

# 化学品植物毒性的评价和鉴别

李天煜

(桂林电子工业学院电子工程系环境工程教研室, 广西桂林 541004)

**摘要:** 简述了进行化学品植物毒性评价和鉴别的种类、方法和意义, 强调有毒化学品对维管束植物的毒性和严重后果, 呼吁加强我国在这方面的研究并尽快建立相应的评价方法和标准, 以完善我国化学品生物毒性鉴别和评价方法及标准体系, 为保护环境质量, 提高人们生活水平, 维护我国的生态安全服务。虽然过去由于我国工业化程度较低而没有出现什么问题, 但现在必须及时给予重视, 防患未然, 以免重走西方发达国家的弯路。

**关键词:** 植物毒性; 维管束植物; 有毒化学物质; 生物评价; 生物鉴别; 环境安全; 生态风险

**中图分类号:** Q946 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2005)03-0254-07

## Bioassay and phytotoxicity assessment of chemicals

LI Tian-yu

(Staff of Environmental Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

**Abstract:** The significance, methods and types of bioassay and phytotoxicity assessment of toxic chemicals are reviewed mainly due to phytoassessment studies having become more of an integral component of environmental monitoring and ecological risk assessment since the early 1990s. It is emphasized that the phytotoxicity and effects of the toxic chemicals on vascular plants are hazardous to their health growth and existing. The consequence will be dangerous for ecosystems including the creature and the man. Appealing to increase the research of this aspect in our country so that the methods using vascular plants for bioassay and phytotoxicity assessment of the toxic compounds can be developed and the standards can be established as soon as possible. This will make our system for toxicity assessment be more all-around in protecting our environment, assuring the ecological security, bettering the life quality of people. Based on which it was drawn that there were no catastrophic environmental incident ouuring in our country due to the poor industrialization in the past, but now we must give great attention to it to avail repeating the crooked way in dealing with environmental problems. Thus, in the status of current economic integrity of global, the strict standardized methods of plant toxicity tests, bioassay and the regulations under the environmental laws of our country will be more propitious to protect the environment and warrant the ecological safety.

**Key words:** phytotoxicity; vascular plants; toxic chemicals; bioassessment; bioassay; environmental safety; ecological risk

各种化学品的大量生产和使用是现代社会的标志之一, 人类活动向环境中排放化学品的种类和数量也日益增多, 其中有许多是自然中原来并不存在的, 也有一些对生物有毒, 这些由人类活动引起的、非天然存在的有毒化学物质除了可能给生物的生命

活动造成损害外, 也可能造成一些生物死亡以至绝灭, 还可能通过生态系统中生物之间的相互作用, 对生态系统功能的正常发挥产生障碍, 形成生态灾难, 给生命的存在和发展带来困难, 这就是化学品所蕴含的生态风险, 尤其是有毒化学物质, 其环境危害和

收稿日期: 2004-03-12 修订日期: 2004-07-20

基金项目: 桂林电子工业学院科研启动基金(Z20421); 广西高校硕士点建设(桂林电子工业学院)项目(ZE2401)资助。

作者简介: 李天煜(1964-), 男, 河南南召县人, 博士, 副教授, 研究方向为环境生物学和植物生态学。

生态风险远大于一般的污染物,其潜在的生态风险可能是人类难以承受的。早在 1962 年 Carson 在其《寂静的春天》中描述过由于人类滥用农药所造成的可怕后果。30 a 后,人类又面临着合成化学品对人类自身和动物繁衍的极大危险,如 Colborn 等(1996)在《我们被偷去的未来》中展示了因为人类滥用化学品,正使自身的生育能力和生存经受灾难。实验室研究结果表明,许多合成化学品具有干扰内分泌系统功能的作用,从而能阻碍野生动物和人类的正常繁殖。自然界中的有机体是经过几十亿年的进化过程而来的,其内发生的化学过程是自身协调的,它们之中每一成分与其他的所有成分都相容,而人类合成的许多化学品在自然界多是不存在的,这些物质的分子结构只是类似于构成独特生命的有机化合物,它们能强有力地干扰、改变或破坏有机体内进行的生物化学过程,从而对有机体产生各种危害。

