

莲属分类与遗传资源多样性及其应用

郭宏波¹, 柯卫东²

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西杨凌 712100; 2. 武汉市蔬菜科学研究所, 湖北武汉 430065)

摘要: 莲是集观赏、食用和药用于一身的重要水生经济植物。分类学结果表明美洲黄莲应归为中国莲亚种。我国拥有丰富的莲遗传资源, 不仅体现在地方和栽培品种种类多上, 而且在基因组 DNA 上也得到充分体现。研究表明莲属、中国莲的野莲和花莲均具有较高遗传多样性。针对当前我国研究相对薄弱的藕产品加工和资源综合利用, 及以中国莲为试材开发药物的药理学研究, 对莲资源分类、遗传多样性及国外相关研究进展进行了综述。

关键词: 莲; 分类; 遗传多样性; 加工; 药理学; 综合利用

中图分类号: S645.1 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2009)04-0106-04

Advances on Classification and Genetic Diversity of Lotus Germplasm and Its Utilization

GUO Hong-bo¹, KE Wei-dong²

(1. Life Science College of Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shanxi 712100; 2. Wuhan Institute of Vegetable Science, Wuhan, Hubei 430065)

Abstract: The lotus (*Nelumbo*) is an importantly economic botany with many uses, such as ornamental, food and traditional medicine. The result of taxonomy exhibited that the *N. lutea* may be degraded as one subspecies of *N. nucifera*. There are abundant lotus resources in China including rich landraces and cultivars as well as genomic DNA. The past research showed that the genus *Nelumbo*, wild accessions and flower lotus of *N. nucifera* all had relatively high genetic diversity. Based on our past work, the classification and genetic diversity of lotus germplasms were discussed, as well as the advances of those researches i. e. process of lotus rhizome and comprehensive utilization of plant, and the pharmacological development.

Key words: classification; genetic diversity; *Nelumbo*; process; pharmacological development; comprehensive utilization

我国拥有丰富的水生蔬菜资源, 据最保守的推算,

我国水生蔬菜种植面积已超过 66.7 万 hm^2 , 产值超过 300 亿元, 居世界第一^[1]。莲藕在所有水生蔬菜中栽培面积和销售量最大, 也是全国销售量最大的 26 种蔬菜之一^[2]。据统计, 仅湖北省 2003 年莲藕栽培面积就达 6.73 万 hm^2 , 产量 197.02 万 t ^[3]。然而, 在综合当前莲资源后我们不难发现, 尽管我国在莲藕栽培、品种选育

收稿日期: 2009-01-27
基金项目: 西北农林科技大学引进人才基金项目
第一作者简介: 郭宏波(1977-), 男, 江苏姜堰人, 博士, 主要从事植物遗传资源利用与保护研究。E-mail: guohongbo@163.com.

因素, 其权重仅为 0.064; 自然生态环境和社会环境权重分别为 0.108 和 0.209, 不是很理想, 影响比较大, 应加大自然环境的治理工作和社会治安等情况; 交通情况和季节因素是制约自然旅游资源评价的最大因素, 其权重分别为 0.379 和 0.240。

3 小结

AHP 分析法将复杂的问题层阶化, 使问题有序可寻。它还将半定性、半定量的问题转化为定量问题, 为决策者提供直观的决策依据。利用 AHP 法对延安市自然旅游资源进行分析, 构造了评价体系并提出了计算方法。通过对延安市自然旅游资源各项指标的计算和分析, 体现了 AHP 法对评价指标的权重赋值过程中

的科学性和合理性。评价系统能使定性问题量化, 该评价体系较全面地反映了延安市自然旅游资源的基本概况和特点, 为延安市旅游资源的综合评价提供了科学的依据。

参考文献:

[1] 于雯雯, 梁育填, 张祥桔. AHP 法在潭柘寺镇旅游资源定量评价中的应用[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2008, 29(4): 59-61.
[2] 宋建红, 马磊, 刘杰, 等. 基于 AHP 法的新疆石河子地区旅游资源评价体系研究[J]. 江西农业学报, 2008, 20(1): 152-153.
[3] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2004.
[4] 焦树铨. AHP 法中平均随机一致性指标的算法及 MATLAB 实现[J]. 太原师范学院学报(自然科学版), 2006, 5(4): 45-47.

