

文章编号: 1000-5692(2007)04-0497-07

# 园林植物化感作用研究现状与问题探讨

张 岚, 高素萍

(四川农业大学 林学院园艺学院, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 化感作用已成为园林植物相互关系研究的热点和焦点之一。从化感作用的概念、争论焦点、研究方法、化感物质的成分及作用机制等方面系统地总结了国内外园林植物化感作用的研究成果, 指出现阶段研究存在的 6 个方面问题并进行了分析讨论: ①科学文献少, 经验材料多, 研究不够深入; ②研究对象尚待明确, 应更多基于指导实践的目的, 选择实际中人工配置频繁的观赏种及品种进行研究; ③化感作用的证实缺乏说服力, 应区分化感作用与其他植物应激机制, 注重研究化感在整个植物相互关系中的作用和地位; ④实验室和自然环境之间的差异导致说服力降低, 建议将实验室研究与自然环境模拟实验相结合来进行研究; ⑤化感作用物质的报道少; ⑥化感物质的作用机制研究不够深入, 应深入研究园林植物化感作用的机理及一般规律, 以指导园林植物配置。参 56

**关键词:** 植物学; 园林植物; 化感作用; 化感物质; 综述; 研究现状; 问题探讨

**中图分类号:** Q948.1; S688      **文献标志码:** A

植物之间的化感作用 (allelopathy) 是一个古老的自然现象。自 1937 年德国科学家 Molish 首次提出其概念以来, 科学工作者对化感作用的作用物类型、作用方式、作用机制与生态环境的关系以及在生产生活中的应用等方面进行了卓有成效的探索。园林植物(观赏植物)是指具有一定观赏价值, 适用于室内外布置, 美化环境, 改善环境, 并丰富人们生活的植物<sup>[1]</sup>。园林植物化感作用的研究对于园林植物配置的科学性和植物群落演替有着直接影响, 同时也影响园林人工生态系统的稳定和功能发挥, 近年来日渐成为研究的热点。

## 1 化感作用的概念及争论

Molish 将化感作用定义为植物在其生长发育过程中, 通过排出体外代谢产物及腐烂植株物质, 改变其周围微生态环境, 从而导致同一生态环境中植物与植物、植物与微生物之间相互排斥或促进的一种自然现象。Rice (1974) 在专著 *Allelopathy* 中将它定义为: 一种植物通过向环境释放化学物质而对另一种植物(包括微生物)所产生的直接或间接的伤害作用。1984 年此书再版时又增加“有益”作用<sup>[2]</sup>。国际化感协会 (IAS, 1996) 将它定义为: 由植物、真菌、细菌、病毒产生的化合物影响农业和自然生态系统中的一切生物生长与发育的作用, 但此定义并未得到广泛定论。

由于化感作用的概念属于植物间相互关系的范畴, 国内外学者对是否将它作为竞争的一种形式说

收稿日期: 2006-11-03; 修回日期: 2007-02-27

作者简介: 张岚, 硕士研究生, 从事园林生态研究。E-mail: asdf-2006-jkl@126.com. 通信作者: 高素萍, 副教授, 博士, 从事城市生态与景观生态研究。E-mail: gsp@163.com

法不一。一方观点从植物相互作用的过程来探讨,将化感与竞争的作用方式与途径进行区分。Inderjit等<sup>[3]</sup>认为竞争是植物从环境中移走某些物质,而化感作用是向环境中释放物质,两者是互不包容的;宋永昌<sup>[4]</sup>则将它归为偏害共生的类型。另一方观点则将竞争作为一个广义的定义,认为化感作用和竞争是不能分离显示的。正如宋君<sup>[5]</sup>所言,“从广义上讲,植物对化感作用物的吸收与它对光、水等资源的吸收利用有着同样的道理”,即竞争包含化感作用。孔垂华等<sup>[6]</sup>结合两方面观点进行了讨论,最终认为化感作用是植物竞争的手段之一,杜峰等<sup>[7]</sup>则认为广义竞争分为直接竞争与间接竞争,其中直接竞争即是指化感作用。