现代化学工业每年新合成的化学物质有上万种,商品化的有 1 000 种,为了预测它们的环境(生态)风险,保护生态安全,人类有必要对这些物质进行生态风险评价,包括对其危害植物、动物和人体健康的毒性进行鉴别和评价。化学品的植物毒性鉴别和评价在发达国家已成为环境监测和毒性评价体系中一个必要的组成部分。这既是人类认识上进步的一个标志,也是工业化国家在受到一系列环境公害教训后得到的认识,开始重视有毒化学物质的生态风险。通过大力开展科学研究,不仅对化学品的生态风险有了较深入的认识,在理论和实践上也取得了较大的进展,为此还制定了许多相关的法律法规,颁发了许多毒性评价标准,促使人们对其采取严格的风险管理措施,这为防范生态灾难的发生、环境质量的改善、人们生活水平的提高起到了积极作用。

近十几年来,国外通过进行有毒化学物质的植物毒性评价和鉴别,极大地促进了毒理学的发展,更重要的是为维护人类健康,保护地球生态环境起到了积极作用,成为维持人类社会文明进步,保障人类社会可持续发展的有力手段。我国由于历史的原因,在该项工作上还处于相对落后的局面。本文简要评述国外在这方面的最新进展,可为我国做好这项工作提供借鉴作用,以推动我国在这方面研究的步伐。

## 1 植物毒性评价的内涵和意义

目前,植物毒性评价在国外是作为生态风险评

价的一个组成部分,主要是对可能引入环境中的化学品对自然环境中的植物(包括高等、低等)产生危害和毒性的可能性进行预见性评估,以尽量避免危害的产生和降低风险,并为可能产生的危害和风险预备应对措施,使有毒化学品的管理科学化。这样做是因为对于一些化学品,尤其是那些人类新合成的非天然化学品来说,人们对其环境行为知道的很少,甚至是一无所知。当化学品被有意或无意地引入环境中时,可能会对人体健康和其他生物的生存、生态系统的结构和功能、环境质量产生严重的损害,其结果可能是灾难性的,后果可能完全出乎人的预料以至于使人类难以承受,即它们可能会有巨大的生态风险,所以人类有必要对其毒性进行鉴别和评价,对其风险做出科学的评估,防患未然。

传统的毒理学研究主要是为了人体的健康而进行该项工作,对植物可能受到的损害既知道的不多,也不太关心。随着人类认识水平的提高,人们环境意识的加强,对生态风险问题有了更深刻的认识,人们开始关注化学品对植物,尤其是对野生维管束植物的危害以及由此而引发的生态效应和生态问题,因而对化学品的管理和使用更加理性,对化学品(包括植物)的毒性评价就成为不可或缺的一环。可以说人类对生态风险重视来自于人类对现代工业文明形式所引起的诸多生态问题的深刻反思,来自于对现代科学技术所固有的缺陷的认识,也是许多环境公害、生态灾难教训的结果(中国科学技术情报研究所,1975)。人类只有最大限度地保护自然环境,特别是保护自然环境中一切生命有机体,以保护生物的多样性,维持地球环境的生态过程和功能,才能保护自己,保证自身的生存和发展。而化学品的无理性使用所蕴含的生态风险可能是人类未来面临的最大风险,且化学品的危害还有极长的潜伏期和累积作用,其对生态环境的破坏可能会是缓慢而持久的,也是最不易被人类所察觉的,所以美国将环境中的化学品列为二十一世纪人类需要加强关注的六大优先领域之一(Editor,1997)。

地球生物圈是一个统一的整体,相互间互相依存、相互影响,是人类存在和发展的基础,其功能的正常发挥依赖于其结构的完整性。生存于地球生物圈中的所有生命及其物理环境都是必要的组成部分。生物多样性是地球生物圈长期进化的结果,是生命存在的基本特征,人类的生存和发展离不开对生物多样性的有效保护。地球生态系统是通过食物

网组成的一个巨大整体,而植物作为地球生命系统中物质和能量的生产者,是维持地球生态系统的最基本成分,是所有食物链的起点;任何消费者包括人类都不能直接从无机的物理环境中获取物质和能量,都必须依靠植物的光合作用;通过食物链或食物网的传递作用,很多极微量的污染物质有可能被富集到产生危害的水平,对其后的营养级造成严重影响;植物还是自然环境质量的积极维护者。因此植物是地球生命支持系统的基础,在维持地球生态系统的功能上有着不可替代的作用。对植物的危害必然会导致生态系统在结构和功能上的损害,甚至可能造成生态失衡,系统崩溃等严重生态后果。而高等维管束植物对于陆地生态系统又具有特别重要的意义,是所有陆生生物包括人类存在的基础,对水生生态系统的维持也有很重要的作用。

