

印楝、印楝杀虫剂与生态环境

张志祥¹ 程东美² 田永清¹ 徐汉虹¹

(华南农业大学昆虫毒理研究室¹ 广州 510642; 仲恺农业技术学院植保系² 广州 510225)

〔摘要〕 印楝是一种耐旱速生的亚热带或热带树种,是世界公认的优秀生物农药。它不易受病虫害危害,是防风固沙、改良水土和治理生态环境的优良树木。印楝杀虫剂无残留,可减缓害虫的抗药性,对脊椎动物的毒性极低,对鸟类、鱼类、蜜蜂、蚯蚓等非靶标生物安全,对捕食性蜘蛛、捕食性蟋蟀、捕食性甲虫、寄生蜂等害虫天敌无明显的毒性,在环境中无残留,是用于蔬菜、果树、茶叶等作物的理想农药。

〔关键词〕 印楝 印楝杀虫剂 生态环境 农药 [中图分类号] S4 S7 X5

印楝(*Azadirachta indica*)是楝科楝属乔木,主要用作行道树、庭院植物、防护林和贫瘠土地上的先锋植物^[1]。印楝能够杀虫、抗菌和治病,在农业、园艺、花卉栽培、化妆品和医药等方面具有重要的应用价值^[2,3]。1968年联合国在一份报告中称印楝是“本世纪对当地居民的最大恩赐”,美国农业部则将印楝誉为“可解决全球问题的树”^[4]。在印楝素杀虫剂被公认为是当今世界最优秀的生物农药后,印楝的国际影响与市场空间日益扩大,1980~2002年期间,在德国、肯尼亚、印度、澳大利亚和加拿大等国家已召开了7次国际印楝大会^[5]。

从印楝中已发现了以印楝素(azadirachtin)为主的80余种杀虫活性物质,它们对10余目400多种农、林、储粮和卫生害虫有生物活性^[6]。正因为如此,1959年,苏丹发生蝗灾,其它树木被啃食殆尽,唯有印楝完好无损。

印楝中活性成分是天然存在的物质,在自然界的长期演化过程中,印楝中的各种化学成分早已形成了完善的自然降解机制,其活性成分在自然界中无累积、对环境安全、对作物不产生药害,特别适用于蔬菜、水果和茶叶等直接食用的作物。印楝系杀虫剂对害虫主要具有抑制生长发育,拒食、忌避和不育等作用,与常规农药的杀虫作用机理差异很大,这主要归因于它的活性成分复杂,有利于克服害虫的抗药性,对非靶标生物安全,对哺乳动物毒性低,甚至有明显的选择性^[1,9,10,11,12,13,14]。印楝杀虫剂已被广泛用于防治棉花、蔬菜、果树、茶树、水稻和豌豆上的害虫。目前,北美、欧洲和亚洲部分地区已广泛接受印楝杀虫剂,中国、德国、印度、澳大利亚、缅甸、加拿大、泰国和海地均生产商品化印楝杀虫剂^[7],已有40多个品种,如Achook, Afer'ENI, RH-9999, TELMION和0.3%印楝素乳油等^[8]。

一、印楝的分布与种植

印楝原产于南亚次大陆,现已被成功引种到70多个国家和地区,广泛分布于亚洲、非洲、澳大利亚、美国南部、加勒比海群岛和巴西等地^[15]。

在亚洲,印楝分布于印度、孟加拉国、缅甸、印度尼西亚、伊朗、马来西亚、尼泊尔、斯里兰卡、泰

国、越南、巴基斯坦、沙特阿拉伯和也门等国。

在非洲,印楝分布于毛里塔尼亚、塞内加尔、冈比亚、几内亚、象牙海岸、加纳、马里、贝宁、尼日尔、尼日利亚、多哥、喀麦隆、乍得、埃塞俄比亚、苏丹、索马里、肯尼亚、坦桑尼亚和莫桑比克等国。

我国没有自然分布的印楝。1986年赵善欢等人从非洲多哥成功地将印楝引种到广东省徐闻县和海南省万宁县^[16,17,18]。目前,广东省南部、海南省、云南省和四川省攀枝花地区种植了大面积的印楝^[5]。云南省从1995年8月开始引种印楝,累计育苗760万株,已先后在路西、元谋、元阳、元江、保山、巧家和景谷等地成功推广种植^[5]。截止2001年6月,元谋共种植印楝24000余亩,占全省种植面积的24%。目前,云南省已种植印楝11.7万亩。四川省攀枝花地区建立了一个6700公顷的印楝种植基地。

