

有机体之间化学相互作用的研究及其应用

宋启示

(中国科学院昆明生态研究所, 650223)

Q14

Chemical Interaction Among Organisms and Their Application. Song Qishi (Kunming Institute of Ecology, Academia Sinica 650223). *Chinese Journal of Ecology*, 1993, 12(1): 45-48.

This paper reviews the most active research fields on chemical interaction among organisms: (1) allelopathy among plants, which is widely applied in agriculture and horticulture, (2) biochemical interaction between plants and insects, (3) biochemical interaction among insects and (4) biochemical interaction among mammals and between mammals and plants. In addition, some new fields such as chemical communication among fish and reptiles, chemical interaction between insects and microorganisms and between plants and microorganisms, and future research trends such as chemical adaptation of organisms to their environments, effects of environmental chemicals on organisms and biochemical interaction among organisms on community and ecosystem levels are also introduced.

Key words: chemical ecology, biochemical interaction, organisms.

随着现代科学的发展,现代化学、物理学和数学等学科的渗透,生态学研究从70年代开始由初级的以生物和环境及其之间相互关系为主的野外定性调查描述进入到对一些生态学现象和过程的机理进行定量深入研究阶段。化学生态学就是现代生态学向纵深发展的产物,是化学向生态学渗透的结果,生态学家试图借助一些现代化学方法和技术来阐明一些生态学现象和过程的机制。国际化学生态学会认为,化学生态学研究就是对自然界产生的有机和无机化合物的起源、功能和意义及其作为物质媒介所引导的相互作用的生态学理解。许多生态学相互作用需要物质作媒介,化学是很重要的理解这些相互作用的工具。化学在生产者、消费者和分解者对资源的利用、生物种内和种间通讯和防御、种群动态、群落的构成以及生态系统的结构和功能的深入研究中是十分重要的。从生态学的发展趋势来看,探讨生物与生物、生物与环境间相互关系的机制的化学生态学将成长为现代生态学的重要前沿学科之一。

1 化学生态学的产生、发展及其研究内容

早在20年代,欧美的一些科学家就提出一

些化学生态学概念和假说。到60年代,欧美的一些植物生态学和昆虫生态学工作者与植物化学工作者合作开展了植物产生的化合物对其他植物和昆虫影响的研究。

在70年代,化学生态学有关著作陆续出版,国际化学生态学会成立,学会刊物化学生态学杂志(*The Journal of Chemical Ecology*)开始出版发行。化学生态学作为一门系统完整的学科在英美形成。

生态系统中生物之间、生物与环境之间通过各种各样的相互作用联系在一起,这些相互作用可以是物理性的,但大部分相互作用是以物质为媒介的。这些物质媒介被称为生态化学物(ecochemicals or semiochemicals)。生态化学物就是化学生态学的主要研究对象。参照 J. B. Harborne 所述,化学生态学研究内容应包括植物自我防御机制、植物与昆虫间化学相互作用、昆虫之间的化学信息传递、植物间生化相互作用、植物与作为病原体的微生物间相互作用、植

作者简介:宋启示,男,30岁,助研,所学术委员。1983年于云南大学生物系毕业,1986年赴加拿大不列颠哥伦比亚大学植物系工作进修化学生态学。现从事化学生态学植物生化感和植物与昆虫生化相互作用研究,发表论文3篇。参加研究曾获中科院科技进步一等奖。

物对各种环境因子的生化适应、重要元素在生态系统流动中的变化、植物授粉的化学生态学、动物间以及草食动物与植物间相互作用等研究内容。研究又分个体、种群、群落和生态系统层次。

在70年代和80年代,植物自我化学防御和抗虫植物与昆虫间的化学相互作用、昆虫间的化学通讯以及高等植物间的生化相克为化学生态学的最活跃研究领域。一些化学生态学方法和技术也迅速得到完善。如生态化学物的收集、提取、分离和鉴定,一系列生物检测技术等。化学生态学各领域的研究成果开始在农、林、园艺上应用。这一时期化学生态学研究多为美国科学家所作,加拿大、英国、瑞典、日本和西德等国家的科学家也作了一些工作。我国当时还处于起步时期,已有人介绍该学科及其在西方的发展,也有与化学生态学有关的研究报告零星地发表,有几位学者在美国和加拿大进行化学生态学研究。我国开展了小规模昆虫间化学通讯和植物间生化他感研究。