虽然生命的基本活动有很大的同一性,但也存在较大的特殊性。不用说植物和动物间,无脊椎动物和脊椎动物间,即使是哺乳动物和鸟类,藻类和高等植物(维管束植物)间也存在相当大的差别,这在生物学理论和毒理学实践上都已被证明(Hoffman等,2003)。它们不仅在结构和生理活动上不同,在对环境变化的反应上,特别是与其它生物的关系,以及生态过程等方面都有很大差别,而这些差别对生命的进化历程有无法预料的影响。要保护生物多样性,维护生态系统的功能,保证生态安全,离不开对高等维管束植物的保护,这就要求评价有毒化学物质的生态风险时,评价其植物毒性是非常必要的,尤其是对高等维管束植物毒性评价也不能被忽视。

人类只有重视化学品的生态风险,重视对有毒化学品的毒性评价,加强对化学品尤其是有毒化学品和新化学品的生态毒理学研究,才能在享受现代文明成就的同时不遭受其负效应的威胁。这既促进了人们对有毒化学品环境行为的探索,强化了人们的生态风险意识,又促进了生态毒理学的形成和发展,使有关植物毒性的评价方法和技术得以发展和成熟,形成了很多实用的技术方法,并在实践中得到广泛应用,成为维护地球生态安全的一道有力防线,还促使高等维管束植物毒性评价方法和技术在科学实践上的极大进步,成为立法和制定相关标准的基础,促使植物毒性评价发展成为生态风险评价中的一项基本内容。如今植物毒性评价在工业化国家已成为化学品科学管理中的一项基本措施,为此还颁布了许多必要的法律和方法标准,成为对有毒化学

品实现科学、安全管理的有力手段。

## 2 植物毒性评价的内容和方法

化学品的植物毒性评价主要利用其对单种植物或植物群落的毒性效应来评价其毒害作用,包括利用藻类、水生和陆生维管束植物。其中以利用藻类、水生维管束植物进行的评价特别关键,这主要是由于进入环境中的所有化学品最终都会汇入水生生态系统中而对水生生态系统产生很大的影响。特别是现代农业生产中使用的各类化学品急剧增多,随降雨径流而进入各种水域中,成为影响巨大的面污染源。由各种水域构成的地球湿地生态系统是地球之肺,也是生物多样性极为丰富的地域,还是水禽赖以生存的场所,由于受到农药的污染,曾发生过很多次鸟类大量死亡和不能繁殖的惨剧(蕾切尔·卡逊,1999。),而许多水生生物,特别是那些湿地中特有的稀有生物种类,则有可能在我们发现它们之前就已经因各种污染物的作用而绝灭了。

在植物毒性评价的方法中,虽然利用淡水藻类进行植物毒性评价要远多于利用其它淡水植物和海洋藻类,但要少于利用动物种类进行的毒性评价。这主要是由于进行植物毒性评价在技术上需要专业知识,而且关于化学品的植物毒性的数据太少的缘故,这也恰好说明必须加强这方面的研究才能使人们对其有更多的了解。除此之外,一些人还认为植物对有毒物质的敏感程度要低于动物,但这已被证明是不确切的,因为一些比较毒性研究的结果说明,化学品的生物毒性或生物敏感性随测试用的植物和动物的种类、化学品的种类而异,有时是动物敏感些,有时是对植物的毒性更大,并不存在一个一致性的结果(Hoffman等,2003)。

### 2.1 藻类毒性测试及其局限性

该方法主要是利用单种淡水藻类,在实验室内按照标准化的方法测试化学品的毒性效应。所采用的条件是严格的,步骤是规定好的,评价参数和过程也是同一的,所以其结果具有较大可比性。测试采用的淡水藻类主要是少数几种绿藻,蓝(绿)藻和硅藻则因为它们生长慢、难培养而较少采用,不过唯一的例外就是在评价杀虫剂的植物毒性时(Hoffman等,2003)。利用藻类进行化学品植物毒性评价开展的较早,也很多,评价过程和步骤都已标准化,我国也早已开展,迄今为止人们绝大多数关于化学品和

