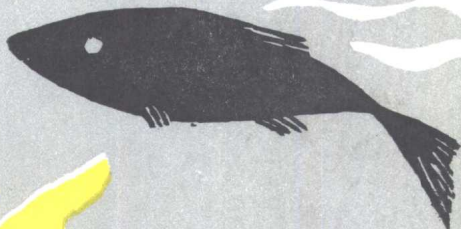
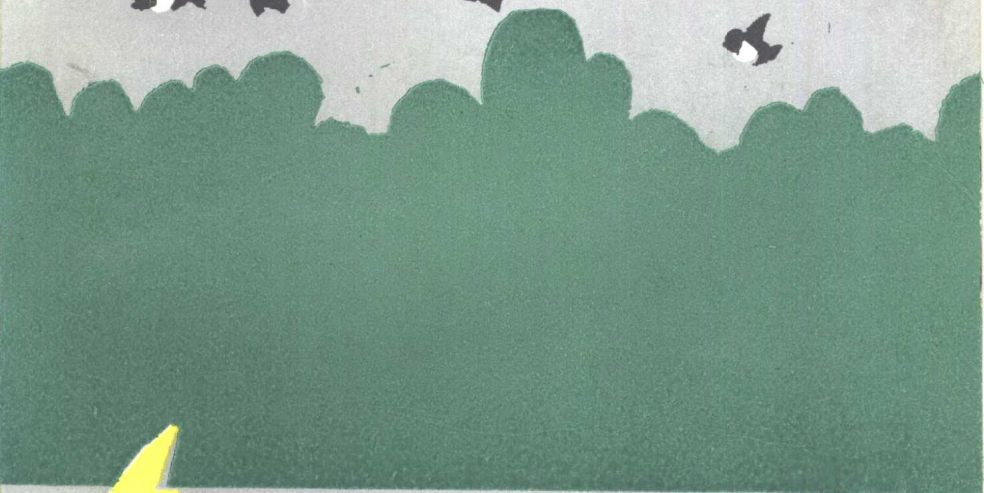
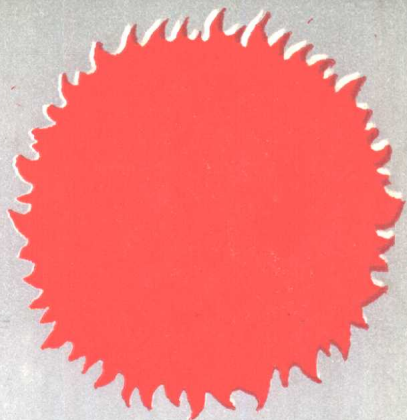


生态生物 化学导论

张玉麟 王镇圭编译



生态生物化学导论

张玉麟 王镇圭 编译

农业出版社

生态生物化学导论

张玉麟 王镇圭 编译

* * *

责任编辑 陈菁华

农业出版社出版 (北京朝阳区东营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787 × 1092mm 32开本 6 印张 119千字

1989年7月第1版 1989年7月北京第1次印刷

印数 1—2,000册 定价 3.15 元

ISBN 7-109-00346-9/S·248

前 言

生态生物化学是国际上近年来迅速发展起来的一门新学科。它从创立一开始就显示出了很强的生命力；尤其在农业生产领域中，它的应用前景将是广阔的。值得将之介绍给广大的读者。但目前国内尚未广泛开展这方面的研究，还缺乏系统的资料，如要编写一本结合我国情况的生态生物化学书籍还有困难。因此我们就采用编译的方式来撰写本书。

