2012年4月
2012,34(2):225－231

中国油料作物学报
Chinese journal of oil crop sciences

国内外紫苏研究进展概述

谭美莲，严明芳，汪 磊，王力军，严兴初*
（中国农业科学院油料作物研究所，农业部油料作物生物学与遗传育种重点实验室，湖北 武汉 430062）

摘要：本文概述了紫苏在开发利用、种质资源收集评价、栽培与生理、活性物质提取、组织培养、转基因及基因克隆表达分析等方面的国内外研究进展，以期为紫苏的深入研究和进一步开发应用提供参考，有效促进紫苏产业的发展。

关键词：紫苏；种质资源；栽培生理；活性物质提取；组织培养；基因克隆；转基因

中图分类号：S565.8；S567.2　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1007－9084(2012)02－0225－07

Research progress on *Perilla frutescens*

TAN Mei－lian, YAN Ming－fang, WANG Lei, WANG Li－jun, YAN Xing－chu*
(*Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Oil Crops, Ministry of Agriculture, Wuhan* 430062, *China*)

Abstract: *Perilla frutescens* is an edible and officinal oil crop with various uses. It was widely exploited in medicine, foodstuff and industry. To the object of promoting perilla industrialization and providing references for its further investigation, we summarized the worldwide research progresses referring to exploitation and utilization, physiology and cultivation, active substance extraction and biological technology including tissue culture, gene transfer, gene cloning and expression.

Key words: *Perilla frutescens*; Germplasm resource; Physiology and cultivation; Active substance extraction; Tissue culture; Gene cloning; Transgene

紫苏（*Perilla frutescens* L. Britt），又称荏，属唇形科（*Labiatae*），一年生草本自花授粉植物，具特异芳香，是我国传统的药食、油料作物，是卫生部第一批规定的既是药品又是食品的60种作物之一，在医药食品领域有着重要的开发价值，近年来受到国内外的广泛关注[1]。

紫苏原产亚洲东部，有野生型和栽培型，广泛分布于我国各省区，以及不丹、印度中南半岛、印度尼西亚、爪哇、日本、朝鲜等地。在我国已有2 000多年的栽培历史，北方以供油用为主，兼作药用，有西北、东北2个传统油用产区；南方主要以药用为主，兼作香料和食用[2]。

作为一种多用途的经济植物，紫苏的研究与应用越来越引起人们的关注。目前国内外相关研究主要集中于紫苏的开发利用、种质资源重要农艺性状及多样性研究、种植栽培技术、含油量分析和功能物质等化学成分的提取、离体再生培养和转基因研究、以及重要物质的合成及基因分析等方面。本文就以上几方面的研究进展做简单概述，为紫苏的深入研究和进一步开发应用提供参考，有效促进紫苏产业的发展。

1　紫苏开发利用价值

1.1　紫苏的油用价值

苏籽出油率高达45%～55%，不饱和脂肪酸占总含油量的90%以上，其中α－亚麻酸含量高达50%～70%。α－亚麻酸是人体重要的必需脂肪酸，紫苏籽油及α－亚麻酸具有调节免疫力、降血脂和

收稿日期：2011-08-19
基金项目：油料作物种质资源收集与创新利用（2006－G8(4)－18）；国家自然科学基金（31000726）；农业部公益性行业（农业）科研专项（201003057）；中国农科院油料作物研究所所长基金（1610172011009）
作者简介：谭美莲（1979－），女，湖南宜章人，助理研究员，主要从事特种油料种质资源与遗传育种研究
*通讯作者：Tel：027－86813343；E－mail：yanxc@oilcrops.cn

血压、提高智力、延缓衰老、抗癌和预防多种疾病等保健功效，是高血压、血栓病患者的理想食疗油[3]，可作为保健食用调和油中不饱和脂肪酸的主要来源。在工业上，因其碘值高、挥发性强、易干燥，既可用于制备油漆和油布，又可用于制备阿立夫油、油墨，以及肥皂、涂料、人造革等。此外，紫苏油中的亚油酸及其衍生物还可配制出具有各种功能的化妆品[2]。

1.2 紫苏的药用价值

紫苏籽、叶、苞和梗都可作为中药材，治疗多种疾病。如籽可用于主治下气、消痰、润肺、宽肠和治疗肿瘤等；叶可主治发表，散寒，理气，抗菌，升血糖，咳喘，安胎等；苞可治血虚感冒；苏梗可理气、舒郁、止痛、安胎和治食滞等。此外，紫苏还富含黄酮类化合物、类胡萝卜素及迷迭香酸等活性成分，具有抗氧化和抗菌消炎作用，可用于预防和治疗心血管疾病、抗癌及增加免疫力及多功能医药中间体[4~6]，研制抗过敏、抑制血小板凝聚药物，开发抗衰老、增强免疫功能的产品[7,8]。

