

巨大革耳研究现状及展望

吴碧君 (莆田市农业科学研究所, 福建莆田 351144)

摘要 巨大革耳具有极为丰富的营养价值, 是一种集药用价值和食用价值为一体的食用菌。主要从巨大革耳生物学特性、栽培技术、蛋白质营养价值、生物学活性及功能性研究、遗传育种 5 个方面的研究现状进行综述, 并就巨大革耳发展方向进行展望。

关键词 巨大革耳; 生物学特性; 栽培技术; 营养价值; 生物学活性; 遗传育种

中图分类号 S646 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)22-0025-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.22.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress and Prospect for *Panus giganteus*

WU Bi-jun (Putian Institute of Agricultural Sciences, Putian, Fujian 351144)

Abstract *Panus giganteus* has extremely rich nutritional value, is a kind of edible fungus integrating medicinal value and edible value. This article mainly reviewed the research status of the biological characteristics, cultivation technology, protein nutritional value, biological activity and functional research, and genetic breeding of *Panus giganteus*, and prospected the development trend of *Panus giganteus*.

Key words *Panus giganteus*; Biological characteristics; Cultivation techniques; Nutritional value; Biological activity; Genetic breeding

巨大革耳(*Panus giganteus*)又称猪肚菇、大杯香菇、大杯伞、大漏斗菇、大杯蕈, 是一种高温型食用菌品种。巨大革耳脂肪含量低, 富含多种氨基酸、微量元素、蛋白质、纤维、多糖等^[1-2], 食用其鲜品脆嫩爽口, 是一种集营养、美味、安全为一体的食用菌, 广受消费者喜爱。巨大革耳最早由福建省三明真菌研究所分离驯化出来^[3], 其营养丰富、栽培条件适宜, 具有良好的开发意义。笔者就巨大革耳生物学特性、栽培技术、蛋白质营养价值、生物学活性及功能性研究、遗传育种 5 个方面进行概述, 以期今后巨大革耳的进一步研究提供参考。

1 生物学特性

猪肚菇的学名问题存在较大的争议, 最早被鉴定为大杯蕈、大杯伞, 后经王波^[4]、邓旺秋等^[5]考证, 最终将猪肚菇定为巨大革耳 *Panus giganteus* (Berk.) corner。目前, 巨大革耳隶属担子菌门(Basidiomycota)担子菌纲(Basidiomycetes)多孔菌目(Polyporales)多孔菌科(Polyporaceae)革耳属(*Panus*)。

野生猪肚菇常在夏末秋初生长, 是一种以枯枝落叶为营养来源的木腐菌, 在 PDA 培养皿上, 菌丝呈白色丝状且生长迅速。巨大革耳子实体单生或群生, 菌盖直径 4~23 cm, 菌肉白色, 中间较厚、边缘较薄, 菌褶白至浅黄色, 密而等长。采摘期时, 菌盖为浅漏斗状, 表面呈褐色或棕黄色, 至菌盖中央向下凹陷颜色愈深且分裂有鳞片状, 菌盖边缘内卷至伸展, 附有白色孢子。菌柄与菌盖同色, 长 3~30 cm, 中生实心, 近似圆柱形。

猪肚菇为中高温型食用菌, 菌丝生长温度 15~35℃, 最适宜温度为 25~28℃。子实体发育温度为 26~28℃^[6], 当外界环境温度低于 18℃, 原基不再形成。巨大革耳在菌丝生长阶段无需光线, 培养基含水量控制在 60%~65%; 出菇阶