在编译中，我们的主要依据是J. B. Harborne的“Introduction to Ecological Biochemistry”。这是生态生物化学领域中较有影响的一本著作。J. B. Harborne教授是生态生物化学的奠基者之一，他在这方面开展了大量的工作，造诣很深。虽然生态生物化学是一门新学科，又是一门涉及生态学、生物化学、遗传学、动植物分类学、有机化学等等的边缘学科，可是J. B. Harborne教授却把这本书处理得很有特色。他通过浅显明了的方式来介绍这一新学科，使人感到亲切和引人入胜，在书中又提出了不少新思想而给人以启发。不过书中所介绍的都是国外的研究工作，有些内容对国内读者来说未免感到生疏；也由于学科的涉及面较广，对于非专业工作者来说阅读时还会感到一定的困难。所以我们在编译时就采取了以下几种办法：大部分材料取自

该书，内容上尽量忠实于原著而编排上则稍有更动，部分吸收了其他著作的内容加以充实；对有些内容进行了注释和通俗化；在有些部分，尤其是第一、八两章中，我们提出了一些不成熟的看法。我们作此说明是为了不致掠美和明确文责。但由于我们是这一领域中的初学者，修养很浅，书中出现错误在所难免。编译上的错误应由编译者负责。对此我们衷心欢迎读者给予批评指正。

我们在本书的编译过程中得到了南京农业大学李扬汉教授的多方鼓励和指导，特此致谢。

编译者

1985年1月10日

目 录

前言

第一章 生态生物化学的概况	1
一、生物与环境是一个动态平衡系统	1
二、生物间的生化交互作用	4
三、生化交互作用的媒介——次生物质	7
四、相辅进化、解毒、防御、适应	14
五、生态生物化学的形成和发展	16
第二章 植物对物理环境的生化适应	18
一、植物对气候因素的生化适应	19
二、植物对土壤因素的生化适应	24
三、植物对人为污染物的解毒	31
第三章 植物毒素及其对动物取食的影响	36
一、植物毒素	36
二、生氰糖苷和车轴草及蜗牛	49
三、马利筋、普累克西普斑蝶和蓝背楔鸟间的交互作用	52
四、昆虫的取食和植物的防御	55
五、昆虫的取食引诱剂	56
六、昆虫的阻食剂	64
第四章 植物和动物间的激素交互作用	73
一、植物雌激素	74
二、植物中的昆虫蜕皮激素	81
三、植物中的昆虫保幼激素	85

四、高等植物中阻食剂的演化	88
第五章 动物信息素和防御物质	93
一、化学通讯的普遍性	93
二、昆虫的性信息素	96
三、追踪信息素	102
四、昆虫的警戒信息素	103
五、昆虫—植物交互作用中的信息素	106
六、哺乳动物的信息素	109
七、动物的防御物质	111
第六章 脊椎动物（包括人）的取食习性	117
一、家畜对食物的选择	118
二、人的择食	122
三、香味的化学	124
四、甜味的化学	130
第七章 植物间的生化交互作用	135
一、克生作用	135
二、荆棘丛的克生作用	137
三、克生作用在生态学中的重要性	143
四、高等植物—低等植物间生化交互作用概述	145
五、抗病性的生化基础	147
六、植物疾病中的致病毒素	162
第八章 生态生物化学的发展前景	169
主要参考资料	176
天然产物中英名称对照表	177

自然界里充满着和谐、完美
而又相生相克，自然界的这
一切在时、空上是统一的。

第一章 生态生物化学的概况

地球，经历了46亿年漫长的岁月，已由一个不毛之地演化成为今天这样生机勃勃的花团锦簇世界；众生万物协调而又制约，正向着更高的阶段发展。可是在近代，随着人的开拓活动的急剧发展，在历史长河中建立起来的生态系统正在受到挑战，各种不适当的人为因素正在日益深刻地干扰着地球生物圈的演化进程。地球一些地区的生态平衡已开始受到破坏和恶化；这种趋势如再不加以控制和调整，其后果将是灾难性的。由于生物的进化是不可逆转的，这种灾难性的局面一旦出现将很难补救和扭转。这就是生态问题的研究在今天所以日益受到人们十分关注的原因。