方面处于世界领先地位,但在资源利用,如深加工、综合利用及药物研究等领域尚处于起步阶段。本文结合自己所研究工作,对莲资源的分类、遗传资源及其利用中我国处于劣势领域的国外研究进展作一综述。

1 莲科、莲属及属下分类

1753年,瑞典博物学家林奈(Carolus Linnaeus)将中国莲和美洲黄莲作为一个种置于睡莲科(*Nymphaeaceae*)睡莲属(*Nymphaea*)。直至1763年,Adans将莲种提升为莲属(*Nelumbo* Adans.),仍归于睡莲科。在随后的两个多世纪中,经过众多科学家的努力,莲属的归属得到了基本确定,即从睡莲科中提出独立成莲科(*Nelumbonaceae*)。

莲属在经历了第四纪冰期后,一直被认为幸存有2个种,即中国莲(*N. nucifera* Gaertn.)和美洲黄莲(*N. lutea* Pers.)。中国莲主要分布于东南亚,包括中国(含台湾)、日本、韩国、印度、泰国北部、缅甸、越南、埃及和澳大利亚;美洲黄莲主要分布于美国的湖泊和池塘中,从北部的安大略湖和明尼苏达州至南部的得克萨斯州和东南部的佛罗里达州。2个种在地理位置上被太平洋所间隔,形态学上的差异也仅在于花型、花色和叶色^[4]。但来自化石证据表明,2个种的地理分离可能仅仅发生在更新世(Pleistocene)早期,东南亚和北美的苔藓植物区系研究也表明两大州的物种之间存在密切的亲缘关系,并且跟太平洋和大西洋的形成与扩大造成欧亚大陆和北美洲的分离有一定的关系^[5]。更直接的证据也表明,美洲黄莲和中国莲有着很密切的亲缘关系。1991年Les等在研究古代水生植物分子进化历史时,发现莲属2个种叶绿体基因 $rbcl$ 序列同源性高达99.9%^[6]。因两者完全一致的血清反应,染色体组高度同源以及没有生殖隔离,黄秀强等^[7]首次提出将美洲黄莲作为中国莲的亚种,Borsch和Boarholt^[8]在研究莲属的分类和地理分布后也认为应该将黄莲作为亚种。黄莲跟中国莲的花莲类型亲缘关系比与藕莲和子莲的关系更近,这与形态学观察结果一致^[9]。通过进一步对花莲资源的研究发现,黄莲跟花莲之间的分化比较明显,同时它们的杂种也显示出明显的中间类型,但它们在表型上可能偏向于中国莲或者美洲黄莲,因此支持黄莲作为中国莲的亚种的观点^[10]。

我们还发现,中国莲的3种类型(藕莲、子莲和花莲)无论在表型上,还是基因组水平上,均已产生明显遗传分化,并且这种分化已达到极显著水平。能否将中国莲的三种类型提升为亚种,尚待进一步探讨。

2 藕产品加工与莲的综合利用

目前我国蔬菜的出口量仅次于西班牙、意大利、美

国和荷兰,是世界第五大出口国。其中保鲜蔬菜是出口蔬菜的主要种类,占60%以上,而加工产品的出口还不到总量的1/3^[11]。尽管莲藕已先后开发出盐渍、保鲜、速冻等十多个加工系列,每年出口创汇上亿美元,但除江苏宝应县外,我国其它地区莲藕基本都以鲜藕出售^[12]。