其它潜在有毒物质的植物毒性效应的信息都是基于其对藻类毒性的测试结果,近些年来由于藻类毒性测试结果的一些局限性而迫使人们对其进行更多的研究和改进,例如对于大多数被测试的化学物质来说,在实验室内从单种微型藻类推导的毒性浓度能否说明其与环境是相适应的,这依然不清楚。而植物在种内变异、是否受控实验条件和未知的环境修饰效应,如生物适应等方面的巨大差异等都会降低这些数据在其说明环境适宜性的价值。所以从实验室获得的植物毒性测试结果常被认为是对于化学品对生态系统产生可能有害效应浓度的一个不真实的估计。这样人们为了提供一个更真实的关于植物毒性的估计,就设计使用了几个新实验,如对传统的实验方法进行修改,包括用河水进行稀释(Wang, 1987),使用混合的化学品(Aoyama 等, 1987),一次使用多种藻类(Claesson, 1984)。另外,一些更复杂的实验设计已被用在实验室和野外,这类的有微宇宙、实验塘和小溪、围栏、以及原位加药(染毒)等。使用这些技术已确定了许多污染物对浮游植物和周丛植物的效应(Hoffman 等, 2003)。据一些人对这种实验和单种藻类实验在测试同一种排放物(Ludyanskiyand, 1992)、杀虫剂(Larsen 等, 1986)、金属和表面活性剂(Lewis 等, 1993)植物毒性时获得的结果所进行的比较,虽然这类比较进行的较少,但显示出测试结果随植物种类和化合物而不同的特点,说明对于绝大多数化学品来说,在实验室内利用单种微藻得出的毒性结果不能概括或预测其在生态系统中的效应。尽管如此,比较毒性评价研究也显示植物毒性测试比一些动物毒性测试更实用,其结果更能支持对有毒物质进行严格控制的法律的实施,而且植物毒性测试数据太少也是造成人们轻视它的原因之一(Hoffman 等, 2003)。所以应当进一步加强这些工作,才能获得更多的信息并有可能衡量植物毒性测试的真实价值。

## 2.2 利用水生维管束植物进行毒性评价

水生维管束植物也是进行有毒化学品植物毒性评价的常用材料,传统上由于藻类培养系统的简易性而使之成为主要的水生植物毒性评价测试使用的生物种类,事实上,的确是经常将它们的毒性数据外推到水生维管束植物和陆生植物的来使用,近来这种做法已受到挑战,因为其在技术上是不成立的,已有测试表明 20% 的情况中藻类敏感性不如维管束植物(Fletcher, 1990),因此应当尽量避免再这样做。

水生维管束植物又称为水生大型植物,是很多水生生态系统中初级生产者的极其重要的组成部分,包括苔藓、蕨类和被子植物,一般将其分为漂浮、沉水和挺水植物。不管是生长在淡水还是咸水中,它们都可作为水禽、鱼类和无脊椎动物的食料,捕获太阳能,产生氧,参与营养循环,同化碳,并为多种水生生物提供栖息地。由于有这些作用,这个营养级对于水生生态系统的稳定性至关重要,而且污染物对它们的影响会给其它营养级带来间接的作用。因此在过去的二十年中,水生维管束植物在环境风险评价中的重要性已被人们所认识。它们不仅是水生生态系统受污染物胁迫的重要指示者,也是化学物质沉积、迁移和激活(生物有效化)的重要通道,虽说一些困难限制了使用水生维管束植物进行化学品的生物评价,但有几个漂浮种和沉水种已成功地被用于评价污染物的毒性和归宿(Hoffman 等, 2003)。

到目前为止,最常用于毒性评价的维管束植物是几种浮萍(duckweed)。它们属于单子叶植物纲的浮萍科(Lemnaceae),是一类漂浮生长的植物。它们之所以能被用于植物毒性评价,除了具有形体小,能在确定成分的无机基质中进行纯培养,不用在底泥中生根等优点外(Hillman, 1961),它们的生长率和最终产生的生物量都可进行直观的、非破坏性的测定,而这是其它植物所缺乏的。使用浮萍进行毒性评价在一些国家已被立法所建议或规定(US EPA, 1996; OECD, 2002)。在浮萍科的四个属中,浮萍属(*Lemna* L.)在毒性测试中是最常被使用的,其中以 *L. minor* 和 *L. gibba* 使用的更普遍(Wang, 1986)。

