

刘春泉,李大婧,牛丽影,等. 香橼开发利用研究进展[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):1-5.

香橼开发利用研究进展

刘春泉^{1,2},李大婧^{1,2},牛丽影^{1,2},郁 萌^{1,3},宋江峰^{1,2}

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏南京 210014; 2. 国家蔬菜加工技术研发分中心,江苏南京 210014;

3. 南京师范大学金陵女子学院,江苏南京 210097)

摘要:综述了香橼种植管理技术、香橼产品的真伪鉴别技术、香橼挥发油的提取分析技术、香橼果实加工利用技术研究进展,旨在为更好开发利用香橼资源提供参考。

关键词:香橼;种植;真伪鉴别;成分;加工;研究综述

中图分类号: TS255.2;S567.1+90.99 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)07-0001-04

香橼为芸香科柑橘属常绿灌木或小乔木,是名贵的药食同源树种^[1]。根据《中国药典》,香橼为芸香科香圆(*Citrus wilsonii* Tanaka)和枸橼(*Citrus medica* L.)的干燥成熟果实。香橼始载于《本草图经》,具有理气和中、化痰止咳的功效,中医将香橼用于缓解胃腹胀痛、呕吐、止咳嗽等症^[2-3]。香橼树冠丰满秀丽,果实金黄色,气味芳香,集观花、观叶、观果于一体,是庭院绿化、盆栽观赏、道路绿化的佳品,在园林绿化与生产中具有广阔的应用前景。香橼原产于我国东南部,主要分布在福建、云南、广西、湖北、浙江、重庆、江苏等地^[1];其变种佛手[*Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* (Noot.) Swingle]^[4-5]以南方地区种植为主。历史上香橼多被用作药材或作为柑橘和金橘的砧木使用,近年来因绿化建设需要,香橼苗木在江苏、浙江、上海等地的需求量大幅增加,引种潜力可观。江苏省靖江市已将香橼作为“市树”,种植量已超过 100 万株,年产香橼果 3 000 t 以上。以往对香橼的研究主要集中在香橼药用价值和化工价值上,近年来研究者对香橼的种植、鉴别、深加工及综合利用技术进行了一系列研究,已在苗木的组培快繁、丰产栽培、活性成分、功能评价、饮料加工等方面取得了新进展。本文综述了近年来国内对香橼开发利用的研究现状,旨在为更好利用香橼资源提供参考。

1 香橼种植技术研究

1.1 繁殖技术

明凤等对香橼苗组培快繁技术进行了研究,结果发现采用组培、分苗快繁可达到 1 万~10 万倍/年的繁殖速度,每年可培育 100 万~300 万株整齐优质香橼树苗;该研究重点为丛生芽形成、诱导生根激素配比和培养基设计及改良,其基本培养基为 MS 无机盐+2.5% 植物凝胶(pH 值为 5.7),丛生芽诱导培养基为 MS 无机盐+3% 蔗糖+适当激素配比+2.5% 植物凝胶,根诱导培养基为 MS 无机盐+3% 蔗糖+适当激素配比+2.5% 植物凝胶,该香橼组织培养技术为国内外首次报

道^[6]。赵世经对 Etrog 香橼的扦插繁殖进行了研究,分别取 Etrog 香橼茎芽或枝段经苯乙酸进行集团插、短穗插、嫩梢插、单芽插、匍伏枝插、裸枝插试验,结果表明在重庆市露地扦插以 6 月进行为宜,为提高枝段成活率,宜用带 1/3 叶的单芽或带 1/2 叶的短穗扦插^[7]。周祥峰等研究了香橼种子繁殖技术,包括种子的采收、贮藏、播种、苗期管理及移栽管理等^[8]。