## 2 园林植物化感作用的研究现状

### 2.1 化感研究的材料

园林植物化感研究的材料因研究的目的、层次和手段等的不同而各异。例如报道较多的杉木 *Cunninghamia lanceolata*, 所采用的材料就有枝叶<sup>[8,9]</sup>和根系<sup>[10]</sup>等。陈龙池等<sup>[10]</sup>的研究分别采用了一代和二代杉木根系分泌物作主体,受体为其幼苗胚根、胚芽及种子;何宗明等<sup>[11]</sup>采用了杉木的幼苗作为受体;挥发性化感物质的研究多采用叶片,例如桉树 *Eucalyptus* sp.<sup>[12,13]</sup>。

### 2.2 化感物质的提取、鉴定与生物测定方法

2.2.1 化感物质的提取 传统的提取方法有水蒸汽蒸馏法和浸提法。水融性化感物质一般采用清水浸提后过滤,极性物质或挥发性油等则用有机萃取剂萃取分离。与曾任森等<sup>[13]</sup>和陈秋波等<sup>[12]</sup>采用的方法类似,曹潘荣等<sup>[14]</sup>用清水浸提柠檬桉 *Eucalyptus citriodor* 鲜叶片,用水淋洗液减压浓缩根系分泌物,用水蒸汽蒸馏法分离出桉树油。刘雁等<sup>[9]</sup>在萃取中采用了乙醇、乙醚、丙酮和乙酸乙酯混合物。王晗光等<sup>[13]</sup>以正己烷作浸提剂浸提巨桉 *Eucalyptus grandis* 树根,认为超声浸提是所采用的冷浸、超声和索氏3种提取方法中较为合理的一种方法。近年来,有研究者运用在香料和药用物质提取中兴起的超临界二氧化碳萃取法来提取化感物质。曹光球等在对马尾松 *Pinus massoniana* 根<sup>[16]</sup>和叶<sup>[17]</sup>的化感物质研究中都运用了这一方法,前者采用无水乙醇和乙酸乙酯(体积比为1:1)作夹带剂,后者采用乙醇作夹带剂。

2.2.2 化感物质的鉴定 目前,萃取分离后的化感物质往往采用气相色谱(GC)、气质联用(GC-MS)法等来鉴定。用GC-MS法检测浸提液的化学成分<sup>[15]</sup>,用GC和GC-MS鉴定了杉木的自毒物质,发现除了肉桂酸和阿魏酸等酚类物质外,还有多种醇类、醛类和烷烃物质<sup>[18]</sup>;采用GC-MS方法鉴定马尾松根和叶中的化感物质,非夹带剂萃取的是 $\alpha$ -杜松醇和 $\gamma$ -杜松烯等,夹带剂萃取的是棕榈酸和叶绿醇等<sup>[16]</sup>。而用纯二氧化碳提取的马尾松叶生化物质主要是苯甲醛、Cis-2,6-二甲基-2,6-辛二烯等,乙醇和二氧化碳混合提取叶生化物质主要是 $\beta$ -芳樟醇和苯乙醇等<sup>[17]</sup>。

2.2.3 化感物质的生物测定 种子发芽试验、幼苗生长试验和田间试验是化感作用检测最常用的几项指标试验,其中种子试验是研究者最常用的一种<sup>[9,10]</sup>,Klein<sup>[9]</sup>的试验设计为发芽后8d测根长、叶宽和叶长。培养方式除了一般的滤纸培养外,还常用沙培法<sup>[20,21]</sup>。浸提液浓度上的梯度变化往往在试验结果上表现明显。Bogatek等<sup>[22]</sup>用不同浓度的向日葵 *Helianthus annuus* 叶片水提物作用于芥菜 *Sinapis alba* 种子萌发和苗期生长,随浓度增加,芥菜生长抑制明显。田间试验所需的时间较长,尤华明等<sup>[23]</sup>用柃木 *Loropetalum chinense* 的水浸液浇灌杉木幼苗6a,以观察杉木叶绿体的变化。