1.3 紫苏的其它用途

紫苏叶片中含有丰富的蛋白质和类胡萝卜素，营养价值高又兼有药用功效，当鲜菜食用深受人们喜爱；另外，还可加工成紫苏粥、紫苏酱、紫苏豆瓣酱、紫苏汁、蜜饯、果脯、糖果、叶粉、糕点等多种形式的食品，以及拼盘、腌制产品等调味品；此外，还可用作色素、防腐剂、甜味剂和香料等食品添加剂的基料[2,4]。以紫苏为原料，日本相继开发出了保健食用油、保健食品（如饼干、点心等）、紫苏茶、紫苏饮料、紫苏酱油、紫苏增白霜、药品等，并且开发出含85%以上亚麻酸的苏子油，每年从我国苏州等地进口紫苏叶，从东北大量进口苏籽。美国已将紫苏列入抗癌食品研制计划，韩国每年要消费苏子油1 000吨[9]。紫苏因其含有高α－亚麻酸、黄酮、萜类、花青素及多糖等诸多功能成分，而倍受世界关注，成为国内外轻工业、食品、医药领域的研究热点，其市场需求随着开发利用的深入也不断增加。

2 紫苏种质资源研究

2.1 紫苏种质资源分布、分类及遗传多样性研究

在紫苏资源的起源、分布及分类方面，Nitta等[10]调研发现亚洲紫苏主要分布在中国、韩国、日本、尼泊尔和越南等国，有紫苏（*Perilla frutescens* var. *frutescens*）和回回苏（*Perilla frutescens* var. *crispa*）种或近缘种两类，前者在中国和韩国当作油料广泛栽培，叶子在韩国还用于鲜食及泡菜制作；后者在亚洲许多地方已经消失，但日本和越南仍有栽植，中国和韩国主要用于药材和蔬菜，日本用于腌制品。RAPD遗传分析说明表型与栽培紫苏（var. *frutescens*）和回回苏（var. *crispa*）相近的野生紫苏在遗传上也分别与两类栽培种相近，回回苏和近缘种属于原始种。研究者们通过对紫苏资源重点分布的几个亚洲国家长达十年的调查，认为二倍体紫苏主要起源于日本，经传播分布于中国和韩国，推测四倍体紫苏主要起源于长江中下游某些地区[11]；此外，Pandey[12]研究了印度喜马拉雅山脉地区的紫苏资源分布，并对收集的资源进行了简单的植物学性状描述。

在遗传多样性分析上，Nitta等[13]对130多份紫苏的叶气味、花青素、种子硬度及种子直径等特征进行测定及聚类分析，结果将这些紫苏分成五个类群，绝大多数油用品种聚为一类，药用型紫苏分属于另外三个类群，野生/杂草型组成最后一个类群。Lee等[14]利用AFLP标记评价了东亚两类栽培型和其杂草型紫苏共60份种质的遗传关系，结果表明该物种多态性为64%，栽培型var. *frutescens*种质单独聚为一类，野生型var. *frutescens*和回回苏var. *crispa*的栽培型、野生型聚集形成另一类群，与中国和韩国分别是栽培种var. *frutescens*的起源中心和次生中心之说相一致。Park等[15]利用已报道[16]和新开发的SSR标记对来自韩国和日本的100多份苏子种质进行遗传多样性评价，结果表明苏子SSR多态性相当丰富，var. *frutescens*和var. *crispa*各自分为一个类群，并获得了一些种质的特异性位点。

2.2 紫苏种质资源农艺性状及品质性状的研究

紫苏种质资源的早期研究集中于重要农艺性状和品质性状的鉴定分析，挖掘筛选综合性状良好的优异种质。马尧等[17]分析比较了3个紫苏品种的农艺性状及生理指标，认为紫苏选育品种的部分农艺性状（如株高、分枝数、花序数）以及相关生理指标（叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量和粗脂肪含量）都高于左家紫苏和白苏。张太平[18,19]对贵州南部山区73份栽培紫苏和40份野生紫苏的农艺性状、品质性状及抗旱性等特征特性进行了初步研究，发现了一种六棱茎的新类型，鉴定出苗期超抗旱品种丹江野苏，并测定了其中37份种质的粗蛋白含量（19.26%～29.26%）、粗脂肪含量（34.95%～45.51%），15份种子的17种氨基酸总量（19.66%～20.77%）。廖扬春[20]对21份紫苏种质的主要农艺性状、含油率及脂肪酸组成进行鉴定和分析，