1.2 抗寒性试验

香橼在苏中地区种植时受冻害的频率较高,因此必须采取抗寒栽培措施。周祥峰等认为,树体的抗寒能力与树体的木质化程度及树体养分的储存关系密切,木质化程度低,枝叶幼嫩,树体的抗寒能力低;树体内营养积累少,树体的抗寒性弱^[9]。因此,要采取措施培育健壮树体,生长期施肥要在前期即春梢抽生后(一般 7 月底前)施完,避免 8 月后施肥造成树体营养生长过旺,使新梢停止生长,木质化程度低而降低抗寒性。新梢木质化程度取决于其停止生长时间,根据 10 多年观察记录,9 月上旬以后抽生的枝条基本属于晚秋梢,易在 -6℃ 下冻死,由此可知香橼每年抽梢应控制在 2 次以内,如第 2 次抽梢应控制在 8 月中旬,9 月中旬前枝条抽生基本完成。姜慧等对江苏省靖江市选育的 10 个三年生香橼半同胞家系子代进行了抗寒性研究,结果显示各家系子代苗之间的抗寒性存在显著差异;春江 7 号和新世纪 2 号抗寒性差,在田间 -11℃ 自然低温下受冻级别均达Ⅲ级,耐寒指数为 3.25~3.40,半致死温度分别为 -7.91、-7.05℃;春江 5 号抗寒性较强,耐寒指数为 2.17,半致死温度为 -13.28℃;其余家系抗寒性中等, -11℃ 田间自然低温下受冻级别均为Ⅱ级,耐寒指数为 2.33~2.86,半致死温度为 -11.69~-9.91℃;在 -15~-3℃ 低温胁迫下,家系子代苗叶片中超氧化物歧化酶(SOD)活性、可溶性蛋白质含量、脯氨酸含量、丙二醛(MDA)含量均存在极显著差异,并随着温度降低总体呈先上升后下降的趋势;SOD 活性、可溶性蛋白质含量、脯氨酸含量与耐寒指数、半致死温度均呈负相关,MDA 含量与耐寒指数、半致死温度呈正相关;一般来说,SOD 活性、可溶性蛋白质含量、脯氨酸含量高且 MDA 含量低的家系耐寒指数、半致死温度低,抗寒性强;反之,SOD 活性、可溶性蛋白质含量及脯氨酸含量低且 MDA 含量高的家系耐寒指数、半致死温度高,抗寒性差^[1,10]。各香橼家系可通过上述生理指标的综合变化来调节自身对逆境的适应性,增强抗寒性,减少

收稿日期:2013-10-16

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE2012403)。

作者简介:刘春泉(1959—),男,江苏如东人,硕士,研究员,从事农产品精深加工及产业化开发研究。E-mail: liuchunquan2009@163.com。

逆境的伤害,这为耐寒品种选育研究提供了生理基础。

1.3 种植管理

无论是作为经济作物,还是作为景观树,香橼都须加强科学种植管理。许叁卫提出的香橼种植管理技术是:合理配方施肥,做到因地制宜、因时制宜、因树制宜;合理修剪,提高树体自身的抗病虫能力;善于观察病虫发生规律,在关键时期进行人工或物理防虫,最好利用生物农药进行防治,若利用化学农药防治尽量使用高效低毒、无残留的农药^[11]。柳代善强调,香橼丰产栽培要以培养丰产树型为基础,适时合理修剪是关键,平时要加强肥水调控和病虫害防控等^[12]。石健泉等提出了科学施肥、合理整形修剪、适当保花保果与疏花疏果、适时病虫害防治、及时采收与贮藏等技术措施^[13-14]。

2 香橼鉴别技术

长期以来,中医以香橼干入药,其药材质量直接影响临床应用效果和患者生命安全^[15]。为此研究者围绕香橼药材真假鉴别开展了大量研究。毛淑杰等围绕建立香橼系统完整的质量评价标准进行研究,从查阅古代香橼应用历史及目前研究状况入手,开展了香橼品种资源及药材现状的市场调查,并对 2 个香橼样品化学成分进行提取分离,采用 HPLC 法对其进行定性、定量分析,找到两者的鉴别特征,以此建立包括性状鉴别、薄层鉴别、水分检查及灰分含量测定等评价香橼药材的质量标准;还对香橼药材的指纹图谱进行了研究,采用 HPLC 方法,用 Kromasil C₁₈ (4.6 mm × 250 mm, 5 μm) 色谱柱,甲醇和冰醋酸 - 水 (体积比 3.1 : 100) 梯度洗脱,流速 1.0 mL/min,检测波长 284 nm^[16]。毛淑杰等采用该方法建立了 2 个香橼品种药材指纹图谱^[17],可以准确、可靠评价香橼药材质量。高晓霞等利用 ITS - RFLP 技术快速鉴别佛手及其近源种香橼,该方法结合 PCR、RFLP 技术的优点,简化了操作步骤,降低了成本,同时又弥补了序列测定的不足;利用该方法对同一份新鲜样品进行多次基因组总 DNA 提取,对不同模板浓度进行 PCR 扩增,对纯化的扩增产物进行限制性内切酶切分析,结果表明酶切图谱稳定;该方法对外形上较易混淆种类的鉴定具有快速、重现性好且价廉省时等优点^[18-19]。同时,该研究还采用 PCR 直接测序技术测定广佛手和香橼 rDNA ITS 序列并作序列变异分析,结果表明 4 个样品 rDNA ITS 序列长度为 644 ~ 672 bp,其中 ITS1/5.8S rDNA 长度为 165 bp,编码区较保守;广佛手和香橼的 ITS1/ITS2 序列平均遗传距离分别为 0.009 5、0.014 2,且存在显著差异^[4]。由此可见,可将 rDNA ITS 序列作为鉴定佛手的重要手段。