印楝是热带、亚热带常绿树,在高温和干旱条件下落叶,能适应较宽的环境温度:在印度,印楝生长于热带干热地区直至海拔1200米的山区;在非洲中部和西北部,印楝在50℃高温下仍能旺盛生长;在巴基斯坦北部喜马拉雅山区,印楝能忍受0℃以下的低温而存活。

印楝耐干旱,在年降雨量为400~1200mm的干旱半干旱地区生长良好,在年降雨量为130mm以下的地区,若有地下水仍可生存。印楝最适生长区的年降雨量为750~1000mm,但在年降雨量低至150mm的地区仍能存活。

印楝能在黑棉土、粘土、砖红壤和高钙土等土壤中旺盛生长,可在缺水的贫瘠土壤深处吸收水分和养分。与其它许多树种相比,印楝在贫瘠、多石、缺水、石灰质含量较高或质地粘硬的土地上更具生命力。

印楝适生土壤的pH为5.9~10,最适pH为6.2~7。在澳大利亚和尼加拉瓜的弱碱性或弱酸性土壤中长势良好。印楝叶呈碱性,pH为8.2,落叶可以调节土壤的酸碱度。在尼日利亚,印楝落叶可将土壤的pH从5.4调节至6.8,有改良土壤的功效。

印楝能在盐碱地存活。在多米尼加高盐度的荒地,在地下水含盐量很高的索马里Mogadish地区,印楝生长旺盛。在沙特阿拉伯,用地下水盐度每周灌溉1次,每株每次150升,印楝长势良好。在海地和马来西亚等沿海国家,印楝能够生长在离海水只有

数米远的盐碱地上。多米尼加是一个少雨且土壤含有大量盐分的地区, 印楝在这里种植 2 年后就高达 6~7 米。

二、印楝对环境的作用

印楝四季常青, 可存活 200~300 年, 据较保守的估计, 每株印楝每月对环境贡献的价值达 10 美元, 一生的贡献价值可达 24 000~36 000 美元。

1. 印楝杀虫剂在环境中无残留, 可减少化学农药用量

印楝较少受到病虫害危害, 适于用作城乡的行道树、绿化树、观赏植物或一些地区的防护林带, 这样可以减少林木上农药的使用量、减少对环境的污染, 同时节省大量的人力物力。

印楝杀虫剂活性成分及非活性成分大多只含 C、H 和 O 等元素, 它们能在环境中彻底降解、无残留, 进入河流以后对生态系统的影响也不大。而传统有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂含有 P 或 N 元素, 它们和化肥一起造成了河流和湖泊中营养元素的富集, 导致水体中藻类和其它一些水生植物大量迅速地生长, 消耗了水体中大量的氧气, 使众多水生动物窒息而亡, 而水生植物甚至覆盖整个湖面, 从而极大地影响水体生态平衡。印楝杀虫剂能有效地避免这种情况的发生^[19]。

印楝杀虫剂与常规农药混配后, 可以扩大防治谱, 具有增效作用。印楝混剂降低了高毒农药在制剂中的含量, 提高了制剂的使用安全性, 减少了高毒农药的毒性和对环境的污染, 同时可有效地延缓害虫的抗药性, 并延长许多常规药剂的使用寿命。

2. 遮荫、降温、清洁空气及为生物提供栖息地

印楝不仅外观漂亮, 而且由于具有良好的遮荫作用及较少受到病虫害危害, 是一种首选的城乡行道树和庭院植物。在南亚次大陆北部炎热的夏季, 印楝林里的温度比周围的温度低 10℃ 左右。在 Arafat 平原种植了近 50 000 株印楝, 植被覆盖面积超过 10 km², 为去麦加朝圣的 200 多万穆斯林信徒提供了阴凉的休息地^[20]。

印楝可以净化空气, 吸收环境中的有害物质, 释放氧气, 调节大气中的氧气水平; 可以忍受高温和较严重的水污染。印楝还为许多有益生物, 如蝙蝠、鸟、蜜蜂和蜘蛛等提供了良好的栖息地。许多种类的鸟和蝙蝠取食印楝成熟的果肉, 而一些啮齿类动物则取食印楝种仁, 这也表明印楝对温血动物是安全的。