段菇房需有一定的 CO₂、充足的氧气和足够的散射光以刺激原基形成, 分化出菌盖。猪肚菇菌丝喜湿, 出菇期间保持培养料含水量在 85%~95% 为宜。

2 栽培技术研究

巨大革耳是一种木腐菌, 具有很强的纤维素降解能力, 适应能力强, 易栽培, 性状稳定, 抗杂菌, 耐高温, 生物转化率高, 在生产上具有广阔的应用前景, 目前栽培袋原料主要以木屑、蔗渣、棉籽壳、稻草等为主^[7], 适当加入麸皮、石灰粉等辅料以提高产量。为了提高栽培袋的投入产出比, 降低成本, 发现有其他可用的栽培袋原料, 如赵辉等^[8]采用晒干后的甘薯老茎叶作为主要栽培基质, 探索 4 种甘薯老茎叶培养栽培大杯伞试验, 结果表明 50% 甘薯老茎叶辅以适宜含量棉籽壳、麦麸、石灰等, 其生物转化率最高可达 83.7%, 且子实体农艺性状与木屑为主料基本一致。玉米芯富含 30% 左右的纤维素, 同时还含有一定的碳、氮及矿物质, 可作为栽培食用菌的原料, 马洁等^[9]以玉米芯为主料栽培猪肚菇, 生物学转化达 82.3%, 降低原料成本的同时也提高了玉米芯资源有效利用。此外, 马蹄渣棉籽壳、桑木屑等为主料也被证实可用于巨大革耳栽培, 降低栽培成本。

巨大革耳人工栽培产量受诸多因素的影响, 除了栽培袋原料, 培养料不同配比、原料处理方式、覆土方式都会直接影响到巨大革耳的产量。陈政明等^[10]探讨猪肚菇的栽培配方、原料处理方式对产量的影响, 证实了木屑和玉米芯含量直接影响到产量, 且经发酵腐熟后的培养料不仅可以提高料袋透气性以及原料中氮、磷、还原糖、粗蛋白的含量, 发酵产生的热量也有利于微生物分解, 对食用菌生长极为有利。邱春锦等^[11]优化了一套高产栽培大杯蕈的技术模式, 试验表明当木屑与棉籽壳的比例为 1:1, 覆土厚度为 3 cm, 袋栽产量及投入产出比高。

3 蛋白质营养价值研究

培养料中碳氮比直接影响着巨大革耳菌丝生长发育和产量, 同时对子实体蛋白质营养价值也有一定的影响, 只有

基金项目 福建省科技计划项目(2018N0040)。

作者简介 吴碧君(1989—), 女, 福建莆田人, 研究实习员, 硕士, 从事植物生理生化研究。

收稿日期 2020-04-20

利用合适的碳氮比栽培袋栽培巨大革耳,才能达到优质高产的效果。雷锦桂等^[12]采用国际上通用的营养价值评价方法,对不同碳氮比培养料栽培巨大革耳的子实体进行蛋白质营养价值评价,结果表明,以羽叶决明牧草复合栽培料栽培猪肚菇子实体,碳氮比控制在35:1~40:1时,子实体蛋白质营养高,碳氮比为35:1时第二潮巨大革耳子实体蛋白质营养价值最高。江枝和等^[13-15]以猪肚菇“辐105号”为材料,向栽培袋中单独添加外源金属锌、锗或硒,探讨猪肚菇上富集不同浓度的锌、锗或硒对子实体内蛋白质营养的影响,结果表明,依照国际上通用评价方法,培养料中单独添加30 mg/kg外源锌、40 mg/kg外源锗或30 mg/kg外源硒,猪肚菇子实体蛋白质营养综合评价居第一位,即培养料中单独加入30 mg/kg外源锌、40 mg/kg外源锗或30 mg/kg外源硒处理的猪肚菇子实体蛋白质营养价值最高。过氧化物酶活性与子实体风味有直接关系,研究表明,在猪肚菇栽培袋中添加适宜浓度外源硒可提高子实体可溶性蛋白含量以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、多酚氧化酶(PPO)活性,降低丙二醛(MDA)含量,在大杯香菇栽培袋料中添加30 mg/kg外源硒,能提高大杯香菇子实体风味品质^[15]。

4 生物学活性及功能性研究

4.1 多糖 多糖作为食用菌中的主要活性物质已被证实具有一定的免疫调节、抗肿瘤等作用^[16]。目前常用的多糖提取方法可分为溶剂提取法、仪器辅助提取法、生物提取法(酶法)。溶剂提取法又以热水浸提操作简便最为常用,仪器辅助法中微波辅助提取技术(MAE)安全高效节能、纯度高。胡国元等^[17]探索热水浸提和微波法提取巨大革耳子实体中多糖的最佳条件,试验结果表明2种方法的多糖提取量相近,但微波法能耗低、操作便捷且高效,具有明显优势。赖谱富等^[18]考察料液比、微波提取时间、微波功率3个因素,采用正交试验确定多糖提取的优化工艺条件,该方法的菇柄多糖得率和纯度较热水浸提法提取分别提高了57.7%、30.8%。多糖的产率与提取方法直接相关,协同采用多种组合方法提取多糖,可提高多糖的得率。赖谱富等^[19]采用超声辅助复合酶法提取大杯草菇柄多糖,在最佳工艺条件下,多糖得率可达5.59%,该法显著高于传统热水浸提法、微波提取法和复合酶解法。