一、生物与环境是一个动态平衡系统

自然界中生存着各种各样的生物，从肉眼可见的一直到要借助显微镜才能观察到的，真是种类繁多，数量惊人。但仔细观察研究，人们不难发现，生活于不同类型环境中的生

物的种类是不同的，可能没有一种植物或动物能存在于世界的各个地方。生物并不总是能生存于世界上它们可能存活的各个地区中，这取决于生物和环境—物理环境和生物环境的复杂交互作用。

生命从其诞生起从来就不是孤立的；它依赖于环境，又不断地影响着环境。在生命的发生过程中，生物圈、大气圈、水圈和岩石圈彼此相互作用，一环扣一环。在这样的交互作用中，生物在进化和分化。

洪荒时代的地球是一个无生命的世界。原始地球笼罩在还原性的大气中，当时大气的成分是 H_2 ， CH_4 ， NH_3 ， N_2 ， CO ， CO_2 ， H_2S 等。以后随着水分由地球内部外溢，海洋形成了。在此同时，地球上的物质开始了化学进化。无机化合物借地热、放电、紫外线、宇宙线等所提供的能量合成了简单有机化合物以及氨基酸、核苷酸、糖、脂肪酸、卟啉化合物等，地球上出现了非生物合成的有机化合物。这些有机化合物蓄集在原始海洋中，它们在一定的条件下自我组装起来从而产生了原始生命（图1—1）。最原始的生物是出现在海洋中的一些异养厌氧生物，它们以环境中的非生物合成的有

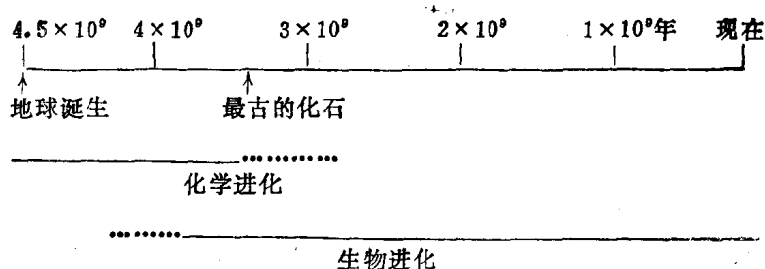


图 1—1 地球上的物质演化进程

机成分为养料，通过酵解方式获取生物可利用的能量形式——ATP。但环境中的有机成分有限，这就限制了原始生物的发展；随着时间的推移，一种光合自养生物出现了。光合作用使还原性大气中出现了氧，这是生物进化中的重大一步。

氧对生物进化孕育着巨大的潜力，氧不是生命本身所必需的，却是高水平的能量代谢所不可少的。有氧生活虽然更能满足高等生物所需的能量，但氧对原始厌氧生物却具有毒性。这样，大气中氧的出现就推动了生物进化，原始的厌氧生物终于获得对氧的毒性的防护机制。原核生物进化为真核生物，糖酵解作用发展为有氧分解。这就为生物进化在遗传上和代谢上准备了条件。生物进化加速了。

大气中氧的出现也改变了环境。环境中的还原性物质被氧化了，例如岩石圈中的铁、硫等被氧化成氧化铁和硫酸钙等。随着环境中还原性物质的逐步减少，大气中氧的含量有了较大的增长。

随着大气中含氧量的增加，臭氧层逐步建立起来了。臭氧层减弱了紫外辐射对生物的伤害，动植物登上了陆地。植物与岩石的相互作用产生了土壤，而土壤层的形成使地表容易淋失的养分富集起来，使生境更加多样化。内因和外因的结合大大加速了生物的进化和分化。光合作用引起的氧积累的反馈影响深远，地球上的生物出现了空前的兴旺景象；生物的种类增加了，各种群落也形成了。生活在一起的各种生物互为环境（生物环境），它们常互相依存而又互相竞争。生物和物理环境间也相互影响着。生物的大量繁殖影响着自然界中的元素循环，改变着大气圈、岩石圈和水圈的状况。这