3. 防风固沙、改良水土和治理生态环境

印楝可以覆盖裸露土地、改良土壤和减少水土流失, 尤其在控制土壤侵蚀、盐碱化和洪水中具有重要的作用, 是一种恢复退化的干旱和贫瘠土壤植被的理想树种, 对种植地的气候、生物群落、土壤及植被有明显良好的影响。印楝落叶可提高土壤有机质含量、增加土壤肥力。

1987 年 6~7 月, 印度 Tamil Nadu 邦发生了严重旱灾, 许多植物枯死了, 而印楝却依然长势良好。

19 世纪初, 在尼日尔中部萨赫勒(Sahelian)地区的 Majjia 流域还有广茂的森林, 然而由于人口的大

量增长及过度采伐, 到了 20 世纪 70 年代, 该地变成了不毛之地, 植被极度缺乏, 风蚀作用每年从该地区每公顷土地上掠走表土达 20 多吨。由于缺少肥沃疏松的土壤, 在该地区种植作物极为困难, 当地农民反复播种也无济于事。1977 年, 美国救济机构在该地区种植了 1 条覆盖面积达 3 000 公顷左右、长达 560 多公里的印楝防护林带, 由 4 行交替种植的印楝组成。1984 年, 在尼日尔西南部 Sadore 地区也种植了相似的印楝防护林带。这两个地区的降雨集中在 6~9 月, 雨季单一且短暂, 年降雨量分别为 379mm 和 544mm。印楝防护林带对重建萨赫勒地区的植被和控制土壤风蚀起到了重要的作用。由于印楝防护林的保护, 地表风速降低了 45%~80%, 大大减少了土壤的风蚀作用, 有效减少了土壤表层的水份蒸发, 对恢复该地植被也起到了重要的作用。萨赫勒地区珍珠稷(*Pennisetum glaucum*)的产量也因此提高了 20%~25%。在 Sadore 地区, 由于地下 4~6m 有一层坚硬的铁矾土, 不利于保持地表水, 而地下水又在地下约 35m 的深处, 虽然环境如此恶劣, 但印楝防护林长势良好, 并有效地控制了土壤风化和水土流失。在印楝防护林的保护下, 当地珍珠稷提高的产量足以弥补防护林占用耕地面积所带来的产量损失^[21, 22]。

1992~1997 年引入非洲的印楝如今已成为治理撒哈拉沙漠南部地区的重要树种。在索马里和毛里塔尼亚, 印楝被用作防护林来遏制撒哈拉沙漠的扩张。在肯尼亚沿海地区, 种植了一条规模较小的印楝和剑麻的混合防风林带。在坦桑尼亚 Kwimba 的造林规划中, 印楝将被广泛地大面积种植。20 世纪 80 年代, 海地将印楝定为恢复荒地植被及防止土壤进一步风蚀的首选树种, 并大量种植。

我国各大江河水土流失严重, 生态环境退化, 仅云南省金沙江上游地区水土流失面积率就高达 40% 以上, 年流入金沙江干沙量约为 2.43 亿吨。云南省金沙江、怒江、红河、伊洛瓦底江流域有大面积的干热河谷, 土地缺雨、贫瘠, 仅红河州就有草木不生的裸地约 46 万亩。印楝作为一种耐旱速生的亚热带或热带树种, 在年降雨量 500mm 以下的贫瘠土层或石砾地上均能正常生长, 是恢复上述地区生态环境的理想树种^[5]。目前印楝已在红河州成功地大面积种植。

三、印楝杀虫剂对脊椎动物的毒性极低

在印度许多地方, 印楝的花、叶被用作食品, 印楝嫩枝被用作牙刷, 印楝产物被用作化妆品、家畜和家禽的饲料、防腐材料及药品的原料。许多鸟类和啮齿动物取食印楝种子。这些现象表明, 印楝对脊椎动物是相当安全的^[6]。