开展多糖结构解析、微观形貌的研究对深入研究多糖具有重要意义,从巨大革耳子实体中分离纯化后的多糖可采用红外光谱、高效液相色谱、气象色谱、质谱、核磁共振等方法探测多糖的结构和单糖组分。目前有关巨大革耳结构及形貌的研究报道较少。戚梦等^[20]通过高效液相色谱对巨大革耳子实体多糖中的单糖成分进行检测,结果表明子实体中的多糖是由甘露糖、葡萄糖等7种单糖组成的杂多糖,其中葡萄糖含量最多。陈睿等^[21]将鲜猪肚菇烘干粉碎后,用热水浸提法分离猪肚菇粗多糖WPG1,经季铵盐沉淀、凝胶色谱柱纯化得到多糖WPG1的2种亚组分WPG1-1、WPG1-2,高效液相色谱、气相色谱分析结果表明WPG1-1、WPG1-2为

分子质量不同的单一组分且2个亚组分的单糖主要是由摩尔比不同的糖醛酸、甘露糖、葡萄糖、半乳糖组成;在原子力显微谱图中,由于组成WPG1-1、WPG1-2单糖的摩尔比不一,2种多糖形貌差异很大,WPG1-1呈网链状结构,WPG1-2呈梭形结构。

4.2 其他活性分子 巨大革耳子实体中除含有多糖外,还含有阿魏酸酯、凝集素等物质。阿魏酸酯具有显著的抗氧化、抗炎、抗菌效果,已有研究报道证实它具有抑制血液循环中胆固醇和预防冠心病的作用。Wang等^[22]从新鲜的猪肚菇子实体中分离出阿魏酸酯酶,分子质量为61 kDa,比活为170 U/mg,酶活性在pH=4、40℃时达到最高。林玉满等^[23]从大杯伞子实体中分离纯化得到凝集素CML,相对分子质量为 49×10^3 ;CML是一种不含糖的蛋白,含16种氨基酸;试验证实半乳糖可以抑制CML的凝集活性,其凝血活性受 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Mn^{2+} 等二价阳离子的影响;CML对小鼠的淋巴细胞和S180肉瘤细胞、兔红细胞以及人的A、B、O、AB型血细胞均具有凝集作用。干玉娟等^[24]从大杯香菇中分离得到4个化合物,其中(3 β ,5 α ,8 α ,22E,24R)-5,8-epidioxyergosta-6,9(11),22-trien-3-ol, stellerol, glycerol 1-(9Z,12Z-octadecadienoate)-3-nonadecanoate 3种化合物对小鼠B16细胞和人肝癌细胞SMMC-7721无生长抑制活性。文献报道,化合物ergosterol peroxide对HepG2和NCI-H460肿瘤细胞有毒活性^[25]。

4.3 保健功能

4.3.1 抗肿瘤 研究表明,天然多糖分子毒性小,可以抑制肿瘤的扩散,选择性诱导肿瘤细胞凋亡^[26]。其机制主要是通过多糖的免疫调节作用激活免疫细胞,诱导多种细胞因子及细胞因子受体的基因表达,增强机体抗肿瘤免疫功能,从而间接抑制或杀死肿瘤细胞^[27]。Tian等^[28]从猪肚菇中分离提取出中性多糖分子LGS-1,并以HepG2肝癌细胞评判LGPS-1多糖的抗癌功效,结果表明,LGS-1多糖通过线粒体凋亡和PI3K/Akt通路诱导肿瘤细胞凋亡,激活半胱天冬酶-3和聚腺苷酸二磷酸(PARP-1)裂解,抑制HepG2细胞增殖。Lee等^[29]采用体外细胞毒性试验和腹腔注射试验,探讨粗多糖对小鼠的抗肿瘤和免疫作用,结果表明,在NaCl溶液中从猪肚菇子实体提取的粗多糖可延长接种S180肉瘤小鼠的寿命,提高碱性磷酸酶活性进而增强B淋巴细胞的免疫活性。