2.2.4 统计分析 试验中涉及到梯度变化和对对比时多用图示法分析。区为民等<sup>[24]</sup>通过图示分析得到尾叶桉 *Eucalyptus urophylla* 不同浓度浸提液对小麦 *Triticum aestivum* 各指标抑制明显的浓度值。梅玲笑等<sup>[25]</sup>运用图示对比了加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis* 对11种目标植物的化感作用。判定化感效应则往往采用生物统计的方法。董沁方等<sup>[26]</sup>和王爱萍等<sup>[27]</sup>参照Williamson<sup>[28]</sup>的研究,用化感效应指数对化感效应数据进行统计分析,化感效应指数大于0为促进作用,化感效应指数小于0为抑制作用。陈龙池等<sup>[10]</sup>则采用了单因素方差分析和Student 2t检验。

### 2.3 化感物质的研究

2.3.1 化感物质的种类及释放途径 试验证实,同种植物所含的化感物质不止一种。吴俊民等<sup>[29]</sup>报

道落叶松 *Larix gmelini* 含有的  $\alpha$ -蒎烯和  $\alpha$ -松油醇明显抑制水曲柳 *Fraxinus mandshurica* 的生长。王晗光等<sup>[15]</sup> 用 GC-MS 检测到巨桉的树根浸提液中有 11 类 48 种化感物质。同种植物释放化感物质的途径也不止 1 种。曹潘荣等<sup>[14]</sup> 证实柠檬桉脱皮和叶片水抽提物、根系分泌物及叶片挥发物都含有抑制物质。贾黎明等<sup>[30]</sup> 发现白桦 *Betula platyphylla* 鲜叶和鲜根的淋洗液及根系的春季伤流液均表现出在高质量浓度下显著抑制植物生长。

2.3.2 生态因子对化感作用物的影响 ①光。温室植物在紫外线不足时生成的克生物质会减少, 增加紫外光照射可使之逆转, 如向日葵会产生较多的克生物质绿原酸和茋若灵<sup>[31]</sup>。②水。缺水可导致某些植物的绿原酸浓度提高。研究表明, 向日葵干旱时绿原酸和异绿原酸 2 种化感物含量可提高 14 倍<sup>[32]</sup>; 降雨间隔期长, 桉树能产生并积累更多的化感物质<sup>[33]</sup>; 万寿菊 *Tagetes erecta* 中酚类化感物质的含量, 在旱季时明显高于雨季<sup>[34]</sup>。③矿质元素。植株的营养状况也影响克生物质的形成。研究表明, 氮、磷的输入能减轻向日葵的化感抑制作用<sup>[35]</sup>。缺乏硼、钙、镁、氮、磷、钾和硫, 大部分植物中的绿原酸和茋若灵含量会升高, 少数植物绿原酸含量下降; 氮、磷、钾减少将使萜类化合物的含量下降<sup>[28]</sup>。何光训<sup>[36]</sup> 在总结研究现状基础上, 根据腐殖质形成理论和生态生物化学原理, 认为土壤缺氮是化感物香草醛产生并积累的制约因素, 而杉阔混交后杉木自毒现象少。④微生物。病原菌对化感物质的影响也是巨大的。Mattner 等<sup>[37]</sup> 试验证实, 感染锈病 *Puccinia coronata* f. *loii* 的多年生黑麦草 *Lolium perenne* 的生长区土壤较之健康区土壤其抑制作用高达 36%, 染病区周围的土壤也高达 27%。