使用浮萍进行毒性评价的方法可以设计成静态的(static),静态更新的(static-renewel)或流过性的(flow-through)。评价用时间为 4~10 d,使用的光强为 30~300  $\text{mEm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ,培养液可以是加富的藻类培养液,也可用霍格兰培养液(Hoagland's media)。浮萍主要利用营养繁殖扩展种群,生长速度极快,不同的种类和培养条件下其增长速度有较大差别,不同的人利用最佳的培养条件,所获得的加倍时间也各不相同,在已报道的结果中,最快的为 0.35 d,最慢的为 2.8 d(Wang, 1986)。有人得出浮萍(*L. minor*)和紫萍(*Spirodela polyrhiza*)的加倍时间分别是 1.43、2.24 d(Grant, 1982)。不过对于一个有效的实验来说,对照组中的植物在 7 d 的培养中应增长 5 倍以上(US EPA, 1996; OECD, 2002)。用

来衡量化学品毒性效应的参数是对叶状体数、生物量、根数、植物体数、根长增长和光合作用色素含量的影响,计算出的数值为半效应浓度( $EC_{50}$ )、无观察效应浓度(no observed effect concentration, NO-EC)和最低可观察效应浓度(lowest observed effect concentration, LOEC)。除此之外,其它的如 10% 效应浓度( $EC_{10}$ )和 90% 效应浓度( $EC_{90}$ )值也有被采用的(Host 等, 1977)。人们对不同种浮萍间的相对敏感性了解得还不多。据格兰特(Glant, 1982)的报道,浮萍对除草剂 Hydrothal-191 (Endothal) 和线形的烷基苯磺酸盐的敏感性大于紫萍(*S. polyrrhiza*); 而对氨基甲酸胺的敏感性两者相同(Wang, 1986)。King 等(1985)则报道了对于石油的提取物和煤的蒸馏物来说, *L. gibba* 不如 *L. minor* 和 *L. perpusilla* 敏感。

在一些研究中,已报道说浮萍(duckweed)对一些化学品的敏感程度高于其它大型植物和藻类(Forney 等, 1981), 也比鱼对镉(Cd)、铬(Cr)、铅(Pb)、镍(Ni)和硒(Se)更敏感(Wang, 1986)。Taralden 等(1990)提出了一个针对下水道排放物(effluents)的测试方法并报道在 3 个被测试的排放物中的 2 个是浮萍的敏感程度要高于 *Ceriodaphnia dubia*。在美国,有人认为应该进行更多的关于浮萍对众多有毒化合物的相对毒性研究以获取更多的数据,以便能在更大程度上将其并入到美国的化学品鉴别和登记办法所要求进行的测试项目中,这样可以进一步加强对有毒化学品使用安全性的了解(Hoffman 等, 2003)。此外,浮萍评价结果的生态学意义,以及利用浮萍替代其它水生维管束植物进行毒性评价的效能也需进行更全面的评估。

### 2.3 沉水和挺水植物

沉水和挺水植物在污染物毒性和归宿的生物学评价中的应用比浮萍少。它们大多数需要生根于土中,且培养过程和标准的生长测量也比使用浮萍困难。其它一些基本问题,如合适的指示种、污染物接触方法、测试历时、接触一效应终点等也有待于解决。但它们有一个特别诱人的地方,就是它们同时暴露于底质和水中,虽然能对水质进行评价的生物种类比较多,但却没有几种生物能像这类植物的根那样是以底质间隙的水为试样的。由于这类生物自然地要去改变根际的物理和化学条件以提高营养物质的生物有效性,这样,相对于没有大型植物生根的底质,那些进入底质中的污染物在一个活化的根际

环境其生物有效性可能是增大或降低。最近美国环保署和其它机构已在为建立底质质量的准则而努力,想必这将会增加这类植物在底质生物评价中的使用。值得关注的是如今它们已提出了两个利用生根的水生大型植物进行毒性评价的标准。这就是美国测试方法和材料学会(American Society for Testing and Materials, ASTM)公布的两个草案。第一个是个关于使用大型淡水挺水植物进行测试的总草案(ASM, 1997),第二个则是更具体的关于使用 *Myriophyllum sibiricum* Komarov 的草案(ASM, 1998)。不客气地说,它们也确实要比利用浮萍进行植物毒性鉴别和评价复杂一些。