筛选出综合经济性状较好的恭门-1、恭门-2 和四龙紫苏等材料。蔡乾蓉等[21,22]对来自日本、美国以及中国四川和广东等地 26 份紫苏属植物的主要农艺性状与单株籽粒产量进行相关性通径分析，发现白苏籽千粒重、含油量和亚油酸含量均相对较高，表明千粒重、总穗数和穗粒数是影响单株籽粒产量的主要因素，在油用型紫苏选育过程中应该注意选育大粒、穗多型品种。王计平等[23]和胡彦等[24]分别测定了山西省内 12 份野生紫苏和紫苏属 5 个变种 10 份材料的种子含油量及脂肪酸组成，结果表明 12 份野生紫苏的含油量介于 30.83%～32.76%之间，样品间无明显差异，10 份试材种子含油率则介于 33.49%～42.58%之间，存在极显著差异。

此外，Shin 等人[25]研究分析了 5 个紫苏品种种子的油脂成分及特性，通过分析 28 份紫苏种质的千粒重、种子硬度及全草油成分，利用 GC-MS 分析方法发掘了一份高 α-白苏烯的候选材料[26]；Zhang 等[27]利用 GC-MS 法对 26 份紫苏种质的鲜叶精油成份进行分析研究，鉴定出了 49 种成分，并新发现了 D-柠檬精油或薄荷酮、洋芹醚和脱氢异雄(甾)酮 3 种成份。

对比国内外紫苏种质资源的研究状况，我国与国外的差距十分明显，我国除继续扩大紫苏资源的收集范围和加强征集力度，丰富紫苏种质基因库以外，还需加强对紫苏资源农艺性状、重要成分、抗病性及遗传多样性等方面的综合研究与评价，筛选高产、优质、抗病等优异种质，有效促进我国苏子的遗传育种研究和提高苏子的产量产值。

3 紫苏栽培生理

张春平等人[28]通过研究经不同浓度的硫酸锌($ZnSO_4$)和聚乙二醇(PEG)处理后的老化紫苏种子的萌发、活力及相关酶的活性变化，表明 600mg·L^{-1}的 $ZnSO_4$ 和 20%的 PEG 处理能有效减缓老化对紫苏种子及幼苗产生的不利影响，提高种子及幼苗的抗老化能力；通过对紫苏种子外部形态、千粒重、净度、含水量和吸水量等多项指标的测定及超声、低温和热水等预处理，分析不同温度、不同浓度化学物质和不同萌发介质处理对种子萌发率的影响，认为种子萌发的最佳温度为变温 15℃/23℃，先用 60℃热水对种子预处理，然后再用 200mg·L^{-1}的 GA_3 处理种子，可在短时间内显著地提高种子的萌发率[29]。朱小平等[30]通过田间定期采样，测定紫苏株高、叶面积、各器官干物质积累量和分配情况，明确了不同氮肥水平下的紫苏株高、叶面积、干物质积累和分配动态相似，株高和干物质积累动态符合 Logistic 生长曲线方程，呈现“慢-快-慢”的生长趋势，并且认为紫苏施氮量以 75～150kg·hm^{-2}较为适宜。孙燕玲[31]研究了不同种植密度下紫苏的生物产量情况，表明结合农事操作与栽种效率考虑，以采收紫苏叶，提取挥发油为目的的最佳种植密度为 4 700 株/667m^2。梅虎[32]对紫苏花芽生理分化期叶片内源激素含量变化进行了动态研究，并且对内源激素和核酸与紫苏花芽生理分化的关系开展了相关研究[33]；郭凤根等[34]通过研究紫苏资源的芳香油积累动态，发现在营养生长阶段芳香油含量不断上升，花芽分化期含油量最高。此外，在紫苏大棚栽培[35]、叶用高产栽培[36]及日光温室叶用栽培[37]、寒地籽用栽培[38]、有机栽培[39]、间作套种[40]及病虫害防控技术[41]等方面都有相关研究报道。

4 紫苏重要物质的提取与分析

紫苏富含黄酮、类胡萝卜素及迷迭香酸等多种重要活性成分，在医疗、食品和保健方面都具有重要价值，这些活性成分的提取工艺和检测方法成为研究热点之一。

4.1 类胡萝卜素的测定及提取

刘大川[42]研究了溶剂法提取紫苏叶中类胡萝卜素的最佳工艺，认为石油醚是浸提的最佳溶剂，紫苏和白苏提取类胡萝卜素的最佳工艺条件分别为：每次浸提 3h，温度 60℃，固液比 1∶20，浸提 1 次；每次浸提 3h，温度 65℃，固液比 1∶20，浸提 3 次。通过对超临界二氧化碳萃取紫苏叶中类胡萝卜素的方法进行初步研究，发现压力 40MPa 时类胡萝卜素(β-胡萝卜素)基本能萃取出来，并且以一定量紫苏油作为萃取载体可大大提高提取率。此外，高桂珍等[43,44]研究了不同提取溶剂、时间、料液比等因素对油菜种子中类胡萝卜素的提取效果和测定结果的影响，建立了一种快速、准确和简便的测定油菜种子类胡萝卜素总量的方法，并测定比较了油菜、花生、大豆、芝麻、苏子和红花等 6 种油料作物种子及 30 份不同类型油菜种质资源种子中类胡萝卜素总量。