2.3.3 化感物质的作用机制 目前关于化感作用机制研究涉及到环境生态学、生理生态学和分子生态学 3 个水平。①环境生态学。化感物质能抑制植物对养分的吸收。林武星等<sup>[38]</sup> 通过试验表明, 低质量分数根浸液促进木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 苗木根对钾和铁的吸收及茎对钾、铁、钙和镁的积累, 而高质量分数根浸液抑制苗木对钙、铁、铜和锰的吸收。②生理生态学。化感物质会影响光合作用与呼吸作用。何池全等<sup>[39]</sup> 用培植石菖蒲 *Aconis tatarinowii* 的水培养藻类致使其光合速率、细胞还原 TTC 能力显著下降; 尤华明等<sup>[23]</sup> 报道, 调木等几种杉木伴生种的水浸液可促使杉木叶绿体基粒类囊体膜增加, 提高光能转化率; 王九龄等<sup>[40]</sup> 报道刺槐 *Robinia pseudoacacia* 根系浸提液可使北京杨 *Populus × bajingensis* 光合速率比对照提高 164.67%, 而北京杨根浸提液则使刺槐光合作用降低 14.04%。化感物质还会对种子萌发所需的关键酶类产生抑制。Levitt 等<sup>[41]</sup> 报道曼陀罗 *Datura stramonium* 释放的茋若胺可抑制向日葵细胞的淀粉积累和早期生长。化感物质还会造成膜透性的变化。Bogatek 等<sup>[42]</sup> 试验认为发芽能力的降低跟膜破坏的增加显著相关, Pandey 等<sup>[43]</sup> 报道银胶菊 *Parthenium hysterophorus* 叶片提取物能降低凤眼莲 *Eichhornia crassipes* 根部细胞膜的完整性。林思祖等<sup>[44]</sup> 报道调木水浸液可降低杉木叶片质膜透性, 较清水分别提高杉木叶片气孔孔径及其大小 27.1% 和 30.3%; 马越强等<sup>[45]</sup> 报道香草醛可降低杉木幼苗叶绿素含量。③分子生态学。化感物质能间接改变基因的表达。Bais 等<sup>[46]</sup> 发现斑点矢车菊 *Centaurea maculosa* 通过根部沥出的酚类物质, 触发了一系列通向启动基因组宽度的  $Ca^{2+}$  级联信号的活性组分, 导致拟南芥 *Arabidopsis thaliana* 根部坏死。

### 3 主要问题与讨论

#### 3.1 科学文献少, 经验材料多, 研究不够深入

对园林植物的化感作用关注比较早, 观察记录多, 但其科学研究的历史短, 空白多。常用园林植物的配置多数都是借鉴生产生活经验, 研究层次尚浅, 缺乏定性定量的科学依据。

#### 3.2 研究对象尚待明确

早期化感研究报道了很多农、林、牧业植物。Putnam 等<sup>[47]</sup> 在 1986 年就报道银合欢 *Leucaena leucocephala* 对木麻黄、台湾相思 *Acacia confusa* 和竹均有抑制作用。对草坪草的关注也较多, 如多年生高粱 *Sorghum bicolor* 根系分泌物抑制多种杂草萌发和生长<sup>[48]</sup>, 狗牙根 *Cynodon dactylon* 受 *Sericea iaspedeza* 的抑制<sup>[49]</sup> 等等, 但都是以化感作用现象的专题来进行纵向研究, 而基于指导园林植物之间的专门研究较少。今后的研究应更多基于指导实践的目的, 选择实际中人工配置频繁的观赏种及品种。例如, 在园林上运用较多的菊科 *Compositae* 植物粗略统计约有 37 个属存在化感作用<sup>[50]</sup>, 但化感报道