除了运用现代分析仪器进行鉴别外,周玉海提出了香橼与枳壳的性状鉴别方法,对各自性状特征描述如下:香橼为类球形、半球形或圆形片状,表面黑绿色或黄绿色,密被凹陷的小油点及网状隆起的粗皱纹,顶端有花柱残痕及隆起的环圈,基部有果梗残迹,质坚硬;横切面边沿油点明显,中果皮厚约 5 mm,瓤囊 9 ~ 11 室,棕褐色或淡红棕色,种子黄白色,气香、味酸而苦;枳壳呈半球球形,翻口似盆状,直径 3 ~ 5 cm,外表皮绿褐色或棕褐色,有顺粒状突起,放大镜下每个突起的顶端有小凹点,顶端有明显的花柱残迹,基部有环状果柄的痕迹;横切面观:中果皮黄白色,光滑而稍隆起,果皮边沿外侧散有 1 ~ 2 列棕黄色油点,质坚硬,不易折断,瓤囊 7 ~ 12 瓣,汁囊

干缩呈棕色、棕褐色或紫黑色,内藏种子数粒,气清香,味苦而后微酸^[20]。

为正确识别香橼与柚的真伪,蔡秋平对其进行了生药鉴定,主要从果皮性状、粉末特征、薄层层析及功效等层面对枸橼、香橼、柚进行鉴别^[21]。孔卫东也通过性状及薄层色谱比较的方法开展了枸橼、香橼及柚真伪的研究,他认为与香橼相比,柚果皮较细腻,质地较脆,气似陈皮,味苦,无甜味及酸味^[22]。枸橼与柚的化学成分存在差异,枸橼不含柚皮苷,而柚则含柚皮苷,该特征是对其鉴别的重要依据。

3 香橼营养功能成分提取分析

香橼富含各种营养物质,为了促进其在医药和精细化工等领域的应用^[23],越来越多的科技工作者对此开展深入研究。

3.1 香橼药材中柚皮苷分析

柚皮苷是香橼药材的主要成分之一,朱景宁等采用 HPLC 法对不同产地市售及采集的香橼药材中柚皮苷含量进行测定,其色谱条件为 Kromasil C₁₈ (416 mm × 250 mm, 5 μm) 色谱柱,流动相甲醇 - 水 - 冰醋酸溶液 (体积比 30 : 63 : 3),流速 1.0 mL/min,检测波长 284 nm,柱温 35 ℃,结果表明用 50% 甲醇加热回流 1 h 对样品提取效果最好,该研究中共 26 批样品,其中伪品枳壳 1 批、香橼 19 批、枸橼 6 批;香橼中柚皮苷含量最高达到 7%,最低也在 1% 以上,而枸橼中仅含微量柚皮苷^[24]。

3.2 香橼挥发油组分分析

挥发油是香橼的重要活性物质,丁玉萍等采用超临界 CO₂ 流体萃取法从香橼中提取挥发油,并用气相色谱 - 质谱联用技术分析其化学成分;超临界 CO₂ 流体萃取工艺条件为:压力 15 MPa,萃取池温度 40 ℃,接收池温度 30 ℃,先静态萃取 45 min,再动态萃取 20 min,CO₂ 流量 115 mL/min,得油率 1.1%;挥发油为棕黄色透明油状液体,具有特殊浓郁果香味。气质联用分析采用的气相色谱条件为色谱柱弹性石英毛细管柱 DB - 5 (0.25 mm × 30 m × 0.25 μm),程序升温条件为:初始温度 60 ℃,保持 3 min;以 15 ℃/min 升至 180 ℃,保持 2 min;再以 6 ℃/min 升至 250 ℃,保持 50 min。载气 N₂,流量为 1 mL/min,柱前压为 53.5 kPa,分流比 30 : 1,汽化室及检测器温度均为 280 ℃。气相色谱 - 质谱分析条件:离子源为电子轰击 (EI) 源,色谱柱及程序升温条件同上,载气 He,流量为 1 mL/min,柱前压为 53.5 kPa,分流比 30 : 1,接口温度 280 ℃,离子源温度 200 ℃,电离电压 70 eV,扫描范围 30 ~ 550 amu。共鉴定出 49 种成分,主要有亚油酸 (32.09%)、棕榈酸 (21.76%)、9 - 十八碳烯酸 (9.93%)、D - 柠檬烯 (4.75%),鉴定出的化合物种类占挥发油总成分的 81.6%,占色谱总离子流出峰面积的 95%^[23]。