4.2 迷迭香酸的检测及提取

张鑫等[45]以紫苏叶为原料，研究不同提取方法、不同品种和不同生育时期对迷迭香酸提取效果的影响，认为开花后至结实初期叶片中迷迭香酸的含量最高，是提取的最佳时期，以水：甲醇：HCl(20：80：1)提取最有效，也可用水∶丙酮∶HCl(20∶80∶1)代替。周平等[46]对迷迭香酸乙醇浸提法的提取工艺进行优化试验，确定其最佳工艺条件为 50%乙醇

提取剂,1∶50(W/V)料液比,65℃提取温度,35min提取时间。朱惠丽[47]通过实验认为乙酸乙酯萃取的最佳萃取级数为3次,料液溶剂比为5∶3(v/v),热水浸提法的最佳条件为:以40∶1(v/w)溶剂原料比在100℃下浸提45min。此外,杜桂彩等[48]研究发现迷迭香酸在50～300μg范围内与吸光度呈良好的线性关系,并利用此特点建立了一种快速、简便、准确地测定迷迭香酸含量的分光光度检测法;吕晓玲等人[49]对酶法辅助提取迷迭香酸的新型工艺条件开展研究,确定了该法提取的最佳工艺条件为:加酶量25U/g紫苏,料液比1∶40(w/v),提取温度50℃,酶反应时间为5min,高效液相色谱测定得率为0.625%,比热水浸提法提高26.26%。

4.3 黄酮类物质的提取及纯化

关于紫苏黄酮类物质的提取,李秀信等[50]采用不同化学溶剂提取方法对紫苏茎中黄酮类化合物进行提取研究,认为采用80%乙醇和60%丙酮提取效果明显;王薇等[51]采用响应面分析法优化超声提取白苏总黄酮的工艺条件,得出其最佳提取工艺条件为:加60%乙醇超声提取4次,每次18min,固液比1∶15,总黄酮提取率可达24.65mg/g;超声波提取紫苏梗中黄酮类化合物和迷迭香酸的最佳工艺条件为:3%硼砂水溶液为提取剂,料液比为1∶50(m/v),超声波输出功率为300W,提取时间90min,提取温度75℃[52];但以70%乙醇为提取剂时,超声波提取紫苏叶黄酮的最佳工艺为:料液比1∶20(g/mL),温度为60℃,功率为150W,提取次数2次(40min/次)[53]。在分离纯化方面,王薇等[54]认为HPD300大孔树脂对白苏总黄酮有良好的吸附分离性能,其吸附分离工艺条件为:总黄酮上样浓度为5mg/mL,最大吸附量为13.73 mg/g,吸附流速为1mL/min,以10倍柱体积50%乙醇洗脱,树脂可重复使用4次。但有人[55]认为利用AB－8大孔吸附树脂纯化紫苏叶总黄酮,可得到总黄酮含量为58.74%的精制品,富集效果好,适用于工业生产。

尽管关于紫苏活性成分提取检测分析的方法较多,但仍有不完善的地方,还需进一步提高提取效率和稳定性。如溶剂提取法虽然简单易行,成本低,但较为费时;超临界提取技术则存在如何提高溶剂功能、增强对极性成分的提取能力及提高提取的选择性等问题,且所需设备价格昂贵,生产成本高;超声波辅助提取可缩短提取时间,降低成本、增大提取率,是一种较为优良的提取方法,但用于大规模提取则有待于进一步研究。

5 生物技术

相对其它大宗作物来说,紫苏生物技术方面的研究报道较少,主要有离体组织培养、转基因体系建立、γ－*TMT*基因、*PfOle*19等基因的遗传转化以及*Myb*相关基因、花青素合成相关酶基因和脂肪酸合成途径相关基因的分离、克隆及表达分析。