些变化转而又反馈于生物圈。生物和环境间的这种复杂的交互作用，通过自然选择、相辅进化而逐步形成了一个相对稳定的生态系统。这是一个生物和环境间所形成的动态系统，其各个成员通过各种途径和按着一定规律相互作用和相互联系。在这样的系统中，牵一发而动全身，任何不符合其规律的变动或干扰都会造成生态平衡的恶化，甚至威胁人类的生活和生存。现在地球上的生态平衡已在不同程度上有所恶化，一些古老文明的毁灭、土地的大规模沙化，由此引起的自然灾害的频仍等等都是大自然对人类不适当的干扰所给予的“报复”，是我们应该记取的教训。因此，认识自然生态系统中各个成分间交互作用的方式和规律，从而推动生态平衡的良性循环，就成了为人类创设一个美好而理想的生存环境所作努力中的一个迫切需要解决的重要问题。

二、生物间的生化交互作用

在生物的进化中，生物与环境的交互作用起着根本性的重要作用，在今天它的重要性并没有减退。

在特定的环境中，一种生物的存在和繁衍是为许多因素所左右的。这些因素包括物理环境的温度、光照、水分，空气中氧和二氧化碳的浓度，土壤的酸度、盐度和营养元素的丰缺等。同样，存在于同一生境中的其他生物也会对特定生物起制约或促进作用。一种生物可以另一种生物为食，而它本身却又成了第三种生物的食物，它们构成了食物链。生物间可以为争夺食物、生存空间、阳光或水分等而互相竞争，可以形成单方面获利的寄生，也可以建立互利的共生。

环境因素不仅可以影响成年的生物，也可由作用于生物的卵、种子、胚或生活史中的某些环节而发挥影响。以上所述的一切虽已大致可以描绘出一幅生物与环境交互作用的复杂图景，但自然界中的许多现象仍不能由此得到充分解释并从而使人困惑不已。

许多植食性昆虫是植物最具侵略性的敌人，它们对植物的生存所产生的威胁常是毁灭性的，但地球的大部分在今天仍然郁郁葱葱地覆盖着绿色植物。是什么因素在起着制约作用？人们很早就观察到种植于黑胡桃树 (*Juglans regia*) 下的许多植物会枯萎而死亡；但在一定距离外的这些植物却又能照旧生存。这又是为什么？菜豆与向日葵生长在一起时，菜豆的根瘤就会减少并变小，其颜色也由红而转为灰色。这是什么在起媒介作用？桑蚕仅以桑叶为食物，这单纯是桑叶的营养成分在起作用吗？这一切都难以用前节中所提及的因素来解释。生物间还有哪些方式的交互作用在起作用呢？

黑胡桃树对其树冠下的植物所显示的拮抗作用早在一千多年前就已发现了。这一效应在本世纪的20年代得到了实验的证实。人们在离胡桃树干一定范围内种植了番茄和苜蓿，结果一部分死亡了。有意思的是番茄发生死

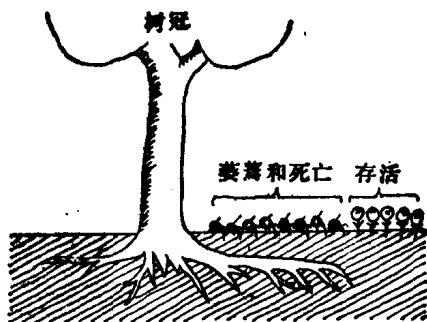
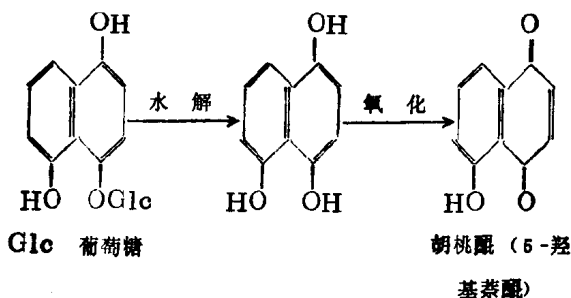