1989 年, 世界卫生组织(WHO)及联合国环境规划署(UNEP)将印楝杀虫剂定为与环境和谐的自然源农药。在美国, 印楝油被登记为 IV 级杀虫剂(相对无毒)、对鼠的 LD₅₀ 为 4 200mg/kg(实际无毒)。印楝油主要含长链脂肪酸和甘油酯, 长链脂肪酸是许多哺乳动物食物中的一般物质, 美国食品和药物管理局(FDA)认为长链脂肪酸和甘油酯是可以安全用

于食品的物质。

将印楝素与花生油混匀,以5000mg/kg的剂量饲喂成年鼠(*Rattus norvegicus*),处理后24小时,雌鼠和雄鼠均没有表现出任何中毒症状。将印楝素与花生油混匀,分别以500mg/kg、1000mg/kg和1500mg/kg的剂量连续喂食各组成成年鼠90天,经处理的各组鼠除表现出好斗外,没有任何中毒症状;分别迅速取出试验鼠的肝脏、肾、脑、睾丸、附睾、前列腺、雄性生殖器、卵巢、子宫、子宫颈、阴道、心、肺、脾和肾等器官予以检查,均没有发生明显的变化^[23]。

四、印楝杀虫剂对非靶标生物安全

印楝杀虫剂对鸟类、鱼类、蜘蛛、蝴蝶和蜜蜂等毒性很低甚至无毒,对蚯蚓也没有副作用^[6]。

1. 对鱼类的影响 印楝油对 *Misgurnus anguillicaudatus* 无毒,对 *Cyprinus carpio* 处理后24小时的 LC_{50} 为1124.6 μ g/mL。4%印楝种子甲醇抽提物处理 *Oreochromis niloticus*, 17天后死亡率为20%;3%印楝油处理 *Oreochromis niloticus*, 30天后的死亡率为20%。*Lebistes reticulatus* 能完全忍受100 μ g/mL的印楝种子甲醇抽提物。

2. 对鸟类的影响 Mallard duck 每天取食16mg/kg的 Margosan-O(3000 μ g/mL印楝素乳油), Bobwhite quail 每天取食7000 μ g/g的 Margosan-O, 均没有表现出中毒症状。印楝油对 *Agelaius phoeniceus* 的致死剂量>1g/g。

3. 对捕食性蜘蛛的影响 印楝油和印楝种子水提物对 *Pardosa pseudoannulata* 无毒副作用。50%印楝油对 *Oxyopes javanus* 安全。4%印楝种子的丙酮、乙醇、甲醇、戊烷抽提物对 *Chiracanthium mildei* 均无毒,2%印楝抽提物和1%印楝油对 *Phytoseiulus persimilis* 无毒。2%~2.5%印楝油和5%印楝种子水提物对 *Aculops lycopersici* 安全。

4. 对捕食性蟋蟀的影响 10000 μ g/mL印楝种子抽提物对 *Metioche vittaticollis* 无毒杀活性。在5 μ g/虫的剂量下,印楝油对 *Cyrtolabus lividipennis* 有轻微毒害。印楝油对 *Tyrtolabus parviceps* 处理后24小时的 LC_{50} 为28760 μ g/mL。

5. 对捕食性甲虫的影响 3%印楝油和7%印楝种子水提物对 *Coccinella septempunctata* 无影响。Margosan-O对 *Delphastus pusillus* 和 *Scymnus* sp. 安全。

6. 对寄生蜂的影响 2%印楝种子水提物对 *Telenomus remus*, 100 μ g/mL印楝种子甲醇抽提物对 *Tetrastichus howardi*、5%印楝种子水提物对 *Diadegma semiclausum*、0.3 μ g/mL印楝素对 *Diadegma terebrans* 均安全。

7. 对蚯蚓的影响 5%印楝种皮粉混土处理对 *Eisenia fetida* 具有刺激生长和生殖的作用。2%印楝种子粉、1%印楝饼、1%印楝叶粉混土处理,对 *Aporretodea caliginosa*、*Aporretodea rosea*、*Lumbricus terrestris*、*Lumbricus castaneus*、*Lumbricus rubellus*、*Alophora chlorotica* 和 *Octolasion cyaneum* 均没有明显的影响。

五、印楝杀虫剂在环境中的降解

1982年 Stokes 等发现印楝素在受热和光照后会迅速分解。印楝素分子中具有酯基、烯键、环氧结构和烯醇式结构等不稳定基团,在紫外光、阳光和高温下及微生物的影响下极易降解^[12]。印楝素中起反应作用的 C-C π 键、环氧环和酯基是降解代谢的主要攻击部位。