5.1 离体培养

国内有关紫苏组织培养方面的报道较多。于淑玲等[56]对紫苏幼嫩茎尖、带叶腋芽和嫩叶等外植体进行离体诱导培养及快繁研究,建立了诱导、分化、增殖和生根等一整套离体快繁体系。周川云等[57]研究探讨了不同灭菌方法对紫苏不同外植体污染和生长的影响,为紫苏再生体系的建立和快速繁殖奠定了基础。Hou等[58]利用紫苏胚轴和子叶为外植体,以MS为基本培养基并添加不同浓度的激素,成功诱导出不定芽和再生植株,并开花结果。Zhang等[59]以子叶和胚轴为外植体建立了紫苏的快速再生体系,91.06%的子叶和76.4%的胚轴在添加适宜激素组合的MS培养基上能直接产生出芽,并在1/2MS培养基中成功生根,80%再生植株移栽成活,并开花结果;在此基础上,他还对紫苏离体开花的影响因素进行研究,建立了紫苏离体开花体系,为开花生理机制研究提供了模式系统[60]。另外,以含顶芽的紫苏胚轴茎段为外植体进行离体培养,结果发现几种外植体的再生频率从高到低依次为:顶芽,胚轴顶段,胚轴中段和胚轴基段,3－4星期之内可从顶芽处产生许多小芽,随后将小芽在添加2mg/L 6－BA的MS培养基上增殖培养,在MS基本培养基上7～10d就自发生根形成植株,建立了多叶紫苏的高效离体再生体系,为多叶紫苏的遗传操作奠定基础[61]。此外,Zhong等[62]研究了紫苏细胞悬浮培养中蔗糖浓度对花色素排泄的影响,表明高浓度的蔗糖可导致细胞膜结构改变,细胞体积变小,渗透压增高,从而释放更多的花色素和蛋白质。

5.2 遗传转化

Kim等[63]研究建立了紫苏胚轴的离体再生体系,胚轴外植体在添加6－BA 3.0mg/L的MS培养基上能再生出大量的不定芽。在此基础上,利用农杆菌EHA105菌株(含Pig121－Hm质粒)对胚轴进行遗传转化研究,经GUS染色、PCR扩增和基因组印迹杂交验证,其转化频率约为1.4%。Lee等[64]利用含不同质粒(pBKI质粒和pIG121Hm质粒)的EHA105农杆菌菌株侵染的紫苏胚轴、子叶和叶片三种外植体,进行遗传转化效率的研究,结果

表明胚轴的转化效率最高,其 pBKI 和 pIG121Hm 的转化率分别达 3.1%和 2.2%,并筛选出芽诱导和芽伸长阶段选择剂的适宜浓度分别为:草胺膦 2mg/L+卡那霉素 150mg/L 和草胺膦 1mg/L+卡那霉素 125mg/L。

在紫苏转基因体系建立的基础上,学者们研究了种子特异性启动子下的 γ—生育酚甲基转移酶(γ—*TMT*)基因在紫苏中的表达情况[65],结果说明 γ—*TMT* 基因在转基因植株的未成熟种子中特异性表达,γ—生育酚可快速向 α—生育酚转换,迅速提高种子中 α—生育酚的含量,高 α—生育酚性状能在植株后代中遗传,生育酚合成途径与脂肪酸合成之间没有相互作用。同时,研究还发现从紫苏中分离的种子特异性表达的 γ—*TMT* 基因还能在大豆中超量表达[66],使转基因大豆 T_2 种子的 α—生育酚含量和 β—生育酚含量分别提高 10.4 倍和 14.9 倍,使维生素 E 活性高出野生型 4.8 倍。此外,Chung 等[67]研究了紫苏 *PfOle*19 种子特异表达启动子在转基因拟南芥中的表达情况,结果表明 *PfOle*19 启动子能使 *Egfp* 基因在发育的长角果中表达,在叶片、茎和根中不表达;在 *PfOle*19 启动子下成熟种子中的 EGFP 表达强度和 GUS 活性分别是花椰菜花叶病毒 35S 启动下的 4 倍和 5 倍。

5.3　基因克隆及表达分析

目前主要克隆分离了 *LFY* 同源基因、*Myb*—*p*1 基因、花青素合成相关酶基因、3—酮脂酰—酸性磷酸酶转运蛋白合成酶基因以及亚油酸脱氢酶等基因,并对部分基因的表达情况进行了研究。兰树斌等[68]运用 RT—PCR 方法克隆了 *LFY* 同源基因的 cDNA 片段,通过序列比对分析表明该片段与彩叶草的 *FLO*1、花椰菜的 *BOFH*、鼠尾草的 *FLOA*2、拟南芥的 *LFY* 和金鱼草的 *FLO* 同源性依次为 90%、67%、91%、67%和 80%。Gong 等人[69]通过筛选红色紫苏与绿色紫苏 *Myb* 相关基因的表达差异,分离了 *Myb*—*p*1 基因,通过酵母双杂交表达系统分析研究证明 *Myb*—*p*1 基因参与调控花青素合成,并决定红色紫苏的花青素形成。另外,有人通过构建红色紫苏叶片的 cDNA 文库,成功分离了与花青素合成相关酶的 cDNA 克隆,如查耳酮合成酶(CHS)、黄烷酮—3—水解酶(F3H)、黄烷酮醇—4—还原酶(DFR)、类黄酮—3—o—葡萄糖基转移酶(UDP),功能分析说明这类基因属小数量多基因家族,其氨基酸序列与其它物种的相似性为 40%~90%,在色素的形成中起相应调控作用,除 *CHS* 之外,其它 3 个基因为红色紫苏特异表达[70]。通过对紫苏中 3—酮脂酰—酸性磷酸酶转运蛋白合成酶的 cDNA 克隆和表达分析表明[71]:*PfFAB*1 和 *PfFAB*24 编码的多肽分别与多种作物的 KASI 和 KASΠ/Ⅳ具有高度的相似性,*PfFAB*1 为单基因,*PfFAB*24 有两个基因,且这两个基因只在种子中调控表达。此外,Kim 等人[72]研究了紫苏亚油酸脱氢酶(prFAD3)基因在拟南芥 *fad*3 突变体中的表达情况,发现 prFAD3 具有功能活性,seFAD2 启动子可改变发育种子中的脂肪酸成分,可用于改变双子叶和单子叶作物的种子表型。