### 2.4 陆生维管束植物

为确定除草剂的效果,利用陆生植物鉴别其毒性在农业和园林中已被使用了几十年。这些研究主要是为了鉴别农作物和杂草的敏感性、抗性和除草剂发生作用的方式即生化途径。存在几个不同的评价类型,像土培法或水培法,叶法,培养皿法,和组织培养法等评价方法(Lavy 等, 1986; Camper, 1986)。但标准化的植物毒性评价和鉴别方法仍然是利用藻类和水生维管束植物。许多利用植物和动物进行毒性研究表明,化学品的毒性不仅是与具体化学品的种类有关,也与特定的生物种类相关,这就更证明在描述一个有毒物质对非靶生物的毒性时,应该更广泛地选用动植物种类去检查它们的敏感性,才能在较大程度上降低生态风险。

使用陆生植物鉴别化学品的毒性有几种方法可供选择。土壤鉴别法是将毒物掺入土壤中,借助植物根或种子与有毒物质的接触来进行评价;叶法是将毒物直接施于植物的叶上,而植物既可以是培养在土中的,也可是培养于专用的水培体系中;至于培养皿鉴别法一般是用在种子萌发的研究中,供测试的种子直接与含有测试物的介质(如湿滤纸、沙子或玻璃珠等)接触,也可用在植物组织的毒性鉴别实验中;组织培养鉴别法是用植物细胞或组织的活体培养物评价化学品的植物毒性,可用来研究有毒化学品的生化途径和作用方式等。用陆生植物测试化学品的植物毒性时,一般是选用农作物来进行。比如大豆、玉米、胡萝卜、洋葱等。其它也可选用一些当地的种类,像甜菜、土豆、黄瓜、卷心菜、莴苣等作物及其它合适的草本植物种类等都是最常采用的。供试的基质有多种,选用哪一种要根据供试植物的种类、生长特性和实验条件而定。一般可选用灭过菌

的沙子、沙质土或含有机质不超过 3% 的粘壤土作培养基质。应将已溶于溶剂中的有毒物质掺入干土中并进行充分的混合,在毒性测试前要经过一夜的放置以便使溶剂完全蒸发。土壤特性像 pH、土壤组成、有机质含量、交换容量等,会影响毒物的生物有效性,应在实验前进行测定。测试可采用水培的方法,如通过叶子或营养液接触受试毒物时就可以使用水培体系,这个体系可以用于多种植物毒性鉴别法中。在陆生植物的毒性鉴别评价测试中可供测量的植物反应有许多种,具体测量什么要依据实验设计而定。总的来说,有毒物质对植物的作用可通过分析种子萌发、种苗发生、以鲜重表示的植物生长、测试期间茎或根长的变化,或者仅观察形态上的改变,如失绿、叶子黄化、叶卷曲成杯状等等。可作为生化标记的如光合作用、呼吸作用、二氧化碳同化、蛋白质合成、酶活性和脂质组成等也可以使用(Hoffman 等,2003)。

在我国虽然也做过一些有关化学品植物毒性评价和鉴别方面的工作(张彤等,1995;张莉等,2001),但数量少,不系统,方法也不标准,特别是利用维管束植物进行毒性评价的工作更少,与先进水平相差较远,尤其是还未制定有毒化学品在高等植物毒性鉴别和评价的方法和标准的相关法规。这与我国作为高等植物种类极丰富的地位很不相称,也极不利于保护我国的生物多样性和维护生态安全,加强这方面的工作不仅是历史的要求,也是我国经济走可持续发展道路的必然。

在人类社会已发展到二十一世纪的今天,生态安全已被认为是整个国家安全的一部分(陈国阶,2002),它也许不象国防安全、金融安全那样来的突兀和变化迅速,成为横扫一切的风暴,但其影响可能更为持久和深远,更是国家的长久大计,对一个国家的可持续发展有举足轻重的限制作用,在我国这样的大国,尤其显得重要。我们的一个小小失误,对子孙后代可能是难以承受的负担。