3.3 香橼皮精油香气活性成分分析

为更加准确测定香橼精油组分,牛丽影等采用蒸馏法提取香橼皮精油,运用气相色谱 - 质谱 - 嗅辨仪联机技术 (GC - MS - O) 对其成分组成及香气活性成分进行了研究;气质联机测定条件为:进样口温度 250 ℃,离子源温度 230 ℃,MS 四极杆温度 150 ℃,质量扫描范围 30 ~ 450 m/z,扫描速度为 5.27 scan/s,分流比设定为 30 : 1,溶剂延迟时间 5.4 min;采用色谱纯甲醇将精油样品稀释 20 倍后进样,进样量 2 μL;

升温程序为 50 ℃ 保留 2 min, 然后以 4 ℃/min 升温至 220 ℃; 精油成分分析采取定性、定量与 GC-O 结合的方法; 综合采用 3 种方法进行定性分析, 一是将待测成分的离子扫描图谱与 NIST08 谱库进行比对, 二是与标准参照样品的离子扫描图谱及保留时间比较, 三是根据标准系列正构烷烃的保留时间计算保留指数 (LRI 值), 与文献中相同极性色谱柱比较; 采用扣除溶剂峰后的峰面积归一法进行定量分析, 峰面积计算由 Agilent 色谱工作站完成; GC-O 分析试验由 3 位评价员进行, 评价员均经历过柑橘及香橼的实际嗅闻训练及香料单体嗅闻训练; 色谱柱流出物按 1:1 比例分别进入质谱及嗅闻器 (ODP), ODP 加热温度为 150 ℃; 每个评价员记录从 ODP 出口闻到的气味强度及时间, 并描述气味, 强度按强、中、弱记录; 每位成员进行 3 次平行测定, 对某一色谱峰的气味累计 5 次以上, 作为香气分析结果; 通过香橼精油的 GC-MS 总离子流图比对分析, 共鉴定出 44 种化合物, 为总离子流的 97.41%, 其中柠檬烯含量最高, 为精油的 50.53%, 其次为对伞花烩 (16.40%), 其他含量较高的成分还有 γ -蒎品烯 (8.70%)、罗勒烯 (5.03%)、 β -蒎烯 (3.35%)、 α -蒎烯 (2.66%)、 β -月桂烯 (2.30%); 另外检测出 11 种香气活性成分, 其中已鉴定出 9 种, 分别为 α -蒎烯、 β -蒎烯、对伞花烩、柠檬烯氧化物、里那醇、4-蒎品醇、反-对-薄荷-2,8-二烯醇、丙酸松油酯、乙酸橙花酯、巴伦西亚橘烯; 嗅闻结果显示, 伞花烩、丙酸松油酯可能对香橼的特征香气起重要作用^[25]。

3.4 枸橼香豆素、黄酮类成分分析

香橼所含化合物较多。李建绪等对枸橼果实的香豆素和黄酮类成分进行研究, 采用硅胶柱色谱法及 Sephadex LH-20 柱色谱法进行分离纯化, 依据理化性质和光谱数据鉴定化合物结构, 结果从枸橼果实的 95% 乙醇提取物中分离鉴定出 11 种化合物, 包括 7 种香豆素类化合物: 7-羟基香豆素、5,7-二羟基香豆素、7-羟基-6-甲氧基香豆素、5,7-二甲氧基香豆素、6,7-二甲氧基香豆素、佛手柑内酯、8-(2',3'-二羟基-3'-甲丁基)-5,7-二甲氧基香豆素, 4 种黄酮类化合物: 香叶木素、柚皮素、柚皮苷、橙皮素; 其中部分化合物为首次从枸橼中分离得到^[26]。

3.5 香橼叶精油化学成分分析

香橼四季常绿, 为了提高香橼的综合利用效益, 伍岳宗等采用气相色谱保留指数定性法、色谱-质谱-计算机联用测定和标准品添加法分析了木里香橼叶精油的化学成分, 从分离出的 59 个色谱峰, 鉴定了 31 种化合物, 其中主要成分为柠檬烯 (31.730%)、芳樟醇 (1.554%)、香茅醛 (23.383%)、香茅醇 (1.189%)、橙花醇 (11.777%)、香叶醛 (16.544%)、乙酸香茅酯 (1.427%)、乙酸橙花酯 (2.258%)、乙酸香叶酯 (4.714%) 等; 同时将木里香橼叶油、木里香橼果皮油与云南野香橼叶油进行了比较, 结果表明木里香橼叶油中含氧化合物的醇、醛、酯含量较高, 可作为进口橙叶油的较好替代品, 是一种很有潜力的天然香料资源^[27]。

3.6 香橼种子油成分分析

不仅香橼果实、叶中富含挥发油, 其种子也不例外。董丽荣等对香橼种子油脂成分进行了 GC-MS 分析, 色谱柱为 HP-5MS 毛细管石英柱 (30 m × 0.25 mm, 0.25 μ m), 载气 He, 进样口温度 270 ℃, 接口温度 280 ℃, 恒定柱流量为