6　展望和建议

紫苏是一种极具开发价值的保健资源,其应用前景十分广阔。我国紫苏资源十分丰富,遍布全国各省区,栽培型及野生型资源都有。但由于我国对紫苏的研究工作起步较晚,与国外相比,差距较大,尚属起步阶段,有待于进一步研究和开发利用。首先可利用我国丰富的紫苏自然资源,加强对种质资源的鉴定评价及优异资源的挖掘与筛选;在此基础上,加强对某些重要性状的遗传分析和分子生物学研究;同时完善重要活性物质成分的提取工艺技术,针对其开发应用价值,进行特用或专用型品种的遗传改良和育种研究,不断促进紫苏产业的发展。

参考文献:

[1]　张　洪,黄建韶,赵东海.紫苏营养成分的研究[J].食品与机械,2006,22(2):41—43.

[2]　陆洁静,任文彬.紫苏的研究概况[J].农产品加工学刊,2009,175(6):32—34.

[3]　于修烛,李志西,杜双奎,等. α—亚麻酸保健功效及苏子油研究进展[J].粮油食品科技,2002,10(5):28—30.

[4]　蒲海燕,李影球,李　梅.紫苏的功能性成分及其产品开发[J].中国食品添加剂,2009(2):133—137.

[5]　刘大川,王　静,苏望懿,等.紫苏的开发研究及进展[J].武汉工业学院学报,2000(4):1—3.

[6]　刘绪广.类胡萝卜素提取及稳定性的研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2008.4—5.

[7]　崔　凯.苏子资源开发利用研究进展[J].农牧产品开发,1996,(11):6—7.

[8]　于长青,赵　煜,朱　刚,等.紫苏油的营养和药用价值研究[J].中国食物与营养,2007,(8):47—49.

[9]　张　麟,刘大川,李江平,等.紫苏资源综合利用技术的中试生产研究[J].粮油加工,2009,(8):51—53.

[10]　Nitta M, Lee J K, Ohnishi O. Asian perilla crops and their weedy forms: their cultivation, utilization and genetic relationship[J]. Economic Botany, 2003,

57(2):245－253.

[11] Nitta M, Lee J K, Kang C W, et al. The distribution of perilla species[J]. Genetic Resources and Crop Evolution,2005,52:797－804.

[12] Pandey A, Bhatt K C. Diversity distribution and collection of genetic resources of cultivated and weedy type in *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *frutescens* and their uses in Indian Himalaya[J]. Genet Resour Crop Evol,2008,55:883－892.

[13] Nitta M, Lee J K, Kobayashi H, et al. Diversification of multipurpose plant, *Perilla frutescens* [J]. Genet Resour Crop Evol,2005,52:663－670.

[14] Lee J K, Ohnishi O. Genetic relationships among cultivated types of *Perilla frutescens* and their weedy types in East Asia revealed by AFLP markers[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2003, 50: 65－74.

[15] Park Y J, Dixit A , Ma K H, et al. Evaluation of genetic diversity and relationships within an on－farm collection of *Perilla frutescens* (L.) Britt. using microsatellite markers [J]. Genet Resour Crop Evol, 2008,55:523－535.

[16] Kwon S J, Lee J K, Kim N S, et al. Isolation and characterization of microsatellite markers in *Perilla frutescens* Brit [J]. Molecular Ecology Notes, 2005, 5:455－457.

[17] 马　尧,孙玉开.不同品种紫苏形态、生理指标初步研究[J].种子,2009,28(6):51－53.

[18] 张太平.贵州南部山区苏子地方品种研究[J].作物品种资源,1997,(2):20－22.

[19] 张太平.黔南山区苏子种质资源研究[J].中国油料,1997,19(1):67－68.

[20] 廖扬春.苏子种质资源主要性状鉴定[J].甘肃农业科技,1991(4):8.