2 化学生态学研究现状及发展趋势

生态化学物往往是微量的,难于收集、提取和分离,因此化学生态学研究深受现代分析化学的影响。目前,由于现代微量分析化学的发展和完善,化学生态学研究已进入迅速发展时期。开展研究的国家越来越多,研究向广度和深度发展,化学生态学理论得到发展和完善。

参考1989年和1990年化学生态学杂志(J. Chem. Ecol.)上发表的论文(见表1),可见化学生态学研究在世界范围的发展现状。现在的化学生态学研究仍集中在以美国为主的北美地区,但已有逐渐向其他国家和地区分散的趋势。发表论文的国家 and 地区从1989年的22个增加到1990年的26个。美、加、英、瑞、日、法、荷是开展研究的主要国家。我国台湾省开展了亚热带森林中植物间生化互感研究。1990年我国大陆学者开始在该杂志上发表论文。

在过去的两年中,尽管环境与生物有机体之间相互作用方面的研究甚少,化学生态学研

表1 1989—1990年化学生态学杂志发表论文情况
Tab. 1 Articles published on the *Journal of Chemical Ecology* in 1989—1990

地区	1989		1990	
	篇数	所占比例(%)	篇数	所占比例(%)
美国	131	65.2	151	57.6
加拿大	14	7.0	15	5.7
英国	9	4.5	6	2.3
瑞典	7	3.5	7	2.6
日本	7	3.5	9	3.4
法国	5	2.5	9	3.4
荷兰	1	0.5	11	4.2
其它国家	27	13.4	54	20.6
全球	201	100	262	100
北美	146	72.6	169	64.5
西欧	29	14.4	48	18.3
亚洲	16	8.0	24	9.2
澳洲	6	3.0	8	3.1
非洲	3	1.5	3	1.1

究涉及的领域已达到相当的广泛。其中绝大多数研究涉及生物产生的生态化学物的提取、分离、鉴定和对其他生物种和个体的影响,少量研究涉及生态化学物的产生、释放、分布、收集方法、结构与功能的关系、人工合成、生物检测方法和影响其他生物的机制。理论方法研究和群落水平化学生态学研究很少。昆虫间和植物与昆虫间化学相互作用及植物生化他感为最活跃的研究领域。化学生态学研究开始逐渐向其他生物间相互作用扩展(见表2)。

2.1 植物生化他感研究

植物间生化他感作用研究是化学生态学研究的活跃领域之一。1980年到1990年该领域研究范围涉及农作物种间和种群内、农作物与杂草间、自然植物群落内种间和植物群落次生演替中种间的生化他感。近年来研究主要集中于农作物与杂草间生化他感研究。已研究过马缨丹、狗牙根、鼠尾草、薊、山菊、银胶菊、开尔粗草、掌叶苋、山柳菊、伽蓝菜、白茅、马唐、臂形草、黍、矢车菊、莎草、石刁柏、蝶须和野番茄等杂草;胡桃、白千层、桉属、白羽扇豆、牧豆树、康拉丁树、柳、臭椿及大戟属等木本植物;几种地衣蕨类植物;咖啡、高粱、小麦、大麦、玉米、棉、烟草、三叶草、羊茅、黑麦草、苜蓿等作物和牧草。分离出了大量倍半萜类、酚酸类、醌类、黄酮类和有机酸类生化相克物质。并研究了胡桃醌等抑制植物对钾、钙等营养物质的吸收从而影

表2 1989—1990年化学生态学杂志发表论文所涉及的研究领域
Tab. 2 Research fields dealt with by the articles published on the *Journal of Chemical Ecology* in 1989—1990