1 mL/min, 分流比 18:1; 离子源 EI, 电子能量 70 eV, 扫描范围 35~455 amu; 程序升温 50 ℃ (保持 1 min), 按 5 ℃/min 升至 280 ℃ (保持 5 min); 通过 xcalibur 工作站 NIST98、Wiley275 谱图库进行检索, 确认各化合物, 按峰面积归一化法计算各成分含量, 结果表明香橼种子出油率为 18.9%; 从种子油的甲酯化产物中鉴定出 27 种化合物, 占油脂甲酯化物总量的 87.18%, 其中 15 种脂肪酸酯类衍生物, 占油脂甲酯化物总量的 84.77%, 其中饱和脂肪酸 28.23%, 不饱和脂肪酸 56.54%; 主要脂肪酸分别为己二酸 (4.88%)、棕榈酸 (20.76%)、油酸 (20.78%)、亚油酸 (34.45%)、硬脂酸 (2.04%); 另有微量烯烃类化合物 3 种, 占分析总量的 0.12%, 主要是具有浓烈青草气味的 (E)-5-甲基-庚-4-烯-3-酮、柠檬烯、5-甲基-1-苯基-1,3,4-己三烯; 稠环芳烃类化合物 6 种, 占分析总量的 0.86%, 分别是具有香樟木气味的萘、1-甲基萘、2-甲基萘、2,7-二甲基萘、2,3-二甲基萘、1,6-二甲基萘^[28]。

3.7 野香橼果皮油分析

王钊等采用气相色谱-质谱-计算机联用仪对野香橼果皮油进行分析, 共检出 74 种成分, 鉴定出其中 34 种成分, 其成分含量占总成分含量的 96.61%, 其中 1-甲基-2-异丙基苯占 60.67%, 1-甲基-2-丙基苯占 28.93%, 为含量最多的 2 种成分, 除 4,8-二甲基-1,7-壬二烯占 1.3% 外, 其余成分含量均小于 1%; 从检测结果可以看出, 野香橼果皮油成分与香橼叶、种子油成分全然不同, 野香橼果皮油香味独具特色, 可作为洗涤剂、香皂、化妆品及食品等调香料^[29]。

3.8 香橼中 β -胡萝卜素分析

β -胡萝卜素素有维生素 A 源之称, 是一种重要的人体生理功能活性物质。近年来有关 β -胡萝卜素对人体作用的研究异常活跃。大量研究证实, β -胡萝卜素的许多生物功能与人类健康有密切关系, 其在抗氧化、解毒、抗癌、预防心血管疾病、防治白内障和保护肝脏方面的生理作用已被证实并应用。曹玮等采用反相 HPLC 法对香橼中 β -胡萝卜素进行测定, 以甲醇-四氢呋喃为流动相, 在 5.7 min 内就能完成对 β -胡萝卜素的分析测定, 该方法快速、简便, 回收率达 (106.8 ± 0.70)%^[30]。

4 香橼的加工利用

随着香橼种植量的迅速增加, 香橼果实的加工利用也受到关注。张振杰等研究了利用香橼干制备饮料的方法, 其工艺为: 原料→切片、晒干→石灰水浸泡→清洗→中和浸泡→保温浸提 (3 次)→粗滤→滤渣→破碎→加水搅拌→压滤→调配→精滤→装罐→封盖→杀菌→成品; 配方为香橼 50 kg、甘草 2.5 kg、柠檬酸 0.8 kg、柠檬酸钠 0.7 kg、麦芽酚 60 kg、水 2 t、白砂糖 150 kg、蜜糖 20 kg; 该饮料糖度为 8%、白砂糖与柠檬酸质量比以 100:1 为最佳, 口感清凉, 且具保健功能, 适宜夏季饮用^[31]。蒋俊兰等在野香橼果皮及鲜叶精油研究的基础上, 开展了鲜果加工利用研究, (1) 制蜜饯。先配成密度 1.17 g/cm³、浓度 40% 的糖液, 煮沸后加入经预处理的野香橼果块 30 kg (以淹没果实块为限), 复沸后加入密度 1.17 g/cm³ 的糖液 2.5 kg, 如此反复沸腾与补糖液 3 次, 共历时 30~40 min, 然后再分 6 次补糖完成糖煮, 第 1、第 2 次各