[21] 蔡乾蓉,吴　卫,杨文婷.紫苏属植物主要农艺性状与单株籽粒产量的相关和通径分析[J].西南农业学报,2010,23(3):841－846.

[22] 蔡乾蓉,吴　卫,郑有良,等.紫苏属籽粒含油率及其脂肪酸分析[J].中国粮油学报,2009,24(8):84－88.

[23] 王计平,史华平,南建福.紫苏种子油成分自然变异的研究[J].山西农业科学,2010,38(7):56－58,76.

[24] 胡　彦,丁友芳,温春秀,等.紫苏属植物种子含油率及其脂肪酸组成[J].食品科学,2010,31(4):165－169.

[25] Shin H S,Kim S W. Lipid composition of perilla seed [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1994,71(6):619－622.

[26] Ito M, Honda G, Sydara K. *Perilla frutescens* var. *frutescens* in northern Laos[J]. J Nat Med,2008,62: 251－258.

[27] Zhang X, Wu W, Zheng Y L, et al. Essential oil variations in different *Perilla* L. accessions: chemotaxonomic implications[J]. Plant Syst Evol,2009,281: 1－10.

[28] 张春平,何　平,杜丹丹,等. ZnSO4 和 PEG 引发对老化紫苏种子萌发及幼苗抗氧化酶活性的影响[J].中国中药杂志,2010,35(18):2 372－2 377.

[29] 张春平,何　平,何俊星,等.不同处理对药用紫苏种子萌发特性的影响[J].中草药,2010,41(8):1 361－1 365.

[30] 朱小平,王文颇,于玉桥.不同氮肥水平下紫苏生长的动态规律[J].河北科技师范学院学报,2009,23(2):22－27.

[31] 孙燕玲,张玉方,卢　进,等.不同种植密度紫苏产量研究[J].西南师范大学学报:自然科学版,2010,35(3):168－170.

[32] 梅　虎,谈　锋.紫苏花芽生理分化期叶片内源激素含量变化的动态研究[J].西南师范大学学报:自然科学版,2002,27(2):206－ 209.

[33] 梅　虎,谈　锋.内源激素和核酸与紫苏花芽生理分化关系[J] .西南农业大学学报,2002,24(2):118－120,150.

[34] 郭凤根,王仕玉.云南紫苏资源芳香油积累动态的研究[J] .中国油料,1995,17(3):54－ 56.

[35] 吕宏珍,连福惠,邓书岩,等.大棚紫苏优质高产栽培技术[J].蔬菜,2010,(8):12－13.

[36] 钱海明,盛如德,郭秀芳,等.出口紫苏大叶高产栽培技术[J].上海蔬菜,2009,(2):15－17.

[37] 李贺年,张利英,张会永,等.电照补光在叶用紫苏日光温室栽培生产中应用效果[J].北方园艺,2010,(20):83－84.

[38] 王爱琴.寒地籽用苏子栽培技术[J].现代化农业,2009,(2):27－28.

[39] 朱业斌.有机紫苏生产技术[J].科学种养,2010,(10):17－18.

[40] 梁建安.苏子套种栽培技术[J].中国农学通报,1996,12(5):39.

[41] 赵胜荣,俞雪美,高　宇.保护地紫苏三大虫害及其绿色防控技术[J].现代农业科技,2010,(13):206－207.

[42] 刘大川,王　静.紫(白)苏叶类胡萝卜素提取工艺的研究[J].中国粮油学报,2002,17(1):54－58.

[43] 高桂珍,伍晓明,陆光远,等.油菜种子类胡萝卜素总量测定方法的研究[J].植物遗传资源学报,2005,6(4):414－417.

[44] 高桂珍,伍晓明,陆光远,等.几种油料作物种子中类胡萝卜素含量的分析[J].中国油料作物学报,2008,30(3):312－315.

[45] 张 鑫,张志军,李会珍,等.紫苏叶中迷迭香酸的提取及测定[J].食品工业科技,2009,30(11):235－236.

[46] 周 平,吕晓玲.紫苏中迷迭香酸的乙醇提取优化实验研究[J].食品研究与开发,2006,27(8):38－41.

[47] 朱惠丽.紫苏中迷迭香酸的提取及紫苏提取物抗氧化性的研究[D].天津:天津科技大学,2004.

[48] 杜桂彩,王素君,杨 宏.分光光度法测定紫苏叶中的迷迭香酸含量[J].青岛大学学报,2003,18(4):67－69.

[49] 吕晓玲,姚 慧,张琳琳,等.酶法辅助提取紫苏叶迷迭香酸条件的研究[J].中国食品添加剂,2010,(1):122－127.

[50] 李秀信,汪晓峰,王兰珍,等.紫苏茎中黄酮类化合物的提取及鉴定[J].西北农业学报,2002,11(4):49－51.