研究领域	1989		1990	
	篇 数	所占比例(%)	篇 数	所占比例(%)
昆虫性外激素生态学	31	15.4	46	17.6
植物与昆虫间相互作用	64	31.8	66	25.2
昆虫间相互作用	55	27.4	68	26.0
植物生化他感	24	11.9	23	8.8
哺乳动物间相互作用	8	4.0	13	5.0
哺乳动物与植物间相互作用	1	0.5	10	3.8
水生生物间相互作用	7	3.5	10	3.8
爬行动物间相互作用	3	1.5	6	2.3
其它	8	4.0	20	7.6
小计	201	100	262	100

响其生长的他感作用。生化相克物质可开发成除草剂、植物生长抑制剂和种子萌发抑制剂。有关植物间生化他感研究已在美国、墨西哥等国家应用于指导农作物间作和轮作。但还未有生化相克物质开发成除草剂。我国在该领域已开展草场杂草与牧草间、植物群落次生演替中植物间和作物与杂草间生化他感的小规模研究。服务于农林牧的人工生态系统中植物间的生化他感研究、阐述植物群落和生态系统中物种构成和分布格局及物种兴亡替代的自然生态系统内植物间生化他感研究,以及以寻找天然除草剂为目的的植物生化相克研究是该领域的发展方向。

2.2 植物与昆虫间化学相互作用研究

植物与昆虫间化学相互作用也是一活跃领域。目前的研究涉及植物对昆虫的化学防御,杀虫化合物的提取、分离、鉴定及其对害虫生长、发育和遗传的影响,昆虫寻找寄主植物、适应、利用寄主植物的化学成分以及昆虫与植物间的协同进化。研究重点是植物的抗虫化学机制。已研究了印楝、苦楝、川楝、苦楝、玉米、麦角、五倍子、白桦、老鹳草、棉、云杉、马利筋、仙人掌、龙脑香、葱、烟草、紫菀、草莓、胡萝卜、萝卜、野番茄、野茄、糖芥、无患子、马铃薯、菖蒲和野稻等的抗虫化学机制。研究了粘虫、谷实夜蛾、桔蛾、叶蝉、白蚁、蚜虫、花蝽、豆象、蚱蜢、螨类、甘薯花象、燕尾蝶、凤尾蝶、姬蜂、红蜘蛛等对抗虫化合物的反应和对寄主植物的适应。已分离出大量的萜类、黄酮类、酚类、生物碱类和有机酸类等抗虫化合物,如楝毒素、皂素、抗脱皮素、苦味

素、呋喃香豆素、金丝桃素、光敏毒素、萜萜酸、单宁等,可分为驱避素、昆虫拒食素、产卵抑制素、生长抑制素和杀虫素。印楝素正在被开发成天然杀虫剂和昆虫拒食剂。并对几种抗虫化合物进行了人工合成研究。以寻找天然杀虫剂为目的的抗虫植物研究和昆虫寻找食物、适应利用寄主植物化学成分以及昆虫与植物间的化学协同进化是该领域的发展方向。

2.3 昆虫性外激素和昆虫间化学相互作用的研究

昆虫间化学相互作用研究是目前最活跃的领域。研究集中于昆虫之间的化学通讯和昆虫防御天敌的化学机制。研究了蚊类、蚊蛉、马蜂、齿小蠹、旋丽蝇、枞色卷蛾、萤叶蛱、果蝇、烟草实夜蛾、棉铃象、蝶类、夜蛾、蚜虫类等的化学通讯和化学防御;玉米钻虫、卷蛾、蟑螂、烟草天蛾、橄榄蝇、粘虫、洋芋钻虫、家蝇、潜蛾、鳗尾钻虫、松干蚧、尺蠖、桃蚧、白蚁和烟甲虫等害虫的性外激素。分离出了大量的性外激素、聚集素、引诱素、驱逐素、警告素、同巢认同素、踪迹素等。研究了这些化合物对昆虫行为的影响,研究中采用了电触感图记录法。并对一些性外激素和信息素进行了人工合成研究。性外激素和信息素可用于害虫的治理,对他们的应用开发研究十分活跃。以治理害虫为目的的害虫种内和种间化学通讯研究及应用是该领域的发展方向。