印楝油在水中和光照下,可在50~80小时内迅速降解、无残毒。据文献报道,印楝种子提取物在田间应用5~8天后,印楝素会全部分解^[8]。

微生物对印楝素有较明显的影响。在没有灭菌的土壤中,印楝素A在15℃和25℃下的半衰期分别为43.9天和19.8天,印楝素B的半衰期分别为59.2天和20.8天。在灭菌的土壤中,印楝素A在15℃和25℃下的半衰期分别为91.2天和31.5天,印楝素B分别为115.5天和42.3天。将印楝素A混入未消毒的土壤中,处理时含量为977.12 μ g/g,处理后50天印楝素A的含量为228.50 μ g/g,降解了近77%。

水是促进印楝素降解的一个重要因素,溶液中甲醇和水的体积比分别为1:55、2:55、3:55、4:55、5:55时,在54±1℃密闭保存14天后,印楝种子甲醇抽提物中的印楝素分别降解40.4%、45.4%、47.3%、50.1%、56.2%;印楝素纯品分别降解43.3%、47.2%、53.4%、57.9%、59.5%^[15]。

参考文献

- [1] 何道航. 植物性杀虫剂印楝素的生物活性及应用研究. 华南农业大学硕士论文. 1999
- [2] Amadioha C. Control of powdery mildew of pepper (*Capsicum annum* L.) by leaf extracts of papaya (*Asimina triloba*). J. Herbs Spices Med. Plants. 1998, 6: 41-47
- [3] National Research C. Council. Neem: a tree for solving global problems, National Academy Press, Washington D. C. 1992
- [4] 徐汉虹, 张志祥, 程东美等. 植物源农药与农业可持续发展. 科技导报, 2002, (7): 42-44
- [5] Schmutterer H. Properties and potential of natural pesti
- [6] 张志祥. 印楝素杀虫活性、稳定性及其衍生物的研究. 华南农业大学博士毕业论文. 1990
- [7] 田永清. 印楝素的稳定性及其乳油配方研究. 华南农业大学硕士论文. 2002
- [8] Smith D M, Paul G. Jarvis, Julius C W. Odongo. Sources of water used by trees and millet in Sahelian wind break systems. Journal of hydrology. 1990, 198: 140-153
- [9] Long S P. Influence of neem windbreaks on yield, microclimate, and water use of millet and sorghum in Niger, West Africa. M. S. Thesis, Texas A? M University, College Station, TX, 1989, 160
- [10] Srivastava M K, Raizada R B. Assessment of embryo/fetotoxicity and teratogenicity of azadirachtin in rats. Food and Chemical Toxicology. 2001, 39(10): 1023-1027.
- [11] Schmutterer H. Side effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider mites and insects. J. Appl. Entomol. 1997, 121: 121-128
- [12] Schafer E W, Jacobson M. Repellency and toxicity of 55 insect repellents to redwinged blackbirds (*Agelaius*

事件驱动式商务智能——商业竞争的新利器

姚卫新¹ 黄丽华²

(复旦大学管理学院, 博士生¹; 博士生导师² 上海 200433)

〔摘要〕 信息爆炸使企业从巨量数据中发掘出有用的信息需要花费越来越多的时间, 同时由于竞争日趋激烈, 企业对信息作出反应的时间必须越来越短, 时间成了企业在市场上维持或增强竞争力的关键, 具有时间敏捷性的事件驱动式商务智能已成为必然的选择。本文对其产生的原因进行了分析, 并指出了其必须具备的功能。

〔关键词〕 商务智能 事件驱动 信息 [中图分类号] C93 G2 F2

信息技术极大地推动了经济的发展和生产率的提高, 企业对信息的使用方式也从低层次向高层次进化, 直至现今的商务智能。信息时代的信息爆炸使企业积累了巨量的数据, 从中发掘出有用的信息需要花费越来越多的时间; 同时由于竞争日趋激烈, 企业对信息作出反应的时间又必须越来越短。因此具有时间敏捷性的事件驱动式商务智能将应运而生, 它是企业参与竞争的新利器。本文对其产生的原因进行了分析, 并指出其必须具备的功能。