图 1—2 胡桃树对生长于其树冠下的番茄的毒杀效应

亡现象的区域与胡桃树根伸展的范围相一致（图1—2）。当时人们由此就认为胡桃树冠下的植物是为根的分泌物所杀死的。到了50年代，进一步的实验证明胡桃树冠下的植物是由其叶子和枝条的分泌物所杀死的（现在也有证据说明这种毒杀效应可能和根的分泌物也有关）。这种分泌物随着雨、露等渗落到土壤中。胡桃树的分泌物是一种糖苷，它在进入土壤后即被水解和氧化生成真正的毒素——胡桃醌。



胡桃醌是一种黄色的水溶性色素，当人用手触摸胡桃果实时被染上特征性棕色的主要原因就在于胡桃醌的释放。胡桃醌以糖苷形式存在于胡桃树的绿色部分，在组织死亡或果实成熟时即行消失。它的毒性很强，浓度为0.002%的水溶液即足以完全抑制莴苣种子的萌发。

胡桃树对其他植物的毒杀作用是一个很有趣的问题。胡桃树产生的毒素是以无毒的结合形态（糖苷）存在于组织中从而避免了对自身的毒害，当其进入土壤中就转化为活性形态而发挥作用。但胡桃醌的毒性亦不是对所有植物都同样有效的，如它对许多阔叶草本植物和欧石南(*Erica arborea*)型灌木有毒杀效应，而悬钩子属(*Rubus*)植物和草地

早熟禾 (*Poa pratensis*) 却不受这种毒害的影响。问题不仅如此, 毒素在进入土壤后还会受到土壤微生物的作用而降解, 毒素在土壤中的周转率决定了它在土壤中的浓度, 这说明毒素的作用还间接受土壤微生物所控制。由此我们可以看到生物间生化交互作用是一复杂而又引人入胜的领域。

胡桃树的事例说明生物间可以通过一些由其自身合成的化学物质而相互影响, 这叫做生化交互作用。在生化交互作用中起媒介的主要是次生物质, 如胡桃醌。次生物质可以是生物相互竞争时的化学武器; 可以成为蚂蚁、蜜蜂等社交行为中的化学信息; 也是生物建立伙伴关系时的媒介等。次生物质在生物的生化交互作用中担负着多种多样的任务。

三、生化交互作用的媒介——次生物质

次生物质是相对于基本代谢产物而言的。次生物质和基本代谢产物同是生物机体生命活动的产物, 但又各有其自身的特点。基本代谢产物是指蛋白质、核酸、脂质和碳水化合物等物质而言。基本代谢及其产物对生物的生长、发育和繁殖都是必不可少的, 其代谢途径在各个物种中也大体相同。次生物质则不同, 它们对维持机体的基本生命过程无直接的关系, 并且它们的代谢常随物种而异, 故常可用以表达该物种的化学个性。

次生物质的种类很多, 已知结构的次生物质总数在3000₀左右, 犹待鉴定的可能远超过此数。次生物质在结构上的多样性可说是其特征之一。下面就列举一些与植物—动物交互作用有关的植物次生物质的种类、分布和生理活性 (表1—