[51] 王 薇,余陈欢,沈 洁,等.响应面分析法优化白苏中总黄酮的超声提取工艺[J].中药材,2007,30(12):1 586－1 589.

[52] 黄 丹,严 芳,钟世荣,等.超声波辅助水提紫苏活性成分工艺优化研究[J].中国食品添加剂,2010,(4):161－164.

[53] 胡晓丹,孙爱东,张德权.超声波提取紫苏叶黄酮的工艺研究[J].安徽农业科学,2009,37(5):2 046－2 048.

[54] 王 薇,余陈欢,刘晶晶,等.大孔树脂吸附纯化白苏总黄酮的工艺研究[J].食品科技,2009,34(1):152－155.

[55] 胡晓丹,孙爱东,徐瑞聪,等.大孔吸附树脂纯化紫苏叶总黄酮的研究[J].中药材,2009,32(3):438－441.

[56] 于淑玲.药食两用紫苏组织诱导及快繁体系的建立[J].林业实用技术,2010,(2):23－24.

[57] 周川云,戴向辰,胡 彦.紫苏不同外植体组培灭菌条件研究[J].广西农业科学,2009,40(4):340－343.

[58] Hou S W, Jia J F. *In vitro* regeneration of *Perilla frutescens* from hypocotyl and cotyledon explants[J]. Biologia Plantarum,2005,49(1):129－132.

[59] Zhang T, Wang X Y, Cao Z Y. Plant regeneration in vitro directly from cotyledon and hypocotyl explants of *perilla frutescens* and their morphological aspects [J]. Biologia Plantarum,2005,49(3):423－426.

[60] Zhang T. *In vitro* flowering of *Perilla frutescens* [J]. *In Vitro* Cell Dev Biol Plant,2007,43:91－94.

[61] Hossain H M M T, Kim Y H, Lee Y S. The apical bud as a novel explant for high－frequency *in vitro* plantlet regeneration of *Perilla frutescens* L. Britton [J]. Plant Biotechnol Rep,2010,4:229－235.

[62] Zhong J J, Xu G R, Yoshida T. Effects of initial sucrose concentration on excretion of anthocyanin pigments in suspended cultures of *Perilla frutescens* cells[J]. World J Microb & Biotechn,1994,(10):590－592.

[63] Kim K H, Lee Y H, Kim D, et al. *Agrobacterium*－mediated genetic transformation of *Perilla frutescens* [J]. Plant Cell Rep,2004,23:386－390.

[64] Lee B K, Yu S H, Kim Y H, et al. *Agrobacterium* －mediated transformation of perilla (*Perilla frutescens*)[J]. Plant Cell,Tissue and Organ Culture,2005,83:51－58.

[65] Lee B K, Kim S L, Kim K H, et al. Seed specific expression of perilla c－tocopherol methyltransferase gene increases a－tocopherol content in transgenic perilla (*Perilla frutescens*)[J]. Plant Cell Tiss Organ Cult,2008,92:47－54.

[66] Tavva V S, Kim Y H, Kagan I A, et al. Increased α－tocopherol content in soybean seed overexpressing the *Perilla frutescens* γ－tocopherol methyltransferase gene[J]. Plant Cell Rep,2007,26:61－70.

[67] Chung K J, Hwang S K, Hahn B S, et al. Authentic seed－specific activity of the perilla oleosin 19 gene promoter in transgenic *Arabidopsis*[J]. Plant Cell Rep,2008,27:29－37.

[68] 兰树斌, 李建国. 不同光周期对紫苏生长发育的影响和 LFY 同源 cDNA 片段的克隆[J].云南农业大学学报,2009,24(1):144－149.

[69] Gong Z Z, Yamazaki M, Saito K. A light－inducible Myb－like gene that is specifically expressed in red *Perilla frutescens* and presumably acts as a determining factor of the anthocyanin forma[J]. Mol Gen Genet,1999,262:65－72.

[70] Gong Z Z, Yamazaki M, Sugiyama M, et al. Cloning and molecular analysis of structural genes involved in anthocyanin biosynthesis and expressed in a forma－specific manner in *Perilla frutescens*[J]. Plant Molecular Biology,1997,35:915－927.

[71] Hwang S K, Kim K H, Hwang Y S. Molecular cloning and expression analysis of 3－Ketoacyl－ACP synthases in the immature seeds of *Perilla frutescens* [J]. Mol Cells,2000,10(5):533－539.

[72] Kim M L, Go Y S, Ahn S L, et al. Functional complementation of a perilla ω－3 fatty acid desaturase under the seed－specific SeFAD2 promoter[J]. Journalof Plant Biology,2008,51(3):174－179.

(责任编辑:王丽芳)