4.3.2 抗氧化活性 有研究发现,许多食用菌多糖可消除体内自由基,具有抗氧化活性。戚梦等^[20]研究表明,大革耳子实体对过氧化氢损伤的细胞具有保护作用,多糖浓度达10 mg/mL时细胞存活率可增长至90%;大革耳子实体多糖对羟自由基、超氧阴离子、DPPH自由基和ABTS自由基的清除能力较强,且具有较高的铁离子还原能力,还原力随浓度递增而增强。傅明辉等^[30]经新鲜猪肚菇子实体中分离纯化得到2种多糖组分A和B,该多糖具有明显的抗氧化活性且与猪肚菇质量浓度呈现剂量效应。郭霞等^[31]采用大杯伞菌丝液体发酵分离、纯化得到多糖CEP II,该多糖可有效去除羟基自由基、DPPH自由基、超氧自由基;抗氧化活性与多糖

质量浓度呈剂量效应。黄艺宁^[32]采用纤维素酶从猪肚菇中酶解分离提取出粗多糖,该多糖的抗氧化作用明显;浓度达 10 mg/mL 时,多糖对 DPPH 自由基的清除率达 42.56%。

4.3.3 其他保健功能。Wong 等^[33]研究发现猪肚菇可降低 TAA 引起的小鼠肝损伤,对保肝有一定的防治作用;口服猪肚菇对小鼠不产生毒性,且向小鼠腹腔注射猪肚菇子实体后,小鼠体内肝脏比重降低,肝脏血清的恢复水平及氧化应激参数与用水飞蓟素药物治疗的效果相当。Phan 等^[34]通过水浸提法和乙醇提取巨大革耳中的活性物质,经试验表明巨大革耳子实体中含有类似 NGF 活性的生物活性物质可刺激 P12 神经细胞生长,该作用与剂量和时间呈依赖性。

5 育种

食用菌常用的育种方法有单孢分离和组织分离法、杂交育种法、原生质体融合法、诱变育种法、分子育种法等。彭智华等^[35]以野生大杯蕈为材料,研究其原生质体分离再生及再生菌株构建,结果表明,培养基对原生质体释放量影响不明显;大杯蕈的原生质体再生成活率仅 5% 左右,9 个原生质体再生克隆菌株仅 P04 菌株的菌丝生长速度、子实体菌盖重等农艺性状优于对照组。董洪新等^[36]以 3 个不同的猪肚菇菌株为材料进行三轮杂交系统试验,证实了猪肚菇属于四极性异宗结合。郑向华等^[37]经⁶⁰Co γ 射线辐射大杯香菇后,大杯香菇的柄长、柄直径和丙二醛含量这 3 个性状变异最大,试验的第一主成分主要为猪肚菇辐射诱变农艺性状,超氧化物歧化酶(SOD)活性和丙二醛(MDA)含量反应后辐射诱变特性是诱变育种的主要参考性状的组合指标;1.25 kGy 诱变处理是较适宜猪肚菇的辐射剂量。通过分析⁶⁰Co γ 射线辐射新品种和大杯香菇品种中蛋白质及其构成的各种氨基酸含量间的多元相关、回归和聚类分析关系,证实了辐 105 号大杯香菇新株系天门冬氨酸等 8 种氨基酸蛋白质含量最高,与部分品种和新株系子实体含量间差异显著,且大多数氨基酸间与其蛋白质含量存在显著或极显著正相关^[38]。江枝和等^[39-40]、翁伯琦等^[41]以 20 个大杯香菇品种和辐射选育新株系为对象,系统探讨其品质性状、各类氨基酸总量、主要营养价值的遗传,结果发现,为获得综合品质性状优良的品种,应选择甲硫氨酸含量、可溶性蛋白含量和 CAT 活性较高的品种;辐射选育新株系时应优先选择大杯香菇中硫氨酸总量高、氨基酸比值系数分和氨基酸评分均较高的新株系。