目前我国对莲藕加工的研究多停留在传统方法上,除少数探讨工艺流程外^[13-15],大多局限于理论探讨。国外对莲的加工研究绝大多数以中国莲为试材。除美国外,多集中于亚洲地区,如韩国、日本、印度以及中国台湾。据初步检索,在2000~2005年间所有德温特世界专利创新索引(Derwent Innovations Index)中,有48个是关于莲的专利,且均与加工密切相关。其中以美洲黄莲为试材的仅有2个,其它均以中国莲为研究对象。在发表专利的国家中,韩国最多,其次为日本和印度。在这48个专利中,除15个是直接以莲植株各部位为主要原料,如荷叶茶、荷叶面条或香料等,另33个均是以植株的各部位作为重要组成部分,与其它物质配伍制成药物、功能性食物、食物添加剂以及化妆品。

研究表明,莲藕全身都是宝,莲子是滋补食品,有镇静安神之效;莲心有降压和强心作用;莲须为收敛性镇静药;荷叶和荷梗中含有多种对人体有益的生物碱、树脂和鞣质;荷花中含多种药用黄酮类;藕节能够止血;莲蓬、荷叶和荷梗都有止血、止泻的功能^[16]。如何充分和综合利用莲藕,对其进行深加工,开发出食物添加剂、药用保健品、化妆品和香精等系列产品,应是我国学者今后需要着重考虑的研究方向之一。

3 药理学研究

莲在过去一直因为分类地位问题被广泛关注,但随着分类地位的确定,近几年来,国外的研究已多偏向于药用的一面。莲在我国内陆主要是作为水生蔬菜食用、贮藏保鲜和加工,而在韩国、台湾省、日本、印度和美国均作为药用植物在进行药物开发。绝大多数研究均以中国莲为试材,从不同部位提取不同成分进行试验,其中抗氧化研究相对较多,并且以韩国和台湾省的报道居多。

3.1 抗氧化研究

Hu和Skibsted^[17]在2002年率先对莲藕和藕节进行了抗氧化研究,结果表明,除了对以碳为中心的离子外,整藕和藕节都具有抗氧化作用。Jung等从荷花雄蕊中提取化合物,进行抗氧化试验。结果发现,甲醇提取物在清除脂质、DPPH自由基和活性氧实验中显示出较强的抗氧化作用^[18]。Wang等在分析莲幼芽和花

的甲醇提取物后也发现,两部位的提取物均具有很强的抗氧化活性,但只有幼芽的提取物具有螯合铁离子的作用^[19]。同年 Wu 等对荷叶的甲醇提取物进行抗氧化研究,同样显示出一定的抗氧化活性^[20]。随后 Lee 等对以荷花和荷叶制成的荷汁进行抗氧化研究,结果表明,抗氧化活性随着浓度的增加而增加,当在血红蛋白诱导的亚油酸过氧化反应中浓度超过 25 mg·mL⁻¹ 时,抗氧化作用即进入平台期(抗性为 80%),结果还显示荷汁能有效清除超氧离子^[21]。同年 Ling 等从莲心皮中提取出寡聚原花青素(procyanidins),并进行抗氧化研究。结果发现 0.1%的原花青素在大豆油中具有很强的抗氧化能力^[22]。2006 年 Yen 等利用莲子的水、乙醛和己烷提取物对 DNA 损伤导致的活性氮自由基进行抑制性研究,发现三种提取物都能抑制 DNA 损伤,抑制效果乙醛提取物>水提取物>己烷提取物^[23]。