### 3 一些有关的问题及讨论

过去,我国工业化程度较低,化学工业的发展水平有限,农业上使用的化学品(杀虫剂、除草剂、杀菌剂等)种类少,数量也不多。因此即使我国的化学品生物毒性评价的研究进行得相对少一些,技术和方法也不多,评价体系不全面,其生态风险也不大,况

且由于我国对新化学品的研发水平较低,商品化过程进行得也较少,与国外的交流也不多,许多化学品都是在国外已商品化较长时间后才引入我国,所以对新化学品进行毒性评价的任务较轻。但是自从改革开放后,这种情况已发生了根本的变化。不仅我国在新化学品的研发水平上已有极大提高,商品化过程的进行也越来越多,与国外的交流和引入就更多,有时也可能是完全同步进行商品化过程,因而有毒化学品的生态风险已大大增加,在这样的情况下如果我国再不加强毒理学研究,积极开展生态毒性评价,建立更为严厉、全面的监测评价体系,颁发更全面的评价方法标准,就有可能在管理上疏漏一些具有极大环境危害的化学物质,使其在未采取科学控制措施的情况下,就不加任何限制地随意使用,从而导致进入环境的该类物质急剧增加,使一些敏感种类中毒以致死亡、灭绝,给我国的生物多样性带来不可估量的损失,危及生态环境安全。另外,在全球经济日益一体化的情况下,很多大的跨国公司在全球各地办厂,使生产和研发过程当地化,因此也要防止一些不法商人钻我国化学品评价体系不健全,法律执行不严的空子,没有进行全面评价就大规模在我国率先使用,把我国当作其试验场。尽管这种可能性很小,但要以防为主,在这类事情上完全不能采取亡羊补牢的态度,预见性研究和防范无论何时都是最好的环境保护策略。因此作者呼吁要大力加强我国的生态毒理学研究,建立办法更全面、标准更严厉的有毒化学品毒性评价方法和标准,包括利用水生和陆生维管束植物进行毒性评价的方法标准,以更好地保护我国的环境,维护生态安全。

这里强调要加强研究,尽快建立和颁布我国高等植物毒性评价的方法及标准,并不意味着要削弱目前已成为常规方法的“三大评价试验”的重要性,而是指出了这些方法在新的历史条件下的局限,以及在保护环境,维护生态安全中的不足之处,为了整个国家的所有生物有机体的安全,更全面地保护生物多样性,有必要建立更全面完整的有毒化学品鉴别评价体系,以保障我国环境和生态的安全。有关高等植物的毒性评价方法及标准将成为现有 3 大方法的必要补充,与它们一起构成一个更严密的评价体系。它们之间互相补充,而不是互相矛盾的,无论哪一个都有其不可替代性,是一个整体的必要部分。

此外,自然界的植物都处于竞争之中,一些敏感植物会在胁迫情况下因生长不良,或因生长速度少

许降低,就有可能因竞争作用而从其生境中被排除,特别是那些稀有的种类和一些分布区狭窄的特有种类,完全有可能因此而绝灭。这种情况在植物界屡见不鲜,在动物界也比比皆是。此外,各国的动植物的区系都有其一定的特有性,在其它国家得到的结果并不能完全推及到另一个国家,所以从这个角度出发,也应在借鉴国外的植物毒性评价标准及其相应的法规的基础上,尽快建立我国自己的植物毒性评价体系及法规,为更有效地保护我国的环境服务。

