科学与发展. 北京: 中国农业出版社. P17

张薇薇, 陈晓, 杜芳, 耿雪冉, 杨冬雪, 曹庆鹏, 王贺祥, 2014. 美味牛肝菌降低泡菜中亚硝酸盐含量的研究. 菌物学报, 33: 456-463

周会明, 张焱珍, 席亚丽, 魏生龙, 2014. 荷叶离褶伞优良菌株筛选. 菌物学报, 33: 208-217

周雁, 范秀芝, 陈连福, 边银丙, 2014. SSR在黑木耳和毛木耳转录组中的分布和序列特征. 菌物学报, 33: 280-288