3.2 其它药理学研究

Mukherjee 等首先利用莲藕的甲醇提取物、桦木酸和类固醇三萜类化合物研究角叉菜胶(carrageenin)和血液中的复合胺(serotonin)所导致的鼠爪浮肿,结果表明,在特定的浓度下,混合物表现出显著的抗激动活性^[24]。几年后 Sohn 等利用莲子的酒精提取物来研究抗氧化和护肝效果,结果表明,酒精提取物在浓度 6.49 mg·mL⁻¹ 时显示出中等强度的抗氧化活性,并且有较强的护肝效果^[25]。接着 Liu 等利用莲的乙醇提取物对炎症的治疗进行了研究,发现提取物对由植物血球凝集素引发的外周血单核细胞(peripheral blood mononuclear cells)增生有很好的抑制作用,并对其细胞动力学机理进行了探讨^[26]。2005 年 Kashiwada 等从荷叶中分离出 6 个化合物,其中有 6 个化合物可作为进一步筛选 Anti-HIV 的药物^[27]。同年杜晓芬等发现莲房原花青素对口腔表皮样癌有较好的抑制作用^[28]。

4 莲属的遗传特性研究

4.1 农艺性状和营养品质

柯卫东等在对 17 个藕莲品种的 5 个品质性状和 15 个农艺性状进行分析后发现,主藕长、主藕粗、整藕重和主藕重等农艺性状具有较高遗传力,而在 5 个品质性状中,维生素 C 的遗传力最高,而淀粉则最低^[29]。同年柯卫东等又对 17 个不同地区、不同类型的莲藕资源进行了系统聚类分析,将藕莲分为野生资源类、地方品种资源类和改良品种类。品质性状野生种类最优,而农艺性状则改良品种最优^[30]。Indrayan 等发现莲子中含有丰富的淀粉,足量的蛋白和铬、钾、钙、铜、锌和锰等元素,但脂肪含量却很低^[31]。现代研究表明,100 g 鲜藕中含水分 62.28~83.17 g,蛋白质 1.00~3.86 g,

碳水化合物(主要是淀粉)15.00~26.25 g,脂肪只有 0.1 g。100 g 干莲子含碳水化合物(以淀粉为主)57.8~66.8 g,蛋白质 16.6~19.0 g,总糖 8.5~19.1 g,还含有多种维生素、氨基酸、钙等矿物元素^[32]。

4.2 遗传多样性的研究

对莲遗传多样性的研究,主要以资源和品种的研究居多,且大多以中国莲为研究对象。Shin 等利用内部转录区序列(ITSs)对 16 个来自韩国和 1 个来自中国的中国莲进行了分析,发现两地的中国莲可以被明确分开,并且来自韩国的中国莲也显示出一定的遗传多样性^[33]。在国内,韩延闯等和彭欲率等分别运用 RAPD 和 AFLP 分子标记技术对部分藕莲品种进行了遗传多样性的研究,结果表明,藕莲品种之间的遗传相似性比较高,但也存在一定的遗传多样性^[34,37]。通过对莲属种质资源的研究,郭宏波等发现该属资源拥有较高的遗传多样性^[9]。进一步研究发现,中国莲的野莲和花莲资源中也都具有较高遗传多样性^[10,38-39]。在中国莲三种类型中,花莲遗传多样性最高,藕莲遗传多样性最低^[10],而这与不同的类型采用不同的育种手段有关。

5 小结与展望

莲在我国大多只作为水生蔬菜食用,少量加工出口^[40]。在韩国,除了极少数鲜食外,大多将可食部分进行加工,加工系列和产品数远远超过我国。在我国很多地区,因为莲藕种植面积大、产量高但销路不畅等原因,导致贱卖、不挖现象时有发生。尽管目前急需加强各种深加工技术的研究,包括加工品种的选育,但国内相关报道却非常少^[41],而且缺乏专利和知识产权保护意识,致使我国一些传统栽培和加工技术成为别国专利。

在我国,莲除根状茎(藕或藕鞭)被食用外,其它部分(如叶、茎以及藕莲的花部)均被烧掉、任其自然枯萎或当废弃物丢掉,这其实是对资源的极大浪费。如何充分和综合合理地利用莲资源,是今后的热点研究之一,同时也是面临机遇和挑战的重要课题。

参考文献:

- [1] 技术与市场编辑部.水生蔬菜值得开发[J].技术与市场,2002(1):28.
- [2] 江解增,曹砾生.水生蔬菜品种类型及其产品利用[J].中国食物与营养,2005(9):21-23.
- [3] 刘义满,魏玉翔,李峰,等.湖北省莲藕品种演变及栽培利用特点[J].湖北农业科学,2006,45(3):342-344.
- [4] 柯卫东,李锋,刘玉平,等.我国莲资源及育种研究综述[J].长江蔬菜,2003(4):5-9.
- [5] 吴鹏程,贾渝,王楣芝.中国与北美苔藓植物区系关系的探讨[J].植物分类学报,2001,39(6):526-539.

- [6] Les D H, Garvin D K, Wimpee C F. Molecular evolution history of ancient aquatic angiosperms[J]. Pro. Natl. Acad. Sci. USA, 1991, 88: 10119-10123.
- [7] 黄秀强, 陈俊愉, 黄国振. 莲属两个种亲缘关系的初步研究[J]. 园艺学报, 1992 19(2): 164-170.
- [8] Bosch T, Barthlott W. Classification and distribution of the genus *Nelumbo* Adans. (Nelumbonaceae)[J]. Beitr. Biol. Pflanz 1994, 68: 421-450.
- [9] 郭宏波, 柯卫东, 李双梅, 等. 不同类型莲资源的 RAPD 聚类分析[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(4): 328-332.
- [10] Guo H B, Li S M, Ke W D, et al. Genetic diversity of *Nelumbo* accessions revealed by RAPD[J]. Genetic Resources and Crop Evolution 2007, 54: 741-748.
- [11] 蔬菜出口技术保障措施研究课题组. 蔬菜出口技术保障措施(一)[J]. 中国蔬菜, 2002(2): 1-3.
- [12] 李良俊, 曹培生, 陈建林, 等. 我国莲藕产业标准化现状与提高竞争力的思考[J]. 农业科技管理, 2005, 24(4): 33-36.
- [13] 陈移平, 杜卫华, 孙金才, 等. 水煮莲藕漂白护色工艺研究[J]. 食品工业科技, 2003(11): 48-49.
- [14] 蔡华珍, 刘敏. 低糖藕脯的工艺研究[J]. 食品科技, 2003(11): 38-40.
- [15] 蔡宝玉, 王雷, 陶冠军, 等. 莲藕残渣中纤维素的制备工艺[J]. 食品工业, 2004(3): 14-15.
- [16] 陈香, 潘宝明. 宝应莲藕产业深度开发的思考[J]. 扬州大学烹饪学报, 2005(2): 39-43.
- [17] Hu M, Skibsted L H. Antioxidative capacity of rhizome extract and rhizome knot extract of edible lotus (*Nelumbo nucifera*)[J]. Food Chemistry, 2002, 76(3): 327-333.
- [18] Jung H A, Kim J E, Chung H Y, et al. Antioxidant principles of *Nelumbo nucifera* stamens[J]. Archives of Pharmacal Research, 2003 26(4): 279-285.
- [19] Wang L, Yen J H, Liang H L, et al. Antioxidant effect of methanol extracts from lotus plumule and blossom (*Nelumbo nucifera* Gaertn.)[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2003, 11(1): 60-66.
- [20] Wu M J, Wang L S, Weng C Y, et al. Antioxidant activity of methanol extract of the lotus leaf (*Nelumbo nucifera* Gaertn.)[J]. American Journal of Chinese Medicine, 2003 31(5): 687-698.
- [21] Lee H K, Choi Y M, Noh D O, et al. Antioxidant effect of Korean traditional lotus liquor (Yunyupju)[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2005, 40(7): 709-715.
- [22] Ling Z Q, Xie B J, Yang E L. Isolation, Characterization, and determination of antioxidative activity of oligomeric procyanidins from the seedpot of *Nelumbo nucifera* Gaertn[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005 53(7): 2441-2445.