### 参考文献:

- 中国科学技术情报研究所. 1975. 国外公害概况[M]. 北京:人民出版社,1-10.
- 蕾切尔·卡逊[美],吕瑞兰,李长生(译). 1999. 寂静的春天[M]. 北京:中国社会科学出版社,1-677.
- Aoyama I, Okamura H, Yagi M. 1987. The interaction effects of toxic chemicals combinations on *Chlorella ellipsoidea*[J]. *Toxicity Assessment*, 2:241-254.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1997. Standard Guide for Conducting Renewal Phytotoxicity Tests with Freshwater Emergent Macrophytes[S]. E 1841-96, ASTM, West Conshohocken, PA.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1998. Standard Guide for Conducting Static, Axenic, 14-Day Phytotoxicity in Test Tubes with the Submersed Aquatic Macrophyte, *Myriophyllum sibiricum* Komarov[S]. E 1913-97, ASTM, West Conshohocken, PA.
- Camper ND. 1986. Herbicide studies with plant tissue and cell culture[A]. In: Research Methods in Weed Science[M]. Camper ND, Ed, Southern Weed Science Society, Champaign, IL, 385-520.
- Chen GJ(陈国阶). 2002. On ecological security(论生态安全)[J]. *Chongqing Environ Sci*(重庆环境科学), 34(3): 1-3.
- Claesson A. 1984. Use of a mixed algal culture to characterize industrial wastewater [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 8:80-89.
- Editor Office of ES & T. 1997. Special report: Research Priorities for the 21st Century[R]. *Environ Sci Technol* 31(1): 20A.
- Fletcher JS. 1990. Use of algae versus vascular plants to test for chemical toxicity [A]. In: Plants for Toxicity Assessment[C]. ASTM STP 1091, Wang W, Corsuch JW, Lower WR(eds). American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 33, USA.
- Forney DR, Davis DE. 1981. Effects of low concentrations of herbicides on submersed aquatic plants[J]. *Weed Sci*, 29: 677-689
- Grant JG. 1982. An Aquatic Bioassay Utilizing The Lemnaceae(Duckweed) in a Static System[D]. Master of Science Thesis, Rice University, Houston.
- Hillman WS. 1961. The Lemnaceae, or duckweeds. A review of the descriptive and experimental literature[J]. *Bot Review*, 27:221-287.
- Hoffman DJ, Rattner BA, Burton GA Jr, et al. 2003. Handbook of Ecotoxicology[M]. 2nd. Washington, D. C. A CRC Press Company. p191-218.
- Host RW, Ellwanger TC. 1977. Pesticide Assessment Guideline, Subdivision J. Hazard Evaluation: Nontarget Plants[S]. U. S. EPA, Washington, D. C., EPA-600/3-77-108, 1977.
- King JM, Coley KS. 1985. Toxicity of aqueous extracts of natural and synthetic oils to three species of *Lemna*[A]. In: Aquatic Toxicology and Hazard Assessment[C]. 8th Volume, ASTM STP 891, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 302-436.
- Larsen DP, de Noyelles F, Stay F, et al. 1986. Comparisons of single species, microcosm and experimental pond responses to atrazine exposure[J]. *Environ Toxicology and Chemistry*, 5:179-187.
- Lavy TL, Sentelmann PW. 1986. Herbicide bioassay as a research tool[A]. In: Research Methods in Weed Science[M]. Camper ND(ed). Southern Weed Science Society, Champaign, IL, 201-384.
- Lewis MA, Pittinger CA, Davidson DH, et al. 1993. In-situ response of natural periphyton to an anionic surfactant and an environmental safety assessment for phytotoxic effects [J]. *Environ Toxicology and Chemistry*, 12:1 803-1 812.
- Ludyanskiy ML, Pasichny AP. 1992. A system for water toxicity estimation[J]. *Water Research*, 5:689-696.
- OECD. 2002. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals [S]; Revised proposal for a new guideline for 221 Draft guideline 221, Paris.
- Taradsen JE, Norberg-King TJ. 1990. New method for determining effluent toxicity using duckweed (*Lemna minor*) [J]. *Environ Toxicology and Chemistry*. 9:761-780.
- US EPA. 1996. Ecological Effects Test Guidelines [S]. OPPTS 850.4400 EPA712-C-96-156 April USA.
- Wang W. 1986. Toxicity tests of aquatic pollutants by using common duckweed[J]. *Environ Pollution(Ser. B)*, 11:1-14.
- Wang W. 1987. The effect of river water on phytotoxicity of Ba, Cd, and Cr[J]. *Environ Pollution(Series B)*, 11:193-198.
- Zhang T(张彤), Gin HJ(金洪均). 1995. Use of *Lemna minor* test to evaluate toxicity of four pollutants(用浮萍试验检测4种污染物的毒性)[J]. *China Environ Sci*(中国环境科学), 15(4):266-271.
- Zhang L(张莉), Wang YB(王友保), Liu DY(刘登义). 2001. Phytotoxicity evaluation of Cu, As and their combination pollution by *Lemna minor* test(利用浮萍检测Cu, As及其复合污染的植物学毒性)[J]. *J Anhui Normal Univ* (Nat Sci)(安徽师范大学学报(自然科学版)), 24(4):392-394.