分子辅助技术是近年来育种研究的一个新趋势,已广泛应用于香菇、金针菇等食用菌的遗传分析中,但应用于巨大革耳的遗传育种分析却鲜少报道。江玉姬等^[42]采用 ISSR 分子标记技术对 9 份巨大革耳菌株进行遗传多样性分析,结果发现,从 20 个引物中筛选出 4 个 ISSR 多态性好的引物,共扩增 23 个多态性条带;通过遗传谱图分析,9 个巨大革耳菌株聚为两类,C.m0002 菌株与其他 8 个菌株的遗传距离很远;结合出菇试验证明,C.m0002 菌株子实体似黄伞,为同名异种;其他 8 个菌株均为巨大革耳。

6 展望

巨大革耳是一种具有潜在市场价值的珍稀食药食用菌。

目前,国内外对巨大革耳的活性物质及基础育种研究报道较少,相关的种质资源收集也较为欠缺。今后,还需进一步开展利用分子辅助育种手段对现有菌株进行菌种鉴定、遗传多样性分析的工作,以选育出高产优良的菌株。此外,巨大革耳子实体中活性组成成分、功能性研究及其作用机制可能成为未来研究的主要方向之一。

参考文献

- [1] 林玉满.大杯伞子实体常见微量元素的定性定量测定[J].福建分析测试,2004,13(Z1):1996-1998.
- [2] 彭智华,龚敏方.大杯蕈的营养价值及生物学特性研究[J].浙江农业学报,1994,6(3):165-170.
- [3] 曾金凤.松茸的人工栽培[J].食用菌,1985(4):9-10.
- [4] 王波.几种食用菌品种名称订正[J].中国食用菌,2006,25(5):27-28.
- [5] 邓旺秋,李泰辉,陈枝南,等.栽培食用菌猪肚菇的学名考证[J].食用菌学报,2006,13(3):71-74.
- [6] 董洪新,蔡德华,李玉.猪肚菇的研究现状及展望[J].中国食用菌,2010,29(3):3-6.
- [7] 朱元弟,马付元.猪肚菇的栽培技术[J].食用菌,2007(2):38.
- [8] 赵辉,徐建俊,李彪,等.甘薯老茎叶栽培大杯伞试验[J].中国食用菌,2016,35(2):40-22.
- [9] 马洁,赵辉,李彪,等.玉米芯袋料高产栽培猪肚菇技术[J].食用菌,2018(2):65-66.
- [10] 陈政明,彭建平,卢翠香,等.猪肚菇新种中柄侧耳人工驯化栽培技术研究[J].热带作物学报,2013,34(12):2358-2362.
- [11] 邱春锦,林俊扬,陈政明,等.大杯蕈新品系“T212”关键栽培技术研究[J].安徽农业科学,2019,47(1):42-44.
- [12] 雷锦桂,翁伯琦,江枝和,等.栽培料的碳氮比对猪肚菇子实体蛋白质营养评价的影响[J].甘肃农业大学学报,2008,43(6):140-143.
- [13] 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.
- [14] 江枝和,雷锦桂,翁伯琦,等.添加外源铜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.
- [15] 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.
- [16] WASSER S. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides[J]. Applied microbiology and biotechnology, 2002, 60(3):258-274.
- [17] 胡国元,郑森,汪红富,等.巨大革耳子实体多糖提取工艺研究[J].化学与生物工程,2008,25(6):60-62.
- [18] 赖谱富,沈恒胜,陈君琛,等.大杯蕈菇柄多糖微波提取工艺优化[J].福建农业学报,2014,29(3):271-275.
- [19] 赖谱富,方汝涛,陈君琛,等.超声波-酶法提取大杯蕈菇柄多糖及流变特性研究[J].核农学报,2015,29(10):1944-1953.
- [20] 戚梦,刘城移,赵强,等.大革耳子实体多糖抗氧化活性[J].菌物学报,2018,37(12):1707-1716.
- [21] 陈睿,孙润广,王小梅,等.猪肚菇多糖 WPG1 的相对分子质量测定及原子力显微镜观测[J].生物加工过程,2013,11(5):61-66.
- [22] WANG L, MA Z Q, DU F, et al. Feruloyl esterase from the edible mushroom *Panus giganteus*: A potential dietary supplement[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2014, 62(31):7822-7827.
- [23] 林玉满,苏爱华.大杯伞凝集素的分离纯化及其性质[J].应用与环境生物学报,2004,10(4):497-501.
- [24] 干玉娟,曾艳波,梅文莉,等.大杯香菇化学成分的分离与鉴定[J].中国药物化学杂志,2007,17(2):104-107.
- [25] 宋珊珊,王乃利,高昊,等.海洋真菌 PF197 抗癌活性成分研究[J].中国药物化学杂志,2006,16(2):93-97.
- [26] WANG G D, LIU C Y, LIU J, et al. Exopolysaccharide from *Trichoderma pseudokoningii* induces the apoptosis of MCF-7 cells through an intrinsic mitochondrial pathway[J]. Carbohydr Polym, 2016, 136(2):1065-1073.
- [27] 李小雨,王振宇,王璐.食用菌多糖的分离、结构及其生物活性的研究进展[J].中国农学通报,2012,28(12):236-240.
- [28] TIAN Y T, ZHAO Y T, ZENG H L, et al. Structural characterization of a novel neutral polysaccharide from *Lentinus giganteus* and its antitumor activity through inducing apoptosis[J]. Carbohydrate polymers, 2016, 154(10):231-240.
- [29] LEE G W, KIM H Y, HUR H, et al. Antitumor and immuno-potentiating activity against mouse Sarcoma 180 by Crude Polysaccharides from Fruiting Body of *Lentinus giganteus*[J]. The Korean journal of mycology, 2008, 36(1):75-83.