只有向日葵<sup>[51]</sup>、万寿菊<sup>[52]</sup>等少数几种,还有大量的运用于园林的属和种可以研究。

### 3.3 化感作用的证实缺乏说服力

试验证明,一些自然界存在的抑制和促进作用的产生其决定性因素并非化感作用,例如怪柳 *Tamarix chinensis* 通过根部集聚盐分导致土壤盐碱化而抑制其他植物的生长,并不是化感作用。因此,有研究者已开始使用化感潜势来描述未经确定的化感作用现象,值得提倡。同时,园林中的高密度植物群落中竞争(鉴于竞争与化感在定义上的争论,这里指狭义上的竞争)与化感往往是交互存在的,两者的共同作用与区别难以鉴定。并且,现实中的抑制和促进现象往往是植物各种应激机制综合而成的复杂结果,化感作用在这个过程中的作用和地位等都值得进一步的区分和深入研究。

### 3.4 实验室研究和自然环境之间的差异导致说服力降低

化感作用的研究多数是在实验室进行,往往忽略对现实生境的模拟。这与化感物质在自然界中的自然产生状态不符。Erik 等<sup>[53]</sup>对此产生疑虑,曾通过试验室测定大杜鹃花 *Rhododendron maximum* 的穿透水和沥出物。试验室结果显示,化感是影响丛下植物发芽的一个原因,但在实地并不明显,因此认为化感作用不可能是抑制种苗存活的重要原因。实验室中使用有机溶剂作萃取剂也已受到质疑,因为现实中化感物质的溶剂只有水。因此,是否能够在实验室内得到足以解释和预告自然环境下化感作用的试验数据和理论结果值得商榷。此外,化感物质要在一定的条件下通过某一器官释放出来才能进行作用,仅仅证明在植物体内的存在或者依靠人工浸提的方式并不能说明问题。吴俊民等<sup>[21]</sup>采用室内沙培,模拟样地和模型化合物浇灌法三者相结合来证实落叶松枯枝落叶中的化感物质的存在和化感作用,增强了结论的说服力,值得借鉴。

### 3.5 化感作用物质的报道少

化感物质已鉴定出 14 类<sup>[3]</sup>。近年来对于新化感物质的报道极少,对已知化感物质的研究新成果的报道也鲜见。只有陈大清等<sup>[54]</sup>对日本学者 Hasegawa 从家独行菜 *Lepidium sativum* 幼苗的胚根中分离出的一种促进型化感物质 lepidimoide 进行了研究,其他少量报道的研究出发点也是基于其药理性质,例如在绿原酸的报道中涉及有金银花 *Lonicera japonica*<sup>[55]</sup>,杜仲 *Eucommia ulmoides*<sup>[56]</sup>等具有药用价值的园林植物,但并未针对其园林特性。

### 3.6 化感物质的作用机制不够深入

园林植物的研究停留在证实化感作用在两两植物间的存在的层次上,而它对于园林配置的影响尚未涉及。植物配置的随机性很大,一一检验是不现实的,需要找出化感作用中的主体和受体以及化感产生的条件等一般规律来指导园林植物配置。

## 4 结语

园林植物的化感作用研究起步晚,空白多。今后可以广泛结合生理生态和生物化学的研究,借鉴以往的研究成果和研究方法,找到正确的着手方向,深入研究这一课题,总结出适合园林植物配置的一套化感作用研究体系,使植物配置的依据更科学,植物群落系统的构建更自然更健康。

## 参考文献:

- [1] 方彦,何国生. 园林植物[M]. 北京:高等教育出版社,2005:1.
- [2] RICE R. *Allelopathy* [M]. 2nd ed. Orlando: Academic Press, 1984.
- [3] INDERJIT D, DEL MORAL R. Is separating resource competition from allelopathy realistic? [J]. *Bot Rev*, 1997, 63: 221—230.
- [4] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001:70—71.
- [5] 宋君. 植物间的他感作用[J]. 生态学杂志,1990,9(6):43—47.
- [6] 孔垂华,胡飞. 植物化感(相生相克)作用及其应用[M]. 北京:中国农业出版社,2001:6.
- [7] 杜峰,梁宗钺,胡莉娟. 植物竞争研究综述[J]. 生态学杂志,2004,23(4):157—163.
- [8] 曹光球,林思祖,刘雁,等. 几个树种化感物质的初步分离与生物测定[J]. 中国生态农业学报,2002,10(2):