一、普通意义上的商务智能

商务智能 (Business Intelligence) 的传统定义是指将存储于各种商业信息系统中的数据转换成有用信息的技术。它允许用户查询和分析数据库, 得出影响商业活动的关键因素, 帮助用户做出更好、更合理的决策。其中的报告、在线分析处理和数据挖掘等工具从不同的层面帮助企业实现这个目标。

从数据分析的角度看, 商务智能是为了解决商业活动中遇到的各种问题, 利用各种信息系统进行的高质量和有价值的信息收集、分析、处理过程, 其基本功能包括信息分析、预测、辅助决策。例如, 对于一个金属加工厂来说, 运用商务智能工具可以知道有关金属开采企业、市场、影响市场价格和交易量的因素在内的各种信息, 进而对整个行业有一个全面的了解, 并且还能运用足够的信息评估该行业的投资风险及预期收益。

从应用的角度看, 商务智能帮助用户对商业数据进行在线分析处理和数据分析, 帮助解决商业问题、预测发展趋势、辅助决策, 以便更好地实现商业目的。通过对信息的收集和分析处理, 能帮助用户解决商业活动中遇到的很多问题, 例如哪些产品最畅销、哪些产品的利润最大、谁是最佳客户、他们的购买力有多大。

据美国加州大学研究, 目前世界上每年产生将近 20 亿千兆字节的独特信息。公司数据库规模日益扩大, 是否能够最大限度地使用信息资源来管理和

- phoeniceus). J. Environ. Sci. Health A18. 1983, 493-502
- [13] Saxena R C. Neem seed derivatives for management of rice insect pests- a review of recent studies. In: Schmutterer H, Ascher K R S (Eds.) Natural Pesticides from the Neem Tree and Other Tropical Plants. Proc. 3rd Int. Neem Conf. (Nairobi, Kenya, 1986, 81- 93
- [14] Karim R A N M, Chowdhury M M A, Hoque M N M. Current research on neem in rice in Bangladesh. Proc. Final Workshop, Botanical Pest Control Proj. Phase 2 (IRRI, Los Banos, Philippines). 1992, 30- 34
- [15] Mansour F A, Ascher K R S. Effects of Margosan- OTM, AzatinTM and RD9- Repelin on spiders, and on predatory and phytophagous mites. Phytoparasitica 21. 1993, 205- 211
- [16] Serra A C. Untersuchungen zum Einsatz von Nierensamenextrakten im Rahmen integrierter Ansätze zur Bekämpfung von Tomatenschadlingen in der Dominikanischen Republik. Doctor. Thesis, Univ. of Giessen, Germany. 1992
- [17] Lamb R, Saxena R C. Effects of neem seed derivatives on rice leaffolders (Lepidoptera: Pyralidae) and their natural enemies. Proc. Final Workshop IRRI- ADB- EWC Proj.

- on Botanical Pest Control in Rice- based Cropping Systems (IRRI, Los Banos, Philippines). 1988, 47
- [18] Krishnaiah N V, Kalode M B. Environmental impact studies on neem. Proc. Final Workshop, Botanical Pest Control Proj. Phase 2 (IRRI, Los Banos, Philippines) . 1992, 50- 53
- [19] Hoelmer K A, Osborne L S, Yokomu R K. Effects of neem extracts on beneficial insects in greenhouse culture. Proc. USDA Neem Workshop on Neem's Potential in Pest Management Programs (Beltsville, MD, USA) . 1990, 100- 105
- [20] McCloskey C, Arnason J. T., Donskov N. et al. Third trophic level effects of azadirachtin. Can. Entomol. 1993, 125: 163- 165.
- [21] Rossner J, Zebitz C P W. Effects of soil treatment with neem products on earthworms (Lumbricidae) . In: Schmutterer H, Ascher K R S. (Eds.) Natural Pesticides from the Neem Tree and Other Tropical Plants. Proc. 3rd Int. Neem Conf. (Nairobi, Kenya, 1986). 1987, 611- 621
- [22] Stark J D, Walter J F. Persistence of azadirachtin A and B in soil: Effects of temperature and microbial activity. J. Environ. Sci. Health, - Part B: PESTIC. 1995, B30(5): 685- 698 (责任编辑 邱夜明)