加糖 2.5 kg,第 3、第 4 次各加糖 2.5 ~ 3.0 kg,并加少量剩余糖液,第 5 次加糖 3.0 kg,以上每次加糖间隔 5 min,第 6 次加糖 3.5 kg 煮 20 min;待果肉被糖液浸透而呈浅褐色半透明时即可出锅,全部煮制时间约为 1.5 h,然后经 2 d 带汁浸渍后沥干,于 60 ~ 65 °C 干燥至果块不黏手为宜,干燥时间 36 h 左右,最后经整形挑选进行包装。(2)制罐头。将经预处理的果块放入煮沸的密度 1.33 g/cm³、浓度 67% 的糖液中,滤去表面飘浮物和凝结物,煮沸后密封装罐,即成罐头。(3)果汁加工。野香橼果中含有丰富的果汁,经人工挤压可得 41.5% 的原汁,原汁中含有人体所需的糖、蛋白质、维生素等营养物质,pH 值为 2,具有酸味及特殊香味,加入少量食糖及调味香精,稀释 40 倍仍可感觉到香橼风味,是一种极好的清凉饮料^[32]。许洁玲等研究了利用佛手香橼浓缩液制备含片的工艺,该工艺为:将佛手香橼浓缩液、辅料浓缩液混合→加入经粉碎过 100 目筛的木糖醇、葡萄糖、食盐的混合物→制软材→造粒→干燥→压片→灭菌→包装→成品;所得配方为佛手香橼浓缩液 4%、辅料(含杏仁、陈皮、青果、金银花、桔梗、胖大海、甘草)浓缩液 3%、柠檬酸 1.6%、薄荷脑 0.4%、木糖醇 60%、葡萄糖 15%、麦芽糊精 14%、食盐 2%;以此工艺生产的含片外观为双凹椭圆形,呈棕黄色,外表光滑,无肉眼可见杂质;入口清凉,滋味清甜、微酸,具有佛手香橼特有风味^[33]。施学武等提出了 3 种佛手鲜果储藏方式:一是普通储藏,依靠自然通风来调节储藏环境温度和湿度;二是低温储藏,利用冰温或机械制冷来保持储藏的适宜低温,一般采用 4 °C,该温度下佛手组织能正常呼吸又能停止进一步发育;三是速冻和气调等较高技术层次的储藏方式^[34]。

据报道,一些厂家将佛手果实压榨制成保健饮料^[34]。也有人制作香橼佛手饮料,治疗功能性消化不良症有明显效果,其基础方为香橼 12 g、佛手 12 g、茯苓 18 g、白术 12 g、法半夏 9 g、厚朴 9 g、枳壳 12 g、陈皮 9 g、甘草 6 g、生姜 6 g、大枣 2 枚^[35]。制作香橼膏治疗乳腺炎,其配方为香橼 2.5 kg、豆腐浆 7.5 L、乳香 10 g、冰片 10 g^[36]。香橼叶挥发精油中含有多种重要的致香化学成分,李雪梅等将适量香橼叶挥发油添加到香烟丝中,结果显示其能明显改善和修饰卷烟香气,使烟香丰满,烟气细腻柔和^[37]。由此可见,香橼挥发油是一种理想的天然烟用香原料。

5 香橼开发利用展望

目前,对于香橼的开发利用研究还不够系统、深入。利用香橼制作药材以切片晒干为主;利用香橼制作蜜饯、罐头及压榨制作饮料的方法也很简单粗放;对于香橼所含挥发油也仅停留在提取方法和组分分析层面,真正开发利用的研究很少涉及。成熟香橼果实富含柚皮苷、 β -谷甾醇、枸橼酸、维生素 C 以及多种人体必需的微量元素;果皮中含多种胡萝卜素以及芳香油;种子含黄柏酮、黄柏内酯;香橼果皮芳香油组分以萜烯类碳氢化合物、含氧衍生物及长链脂肪酸(以亚油酸、棕榈酸为主);三萜类化合物具有抗癌、抗炎、抗菌、抗病毒等多种生物活性,亚油酸具有抗血栓、降血脂、降胆固醇,促进大脑发育,改善及保护血管壁,防止动脉粥样硬化作用,还具有抗癌作用,能抑制乳腺癌、胃癌、皮肤癌、前列腺癌肿瘤细胞的增殖等。

香橼开发利用前景广阔,一是充分利用现有干燥技术开发香橼茶和香橼药材,二是应用现代食品加工技术制作香橼蜜饯及罐头,三是通过树脂脱苦或酶解脱苦技术制作香橼饮料及复合饮品,四是充分利用香橼叶、果皮及种子提取精油作为化妆品原料或食品添加剂,五是采用干燥或浸提等技术制成水剂或片剂中成药等。

参考文献:

- [1]姜 慧,李永荣,徐迎春,等. 10 个香橼半同胞家系子代苗抗寒性研究[J]. 林业科技开发,2012,26(2):36-41.
- [2]国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:化学工业出版社,2000:1821.
- [3]朱景宁,毛淑杰,李先端. 香橼药材品种资源及市场现状调查报告[J]. 中药材,2006,29(7):653-655.
- [4]高晓霞,陈晓颖,罗源生. 广佛手 rDNA ITS 序列测定及特点的初步分析[J]. 时珍国医国药,2007,18(1):162-163.
- [5]郭天池. 中国的枸橼[J]. 中国柑桔,1993,22(4):3-6.
- [6]明 凤,叶鸣明,沈大棱. 宝山地方特色树种香柚(香橼)组培快繁工厂化育苗技术的建立[J]. 上海农业科技,2002(5):18-19.
- [7]赵世经. ETROG 香橼的扦插繁殖[J]. 中国柑桔,1988,17(3):17-28.
- [8]周祥锋,陈 朝. 枸橼贮存和播种[J]. 中国林业,2006(7):35.
- [9]周祥锋,陈 朝,石志国. 苏中地区香橼林业产业发展的几点建议[J]. 现代园艺,2012(14):27-27.
- [10]姜 慧,徐迎春,李永荣,等. 香橼优良单株半同胞家系子代抗寒性研究[J]. 江苏林业科技,2012,39(1):1-5.
- [11]许叁卫. 德宏州极具开发价值的保健水果——香橼[J]. 云南农业,2011(2):26-27.
- [12]柳代善. 香橼丰产栽培管理技术要点[J]. 现代种业,2005(2):43.
- [13]石健泉,曾沛繁. 佛手的形态特征及栽培管理[J]. 浙江柑橘,2004,21(4):18-20.
- [14]石健泉,蒋运宁. 佛手特征及栽培技术[J]. 广西园艺,2006,17(1):20-22.
- [15]苏桂云,刘国通. 香橼的真伪鉴别[J]. 首都医药,2010,17(5):52.
- [16]毛淑杰,李先端,顾雪竹,等. 香橼的质量评价标准研究[J]. 中国中医药信息杂志,2008,15(S1):42-43.
- [17]毛淑杰,朱景宁,顾雪竹,等. 香橼药材高效液相指纹图谱研究[J]. 中药材,2007,30(8):932-936.
- [18]高晓霞,陈晓颖,罗源生,等. 佛手及其近源种香橼 rDNA ITS-RFLP 初步分析[J]. 长春中医药大学学报,2006,22(4):77-78.
- [19]高晓霞,陈晓颖,罗源生. 商品佛手和香橼 rDNA ITS-RFLP 鉴别研究[J]. 长春中医药大学学报,2007,23(2):37-38.
- [20]周玉海. 香橼与枳壳的鉴别[J]. 中药通报,1986,11(22):20.
- [21]蔡秋平. 香橼伪品——柚的生药鉴定[J]. 基层中药杂志,2002,16(1):37-37.
- [22]孔卫东. 香橼及其混淆品柚的鉴别[J]. 中国药业,2000,9(12):15-15.
- [23]丁玉萍,韩 玲,邱 琴,等. 超临界 CO₂ 流体萃取法提取香橼挥发油化学成分的研究[J]. 精细化工,2005,22(10):770-772,780.
- [24]朱景宁,毛淑杰,顾雪竹,等. HPLC 测定香橼中柚皮苷的含量[J]. 中国中药杂志,2007,32(3):265-266.

宋玉芝,张艳娜,黄晓峰,等. 湿地植物对农业面源磷污染净化作用的研究进展[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):5-8.

湿地植物对农业面源磷污染净化作用的研究进展

宋玉芝¹, 张艳娜¹, 黄晓峰², 管益东¹, 李海妮²

(1. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏南京 210044; 2. 无锡城市发展集团有限公司, 江苏无锡 214031)

摘要:随着全球水环境问题的加剧,对湿地生态功能的认识程度在不断加深。农田磷的流失在水体污染中占有重要的地位,是引起水体富营养化的重要原因,磷是植物生长所必需的元素,湿地植物对营养物质的截留功能倍受关注。笔者就湿地植物对农业面源污染物磷的去除及去除机理,以及影响去除效果的主要因子等方面的国内外研究进行回顾和总结,明确湿地植物种类及其组合对农业面源磷负荷截流的重要性以及有关湿地植物未来的研究方向,为农业面源污染控制和富营养化污染管理提供思路。