- [9] 刘雁, 林思祖, 曹光球, 等. 杉木及其伴生树种化感物质的分离与生物测定[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(3): 268—271.
- [10] 陈龙池, 汪思龙. 杉木根系分泌物化感作用研究[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 393—398.
- [11] 何宗明, 俞新妥, 林思祖, 等. 几种伴生植物水浸液对杉木生长的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 32—35.
- [12] 陈秋波, 彭黎旭, 贺利民, 等. 刚果 12 号桉树根及根际土壤中化感物质的成分分析[J]. 热带农业科学, 2002, 22(4): 28—34.
- [13] 曾任森, 李蓬为. 窿缘桉和尾叶桉的化感作用研究[J]. 华南农业大学学报, 1997, 18(1): 6—10.
- [14] 曹潘荣, 骆世明. 柠檬桉的他感作用研究[J]. 华南农业大学学报, 1996, 17(2): 7—11.
- [15] 王晗光, 张健, 杨婉身, 等. 3 种方法提取巨桉树根的化感成分分析报告[J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 2006, 30(4): 464—467, 477.
- [16] 曹光球, 林思祖, 王爱萍, 等. 马尾松根化感物质的生物活性评价与物质鉴定[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11(6): 686—689.
- [17] 曹光球, 林思祖, 胡宗庆, 等. 马尾松叶生化物质的生物检测与物质鉴定[J]. 西北植物学报, 2006, 26(4): 811—818.
- [18] 曹光球. 杉木自毒化感物质及其与主要伴生树种化感物质作用的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2001.
- [19] KLEIN K, BLUM U. Inhibition of cucumber leaf expansion by fenolic acid in split-root experiment[J]. *J Chem Ecol*, 1990, 16(2): 455—463.
- [20] 李志华, 沈益新, 薛萍, 等. 黑麦草、草地早熟禾、剪股颖和白三叶的化感作用初探[J]. 中国草地, 2003, 25(1): 32—38.
- [21] 吴俊民, 王会滨, 唐利疆, 等. 混交林中落叶松枯枝落叶对水曲柳生长的影响[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(2): 1—3.
- [22] BOGATEK R, GNIAZDOWSKA A. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth [J]. *Biologia Plantarum*, 2006, 50(1): 156—158.
- [23] 尤华明, 林思祖, 黄志群, 等. 几个常见植物种水浸液对杉木叶绿体的影响[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(4): 310—314.
- [24] 区卫民, 廖建良, 高丽霞, 等. 尾叶桉叶片水浸液对小麦生长的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11): 169—170, 196.
- [25] 梅玲笑, 陈欣, 唐建军. 外来杂草加拿大一枝黄花对入侵地植物的化感效应[J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2379—2382.
- [26] 董沁方, 程智慧. 百合地上部分水浸液的化感效应研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(2): 144—147, 151.
- [27] 王爱萍, 林思祖, 杜玲, 等. 马尾松根生化物质对杉木种子的化感效应[J]. 福建林学院学报, 2003, 23(3): 253—256.
- [28] WILLIAMSON G B, RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls [J]. *J Chem Ecol*, 1988, 14(1): 181—187.
- [29] 吴俊民, 李波宁, 刘广平, 等. 混交林中落叶松挥发性物质对水曲柳生长的影响[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(1): 26—28.
- [30] 贾黎明, 翟明普, 尹伟伦, 等. 油松白桦混交林中生化他感作用的生物测定[J]. 北京林业大学学报, 1996, 18(4): 1—8.
- [31] PUTNAM A R. Allelopathic research in agriculture: past highlights and potential [M] // THOMPSON A C. *The chemistry of Allelopathy*. Washington D C: American Chemical Society, 1985: 1—8.
- [32] 唐建军, 陈欣. 植物他感作用的研究现状及发展前景[J]. 青年生态学家, 1988(2): 1—7.
- [33] MOLINE A. Release of allelo-chemical agents from litter, through fall and topsoil in plantation of *Eucalyptus globules* [J]. *J Chem Ecol*, 1991, 17(1): 147—159.
- [34] 孔垂华, 徐涛, 胡飞. 胜红蓟化感物质之间相互作用的研究[J]. 植物生态学报, 1998, 22(5): 403—408.
- [35] HALL A B, BLUM UB, FITES R C. Stress modification of allelopathy of *Helianthus annuus* L. debris on seedling biomass production of *Amaranthus retroflexus* L. [J]. *J Chem Ecol*, 1983, 9(8): 1213—1222.
- [36] 何光训. 杉木化感物质香草醛的产生机理探讨[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(4): 454—457.