2.4 哺乳动物间和哺乳动物与植物间化学相互作用研究

该领域的研究正在逐步发展。已研究了鼠、

狼、麝、象、海獭、豹、貂等的化学通讯,牛、鹿、羊、兔等对食物的选择和对所食用植物化学成分适应。家畜及珍稀动物性外激素的生态学研究,和植物化学组成对家畜食物选择、生长发育和遗传的影响是其发展方向。

2.5 水生生物间和爬行动物间化学相互作用研究

该领域研究不多,主要对鲛鱼、螯虾的化学通讯、大马哈鱼回游素、红树林与蟹和珊瑚间、藻类与香蒲等水生植物间相互作用进行了研究。对蛇、蜥蜴、鳄鱼等进行了研究。

2.6 其他研究

植物与微生物、昆虫与微生物、植物与线虫等土壤动物相互作用也有少量研究。也有人研究过婴儿鱼腥素(三甲基氨)随年龄变化的规律。

3 在我国开展化学生态学研究的几点想法

根据国际化学生态学发展趋势,我国科技现有水平和我国的资源特点,建议重点开展以下几方面的工作。

3.1 抗虫植物与昆虫间相互作用研究

主要研究天然抗虫植物的化学防御机制,植物毒素及其对昆虫生长发育的影响以及抗虫作物的化学生态。

3.2 植物生化他感研究

包括作物种间和种群内、作物与杂草间生化他感研究,人工群落中种间关系、天然植物群落中一些有意义的种间关系、群落演替中种间关系的研究。

3.3 昆虫间性外激素和信息素的研究。

3.4 有害动物化学通讯研究。

3.5 重要植物与根际微生物和土壤动物化学相互作用研究。

主要参考文献

- 1 马世骏. 生态学发展趋势估计. 生态学进展, 1988, 5(1): 1—2.
- 2 阳含熙. 生态学的过去、现在和将来. 自然资源学报, 1989, 4(4): 355—361.
- 3 Harborne, J. B. *Phytochemical Ecology*. London, Academic Press, 1972.
- 4 Sondheimer, E. and Simeone, J. B. *Chemical Ecology*. New York, Academic Press, 1972.
- 5 Rice, E. L. *Allelopathy*. New York, Academic Press, 1974.
- 6 Munther, W. E. and Fairbrothers, D. E. Allelopathy and autotoxicity in three eastern North American ferns. *Am. Fern J.*, 1980, 70(4): 124—127.
- 7 Harborne, J. B. *Introduction to Ecological Biochemistry*. London, Academic Press, 1982.
- 8 Stefano, J. F. D. and Fisher, R. F. Invasion potential of *Melaleuca quinquenervia* in southern Florida, U. S. A. *For. Ecol. Manage.*, 1983, 7(1): 133—141.
- 9 Silander, J. A. et al. Chemical interference among plants mediated by grazing insects. *Oecologia*, 1983, 58: 415—417.
- 10 Lehle, F. R. et al. Allelopathic potential of hope white lupine (*Lupinus albus*) herbage and herbage extracts. *Weed Sci.*, 1983, 31: 513—519.
- 11 Achhireddy, N. R. and Singh, M. Allelopathic effects of Lantana (*Lantana camara*) on milkweedvine (*Morrenia odorata*). *Weed Sci.*, 1984, 32: 757—761.
- 12 De Jong, T. J. et al. The negative effects of litter of parent plants of *Cirsium vulgare* on their offspring, autotoxicity or immobilization? *Oecologia*, 1985, 65: 153—160.
- 13 Higgins, J. M. et al. Coffee senna (*Cassia occidentalis*) competition with cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Sci.*, 1985, 34: 5—56.
- 14 Nishitoba, Y. et al. Lichen acids, plant growth inhibitors from *Usnea longissima*. *Phytochemistry*, 1987, 26(12): 3181—3185.
- 15 Henn, H. et al. Interference between *Hieracium pilosella* and *Arrhenatherum elatius* in colliery spoils of north of France. *Oecologia*, 1988, 76: 268—272.
- 16 *Journal of Chemical Ecology*, 1989—1990, 15—16.

(收稿: 1991年8月6日, 改回: 11月10日)