- [23] Yen G C, Duh P D, Su H J, et al. Scavenging effects lotus seeds extracts on reactive nitrogen species[J]. Food Chemistry, 2006, 94(4): 596-602.
- [24] Mukherjee P K, Saha K, Das J, et al. Studies on the anti-inflammatory activity of rhizomes of *Nelumbo nucifera*[J]. Planta Medica, 1997 63: 367-369.
- [25] Sohn D H, Kim Y C, Oh S H, et al. Hepatoprotective and free radical scavenging effects of *Nelumbo nucifera*[J]. Phytomedicine, 2003 10(2-3): 165-169.
- [26] Liu C P, Tsai W J, Lin Y L, et al. The extracts from *Nelumbo nucifera* suppress cell cycle progression, cytokine genes expression, and cell proliferation in human peripheral blood mononuclear cells[J]. Life Sciences, 2004, 75(6): 699-716.
- [27] Kashiwada Y, Aoshima A, Ikeshiro Y, et al. Anti-HIV benzylisoquinoline alkaloids and flavonoids from the leaves of *Nelumbo nucifera* and structure-activity correlations with related alkaloids[J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2005, 13(2): 443-448.
- [28] 杜晓芬, 谢笔钧, 张玲珍, 等. 莲房原花青素对人口腔表皮样癌(KB)细胞生长及形态的影响[J]. 现代口腔医学杂志, 2005 19(4): 384-386.
- [29] 柯卫东, 黄新芳, 傅新发, 等. 莲藕主要营养品质和农艺性状的遗传分析[J]. 武汉植物学研究, 2000, 18(6): 519-522.
- [30] 柯卫东, 傅新发, 黄新芳, 等. 莲藕部分种质资源数量性状的聚类分析与育种应用[J]. 园艺学报, 2000 27(5): 374-376.
- [31] Indrayan A K, Shama S, Durgapal D, et al. Determination of nutritive value and analysis of mineral elements for some medicinally valued plants from Uttaranchal[J]. Current Science, 2005, 89(7): 1252-1255.
- [32] 李淑珍. 莲藕食用价值分析及其加工[J]. 河南农业, 2007(5): 40.
- [33] Shin S K, Yun J S, Yun T, et al. Taxonomic relationship of lotus (*Nelumbo nucifera*) based on ITS sequences of nuclear ribosomal DNA[J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 2003, 44(4): 451-457.
- [34] 韩延闯, 周立, 滕彩珠, 等. 莲藕品种 DNA 多态性的初步研究[J]. 分子植物育种, 2004, 2(3): 380-384.
- [35] 彭欲率, 韩延闯, 汪岚, 等. 应用 AFLP 技术检测莲藕遗传多样性的初步研究[J]. 分子植物育种, 2004 2(6): 823-827.
- [36] Han Y C, Teng C Z, Chang F H S, et al. Analysis of genetic relationships in *Nelumbo* (Nelumbonaceae) using nuclear ribosomal ITS sequence data, ISSR and RAPD markers[J]. Aquatic Botany, 2007 87: 141-146.
- [37] Han Y C, Teng C Z, Zhong S, et al. Genetic variation and clonal diversity in populations of *Nelumbo nucifera* (Nelumbaceae) in central China detected by ISSR markers[J]. Aquatic Botany, 2007 86: 69-75.
- [38] 郭宏波, 柯卫东, 李双梅, 等. 野生莲资源的 RAPD 分析[J]. 植物学报, 2005(S1): 64-67.
- [39] 郭宏波, 李双梅, 柯卫东. 花莲种质资源的遗传多样性及品种间亲缘关系的探讨[J]. 武汉植物学研究, 2005 23(5): 417-421.
- [40] 赵有为. 中国水生蔬菜[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1999: 1-6.
- [41] 柯卫东, 李锋, 刘玉平, 等. 我国莲资源及育种研究综述(下)[J]. 长江蔬菜, 2003(5): 5-8.