- [ 37] MATINER S W, PARBERY D G. Rust-enhanced allelopathy of perennial ryegrass against white clover [ J ]. *Agron J*, 2001, **93** (1): 54—59.
- [ 38] 林武星, 洪伟, 叶功富. 木麻黄根系浸提液对幼苗营养吸收和生长的影响 [ J ]. 浙江林学院学报, 2005, **22** (2): 170—175.
- [ 39] 何池全, 叶居新. 石菖蒲 (*Acorus tatarinowii*) 克藻效应的研究 [ J ]. 生态学报, 1999, **19** (5): 754—758.
- [ 40] 王九龄, 朱靖才, 倪秉瑞. 杨树、刺槐和茅草相互关系的初步研究 [ J ]. 林业科技通讯, 1982 (8): 7—9.
- [ 41] LEVITT J, LDVETT J V, ARLICK P R. *Datura stramonium* allelochemicals: longevity in soil and ultrastructural effects on root tip cells of *Helianthus annuus* L. [ J ]. *New Phytologist*, 1984, **97** (2): 213—218.
- [ 42] BOGATEK R, GNAZDOWSKA A, ZAKRZEWSKA W, *et al.* Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth [ J ]. *Biologia Plantarum*, 2006, **50** (1): 156—158.
- [ 43] PANDEY D K, KAURAW L P, BHAN V M. Inhibitory effect of parthenium (*Parthenium hysterophorus* L.) residue on growth of water hyacinth (I) Effect of leaf residue [ J ]. *J Chem Ecol*, 1993, **19** (11): 2 651—2 662.
- [ 44] 林思祖, 曹光球, 黄世国, 等. 杉木经几种植物水浸液处理后叶绿素、质膜透性及气孔的变化研究 [ J ]. 中国生态农业学报, 2003, **11** (3): 30—31.
- [ 45] 马越强, 廖利平, 杨跃军, 等. 香草醛对杉木幼苗生长的影响 [ J ]. 应用生态学报, 1998, **9** (2): 128—132.
- [ 46] BAIS H P, VEPACHEDU R, GILROY S *et al.* Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions [ J ]. *Science*, 2003, **301**: 1 377—1 380.
- [ 47] PUTNAM A R, TANG C S. *The Science of Allelopathy* [ M ]. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1986: 69—70.
- [ 48] EENHELLIG F A, SOUZA I F. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain sorghum root exudates [ J ]. *J Chem Ecol*, 1992, **18** (1): 1—11.
- [ 49] TAKAHASHI Y, SATOH S, OTANI I, *et al.* Studies of allelopathic interactions among some grass land species [ J ]. *J Jpn Soc Grassland Sci*, 1991, **37** (2): 274—282.
- [ 50] 周凯, 郭维明, 徐迎春. 菊科植物化感作用研究进展 [ J ]. 生态学报, 2004, **24** (8): 1 776—1 784.
- [ 51] MARUTHI V, SANKARAN N. Allelopathy effects of sunflower (*Helianthus* spp.) —a review [ J ]. *Agric Res*, 2001, **22** (1): 57—60.
- [ 52] KIRAN K, KAUL K. Autotoxicity in *Tagetes erecta* L. on its own germination and seedling growth [ J ]. *Allelopathy J*, 2000, **7** (1): 109—113.
- [ 53] NILSEN E T, WALKER J F, MILLER O K, *et al.* Inhibition of seedling survival under *Rhododendron maximum* (Ericaceae): could allelopathy be a cause? [ J ]. *Am J Bot*, 1999, **86**: 1 597—1 605.
- [ 54] 陈大清, 陈汝民, 潘瑞炽. 一种新发现的促进型他感作用物质——Lepidimoide [ J ]. 植物生理学通讯, 1998, **34** (6): 455—457.
- [ 55] 武雪芬, 李玉贤, 魏炜, 等. 金银花越冬老叶有效成分测定 [ J ]. 中药材, 1997, **20** (1): 6—7.
- [ 56] 张康健, 王蓝. 药用植物资源开发利用学 [ M ]. 北京: 中国林业出版社, 1997: 182.