1)。我们可以由此对次生物质得到一个大致的印象。

表 1—1 植物—动物交互作用中的植物次生物质的主要类别

类 别	大致的结构数	分 布	生 理 活 性
1. 含氮化合物			
生 物 碱	5500	广泛分布于被子植物, 尤其是其根、叶和果实中	许多具有毒性和苦味
胺 类	100	广泛分布于被子植物, 常在其花中	许多具有不愉快气味, 有些有致幻作用
非蛋白氨基酸	400	分布较为广泛, 特别在豆科植物种子中	许多具有毒性
生氰糖苷	30	散见于植物, 尤其是其果实和叶中	能生成HCN, 有毒
β -硫代葡萄糖苷	75	分布于十字花科和其他10个科中	常有辛辣和苦味
2. 类 萜			
单 萜	1000	广泛存在于香精油中	具愉快气味
倍半萜内酯	600	主要分布于菊科, 但也存在于其他被子植物中	有些具苦味和毒性, 也能引起过敏
双 萜	1000	分布广泛, 尤其存在于植物的乳液和树脂中	有些具有毒性
皂 角 苷	500	存在于70个科以上的植物中	具溶血作用
柠 檬 素	100	主要存在于芸香科、楝科和苦木科中	具有苦味
葫 芦 素	50	主要存在于葫芦科中	具苦味和毒性
强心甾羧酸内酯	150	常见于夹竹桃科、萝藦科和玄参科中	具毒性和苦味

(续)

类 别	大致的结构数	分 布	生 理 活 性
类胡萝卜素	350	普遍存在于叶中，也常存在于花和果实中	有 色
3. 酚 类 简单酚类	200	普遍存在于叶中，也常存在于其他组织中	具杀菌作用
类 黄 酮	1000	普遍存在于被子植物、裸子植物和蕨类植物中	常有颜色
醌 类	500	普遍存在，尤其是鼠李科中	有 色
4. 其他 多 炔 类	650	主要分布于菊科和伞形科中	有些具毒性

由上表我们可以看到，次生物质不仅种类繁多，而且特性各异。然而这样众多的次生物质在生物体内是通过一些共同的途径合成的。因此，把化学结构和合成途径结合起来，讨论次生物质在生物的生化交互作用中的地位是有好处的。

次生物质的合成途径与基本代谢不是截然分开而是从后者派生出去的。次生物质的几条主要合成途径可以表示如图1—3。

次生物质的生物合成途径概括起来可以分为：乙酸和丙二酸途径，甲羟戊酸途径，莽草酸途径，氨基酸途径，复合途径等几种。

1. 乙酸和丙二酸途径 这一途径的起始步骤是乙酸和丙

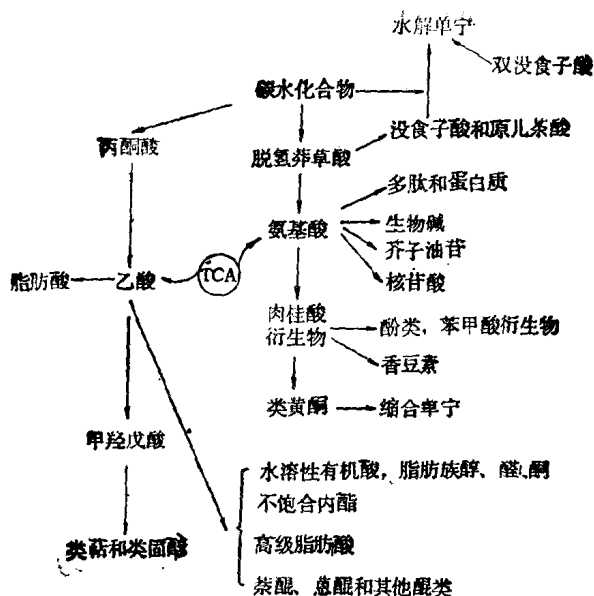


图 1—3 次生物质的生物合成途径

二酸的缩合；乙酸是碳水化合物和脂肪酸的降解产物，而丙二酸则是乙酸与二氧化碳作用的产物。这一途径可以合成许多结构上差异很大而具有共同生源特点——都由 C_2 单位缩合而成的天然产物。脂肪族羧酸、醇、醛、酮和一些酚类、酚酸及一部分醌类都是由这一途径合成的。

2. 甲羟戊酸途径 这是类萜和甾类的生物合成途径。这类化合物中，绝大多数都是次生物质，但也包括一些基本代谢产物，如动物的甾类激素，植物的脱落酸、赤霉素等。这一途径的起始物质也是乙酸，三分子乙酸再缩合成甲羟戊酸，这就是这一途径名称的由来。甲羟戊酸然后转变为异戊