关键词:湿地植物;农业面源;磷污染;净化作用

中图分类号: X71 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)07-0005-04

农业面源污染物中的磷素是水体富营养化的主要限制性因子之一^[1-2],农田流失的养分随地表径流或农田退水进入受纳水体,导致下游水体富营养化,使水环境质量保护面临巨大的挑战^[3]。湿地是陆地和水体之间的一个过渡带,它在汇集、转化各种营养物质和废弃物方面具有其他系统不可替代的重要作用。农田径流经由湿地,有利于径流水体水质的改善^[4]。湿地对磷素的净化作用通过基质的吸附和沉淀、植物吸收、微生物固定等作用来实现^[5]。植物是湿地系统重要的组成部分,在湿地对营养物质的截留功能中起着重要的作用^[6]。植物存在与否对磷去除率的影响很大,种植植物的湿地系统对磷的去除率高于无植物湿地系统^[6-8]。湿地植物不仅通过吸收作用直接去除湿地磷,湿地植物还能通过影响土壤理化性质及微生物种类及数量等从而间接影响湿地磷的去除,而湿地生境中氮和磷含量的改变导致物种间竞争能力和对环境胁迫适应能力的变化,进而引发植物群落的变化,导致湿地生态系统结构和功能的变化^[9-11]。湿地中植物及湿地

磷循环关系越来越多地受到相关学者关注。湿地及湿地植物用在处理生活污水、养殖水、污染湖泊及河流水、景观水、污水处理厂尾水、复合废水、工业废水都有相关报道,在生活污水及工业污水处理方面研究较多,而将其作为净化农业面源磷污染及富营养化水体磷污染的研究还处在起步阶段^[12-13],针对已有的关于湿地植物对净化磷的研究进行回顾和总结。阐述湿地植物对磷污染的净化机理及影响因素,探讨湿地植物种类及组合对磷污染控制的重要性,以为农业面源污染控制和富营养化污染管理提供理论依据。

1 湿地植物对湿地磷的去除效应

湿地植物是湿地生态系统中重要的组成部分,在湿地生态系统对磷去除率中占据重要的位置^[6-7,14-15]。已有研究表明,植物湿地系统春夏季磷的平均去除率在60%以上,即使在冬季也能达到40%以上,出水水质稳定,而无植物湿地系统磷的去除率仅为28%^[7];Cui等在垂直流人工湿地系统的研究表明,风车草的生物量每增加1 000 g,其地上部分TP积累量增加4.9 g^[14];宋英伟等通过人工湿地试验表明,人工湿地种植植物后对总氮(TN)、总磷(TP)的去除率比无植物状态时分别提高13.6%和19.5%^[15]。彭婉婷等研究表明,有植物湿地相对于无植物的湿地其最大净化率提高了43.73%^[6]。农业面源污水具有污染物浓度较低、成分复杂等

收稿日期:2013-10-09

基金项目:国家科技重大专项(编号:2012ZX07101-013-02);国家自然科学基金(编号:41071341)。

作者简介:宋玉芝(1970—),女,河南信阳人,副教授,主要从事水体富营养化方面的研究。E-mail: syz70@nuist.edu.cn。

- [25] 牛丽影,郁 萌,刘夫国,等. 香橼精油的组成及香气活性成分的GC-MS-O分析[J]. 食品与发酵工业,2013,39(4):186-191.
- [26] 李建绪,王红程,高美华,等. 枸橼果实的香豆素和黄酮类成分研究[J]. 药学研究,2013,32(4):187-189,192.
- [27] 伍岳宗,温鸣章,肖顺昌,等. 我国特有植物——木里香橼叶精油化学成分的研究[J]. 天然产物研究与开发,1990(1):32-36.
- [28] 董丽荣,李忠荣,阎玉鑫,等. 香橼种子油脂成分的GC-MS分析[J]. 中国现代中药,2010,12(7):19-21.
- [29] 王 钊,蒋俊兰,梁瑞璋. 野香橼果皮油成分研究[J]. 西南林学院学报,1989,9(2):131-135.
- [30] 曹 玮,章小丽,袁 瑾,等. 香橼中 β -胡萝卜素含量的反相高效液相色谱测定[J]. 山东化工,2004,33(4):32.
- [31] 张振杰,韦 薇. 香橼饮料的生产工艺研究[J]. 楚雄师专学

报,1999,14(3):81-83.

- [32] 蒋俊兰,梁瑞璋,王 钊. 野香橼综合加工利用的研究[J]. 西南林学院学报,1987(2):14-17.
- [33] 许洁玲,江乙逵,陈 宇,等. 保健型佛手香橼含片的研制[J]. 现代食品科技,2007,23(5):56-57.
- [34] 施学武,姜新福. 佛手怎样深加工[J]. 中国花卉园艺,2004(10):34-35.
- [35] 杨维平. 香橼佛手饮治疗功能性消化不良96例[J]. 中国中医药现代远程教育,2010,8(8):46-47.
- [36] 王天顺. 香橼膏治疗乳腺炎[J]. 中医研究,1988(1):16.
- [37] 李雪梅,刘维涓,周 瑾,等. 香橼叶挥发性化学成分及其在卷烟加香中的应用研究[J]. 烟草科技,2000(5):24-25.