## Review of researches on allelopathy of ornamental plants

ZHANG Lan, GAO Su-ping

(College of Forestry and Horticulture, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan, China)

**Abstract:** Allelopathy of ornamental plants has become a focus topic in recent years. This paper systematically reviewed the domestic and overseas researches on the conception, arguments and methods of allelopathy, components and mechanism of allelopathic substances. It is concluded that there were six problems in the research of this field. (1) Little scientific literatures and comparatively more empirical materials could be found, and researches were not thorough enough. (2) Research objects need to be defined, and the research should focus on the application of allelopathy in the plant arrangement of landscape gardens. (3) The existence of allelopathy in the real environment needs to be confirmed. Allelopathy should be distinguished from other stress mechanisms in

future researches, and the emphasis of researches should be the roles of allelopathy in interaction. (4) The differences of conditions between laboratory studies and natural environments led to less convincing experimental results. The laboratory methods should be combined with natural simulation test in the future allelopathy researches. (5) The reports about allelochemicals were few. The allelochemical researches should focus on the ornamental plants and their varieties. (6) The research on the mechanism of allelopathy was not thorough enough. Researchers should deepen the research on the mechanism of the allelopathy and find general rules in order to guide arrangement of ornamental plants. [Ch, 56 ref.]

**Key words:** botany; ornamental plant; allelopathy; allelochemical; review; status quo; issue

## 国家森林城市考察组考察浙江林学院

2007 年 4 月 7 日, 国家森林城市考察组考察了浙江林学院。专家对美丽的校园环境和鲜明的生态特色赞叹不已, 认为浙江林学院是临安创建国家森林城市最大、最亮、最有实力的支撑点。

浙江林学院党委书记陈敬佑、常务副校长周国模介绍了学校情况。自 1958 年建校以来, 浙江林学院一直致力于古树名木、珍稀濒危植物保护工作, 成效显著。衣锦校区古木参天, 东湖校区校园与植物园“两园合一”, 拥有丰富的植物资源和多彩的植物景观, 学校被评为“全国绿化模范单位”, 已成为体现临安城市森林建设的一个典范。作为一所农林类高校, 学校在传播生态理念, 培养绿色人才, 进行林业研究等方面具有突出优势, 也为临安创建国家森林城市提供了独特的有利条件。

据悉, 国家森林城市是代表一个城市绿化成就的最高荣誉, 是目前我国在城市绿化方面规模最大, 分量最重, 含金量最足的一个奖项。2004 年以来, 贵阳、沈阳和长沙市先后荣获“国家森林城市”称号。临安市是 2007 年全国创建国家森林城市的唯一一个县级市。

又讯: 2007 年 4 月 9 日, 第 4 届中国城市森林论坛暨“国家森林城市”命名仪式在四川成都举行, 浙江临安, 四川成都, 内蒙古包头和河南许昌被全国绿化委员会、国家林业局授予“国家森林城市”称号。至此, 中国已有 7 个城市获得这一称号。

(李燕)