甜瓜果实相关性状一直是甜瓜育种研究的重点^[17-18],近年来,甜瓜果实品质受到了人们的关注,果实形状等外观及内在品质成为消费者选择倾向性的重要因素之一。Périn等^[19]通过对果实品质相关性状 QTL 位点检测,发现果实长度对果形起到主要影响作用,这与该研究的果实长度与果形指数呈极显著正相关的结果一致。该研究发现,甜瓜单瓜重与果实长度、宽度和果肉厚度之间具有极显著相关性,这与刘相玉等^[20]研究结果相同,但不同点是该试验增加了对种腔长度的研究,也发现具有极显著相关性。王晨晖^[18]也指出果实长宽和果肉厚度之间具有极显著的相关性,但缺少对单瓜重与各性状之间的研究。Monforte等^[5]等对单果重、果形及可溶性固形物含量等性状相关的 QTL 位点进行检测及相关性分析,结果表明果形指数与其他各性状均有不同程度的相关性,该研究也进一步证实了这一点,发现果形指数与果实长度、种腔长度、种子长度和种子宽度、小区产量呈极显著正相关,与果实宽度、种腔宽度呈极显著负相关。

该研究发现,甜瓜性状产生变异的原因有很多方面,不仅与品种本身特性有关,更与生长环境和栽培技术密不可分,甜瓜性状之间相互影响,而不是完全独立的。因此,希望通过该研究能够使更多的研究者了解甜瓜果实性状间的相关性,为今后的育种和栽培提供理论基础。

参考文献

- [1] 朱春燕,黄丹枫,蔡保松,等.甜瓜品种资源萌发期耐盐性及其指标评价[J].上海交通大学学报(农业科学版),2010,28(6):504-508.
- [2] 张宁.甜瓜远缘群体果实主要性状遗传分析及遗传图谱构建[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [3] 乔军,刘富中,陈钰辉,等.园艺作物果形遗传研究进展[J].园艺学报,2011,38(7):1385-1396.
- [4] 杨光华,范荣,杨小锋,等.甜瓜果实颜色3个质量性状基因的定位[J].园艺学报,2014,41(5):898-906.
- [5] MONFORTE A J, OLIVER M, GONZALO M J, et al. Identification of quantitative trait loci involved in fruit quality traits in melon (*Cucumis melo* L.) [J]. Theoretical and applied genetics, 2004, 108(4): 750-758.
- [6] 张红,王怀松,贺超兴,等.甜瓜糖酸性状的遗传研究[J].园艺学报,2009,36(7):989-996.
- [7] 金基石.薄皮甜瓜主要种质资源遗传多样性的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2001.
- [8] 姚国新.甜瓜分子遗传图谱构建的随机引物筛选及甜瓜遗传多样性研究[D].银川:宁夏大学,2004.
- [9] 刘贺娟,任福森,郭志伟,等.不同品系萝卜主要农艺性状的相关性分析[J].长江蔬菜,2017(24):34-37.
- [10] HAREL-BEJA R, TZURI G, PORTNOY V, et al. A genetic map of melon highly enriched with fruit quality QTLs and EST markers, including sugar and carotenoid metabolism genes [J]. Theoretical and applied genetics, 2010, 121(3): 511-533.
- [11] 胡建斌,李琼,李静.薄皮甜瓜果实相关性状的灰色关联分析[J].湖南农业科学,2010(21):119-121.
- [12] 尚建立,王吉明,郭琳琳,等.甜瓜种质资源果实若干数量性状评价指标探讨[J].果树学报,2013,30(2):222-229.
- [13] 王学征,赵亮,李秋红,等.甜瓜品系主要性状相关性和主成分分析[J].东北农业大学学报,2014,45(10):35-41.
- [14] 魏和清,罗良清.实用统计学[M].北京:中国财政经济出版社,2011.
- [15] 李晓慧,赵卫星,常高正,等.厚皮甜瓜主要农艺性状的变异性及其与产量和品质构成关系分析[J].河南农业科学,2016,45(12):116-119,131.
- [16] 郭峰,阮建,王莹莹,等.利用变异系数分析花生品质性状应对环境变化的遗传稳定性研究[J].山东农业科学,2017,49(9):25-31.
- [17] 张雪娇.甜瓜果实相关性状 QTL 分析[D].哈尔滨:东北农业大学,2013.
- [18] 王晨晖.甜瓜果实相关性状 QTL 分析[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [19] PÉRIN C, HAGEN L, GIOVINAZZO N, et al. Genetic control of fruit shape acts prior to anthesis in melon (*Cucumis melo* L.) [J]. Molecular genetics & genomics, 2002, 266(6): 933-941.
- [20] 刘相玉,张裕舒,刘柳,等.基于 CAPS 标记的甜瓜单果重相关性状 QTL 分析[J].中国农业科学,2019,52(9):1601-1613.

(上接第 27 页)

- [30] 傅明辉,陈洁琼.猪肚菇子实体多糖的抗氧化活性测定[J].食品科学,2010,31(14):238-240.
- [31] 郭霞,胡尚勤.大杯伞胞外多糖的纯化及抗氧化活性[J].西南大学学报(自然科学版),2013,35(6):36-40.
- [32] 黄艺宁.猪肚菇子实体多糖的酶法提取工艺及其生物活性[J].怀化学院学报,2018,37(5):9-13.
- [33] WONG W L, ABDULLA M A, CHUA K H, et al. Hepatoprotective effects of *Panus giganteus* (Berk.) corner against thioacetamide-(TAA-) induced liver injury in rats [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2012, 2012(10):1-10.
- [34] PHAN C W, WONG W L, DAVID P, et al. *Pleurotus giganteus* (Berk.) Karunarathna & K. D. Hyde; Nutritional value and *in vitro* neurite outgrowth activity in rat pheochromocytoma cells [J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2012, 12(1):102-123.
- [35] 彭智华,曾广文,寿诚学.大杯蕈原生质体菌株筛选的研究[J].园艺学报,2000,27(3):193-197.

- [36] 董洪新,蔡德华,李玉.猪肚菇担孢子交配型的分析[J].微生物学通报,2010,37(11):1617-1620.
- [37] 郑向华,江枝和,翁伯琦,等.⁶⁰Co 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.
- [38] 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.
- [39] 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.
- [40] 江枝和,翁伯琦,雷锦桂,等.大杯香菇辐射选育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.
- [41] 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.
- [42] 江玉姬,谢宝贵,刘新锐,等.巨大革耳遗传多样性的 ISSR 分析[J].中国食用菌,2012,31(6):32-34.