



哺乳动物的化学通讯

范志勤 编著

科学出版社

内 容 简 介

本书对哺乳动物的化学通讯作了较全面的概要介绍。首先介绍了化学通讯及其所用的化学信号的基本概念,进而全面阐述了化学信号——外激素的释放、传导及接收过程,详细论述了哺乳动物接收外激素的行为及生理反应,最后对外激素本质和它们的应用前景进行了讨论。

本书提供了比较系统的材料和进行了某些理论探讨,可供动物学、医学、仿生学、生物化学科研人员和从事农、林、牧、生物防治及自然保护区工作者以及大专院校有关专业师生参考。

哺乳动物的化学通讯

范志勤 编著

责任编辑 娄朋逊

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年9月第一版 开本:787×1092 1/32

1981年9月第一次印刷 印张:7 5/8

印数:0001—2,950 字数:172,000

统一书号:13031·1674

本社书号:2297·13—7

定价: 1.20 元

前 言

哺乳动物化学通讯的研究是一个新兴的课题，自六十年代开始即为科学工作者所注意，当今，已经成为国际上生物学科内极为活跃的一个研究领域。它的研究不仅有助于揭示行为生物学、生态学、生理学、心理学、分类、遗传、进化等方面的基本规律，而且还具有非常重要的生产实践意义。

自 1973 年起我们对啮齿动物等化学通讯的信息传递、外激素对繁殖行为的影响等问题，进行了某些研究和探讨，初步揭示了动物间联系的某些规律，并应用于防治鼠害和家畜的繁殖方面，取得了一些成效，为有害动物的防治和有益动物的管理养殖展示出一条可喜的新途径。为此，我们感到有向我国有关科学工作者和广大读者介绍这个研究领域的必要。

作者力图把目前国内外有关哺乳动物化学通讯的研究成果和我们的工作作一系统简要的介绍，尤其侧重于收集啮齿类和家畜的有关资料。本书一方面注意报道当前国际上的最新成果，另一方面阐述了我们近年来所进行的有关化学通讯的部分工作及其初步结果，并且对一些问题进行了讨论，提出了我们的看法。

由于哺乳动物的化学通讯研究新近才兴起，远落后于相应昆虫方面的进展，所以某些问题不得不以昆虫的研究成果为借鉴。

书中所引用资料均注明出处，部分资料因缺乏相应文献，由其他文献中转录。

本书涉及化学通讯的许多方面，范围颇为广泛，限于作者

的水平,错误与疏漏之处在所难免,敬请读者指正。如果读者能从这本小书中得到些裨益,将是对作者的极大鼓励。

本书在编著过程中得到许多同志的热情帮助与支持,作者在此表示深挚的谢意。

目 录

前言.....	v
第一章 几个基本概念.....	1
第一节 通讯及化学通讯.....	2
第二节 激素、外激素、异种外激素.....	5
一、机体内各器官和组织的化学调节.....	6
二、同一物种内的化学联系.....	10
三、异种个体间的化学作用.....	15
四、外分泌和内分泌.....	21
第二章 化学通讯系统中信号的释放、传导和接收.....	26
第一节 化学信号的释放.....	26
一、外激素的源出.....	26
二、哺乳动物特化的皮肤腺数例.....	29
三、特化皮肤腺的类型.....	38
四、特化皮肤腺的发生.....	41
五、细菌——哺乳动物化学信号的源泉之一.....	46
六、动物释放外激素的方式.....	49
第二节 化学信号的传导.....	52
第三节 化学信号的接收.....	56
一、感受器的种类.....	56
二、嗅觉接收.....	58
三、感受的灵敏性及其影响因素.....	65
第三章 化学通讯与诱导外激素的几种效应.....	70
第一节 气味对性成熟的影响.....	70
一、对性成熟的促进作用.....	70

二、对性成熟的抑制作用·····	77
第二节 诱导外激素对性周期的影响·····	79
一、外激素抑制自发性假孕及缩短动情周期的作用···	82
二、集群引起性周期的延长·····	86
三、动情期的同步化·····	89
四、外激素对性周期的效应与激素的关系·····	92
第三节 妊娠中断与促进效应·····	95
一、外激素与妊娠中断·····	95
二、促进妊娠的作用·····	103
第四节 诱导外激素的生态含义·····	106
一、性成熟的提前和延迟的生态意义·····	106
二、改变动情周期的生态意义·····	107
三、中断妊娠的生态意义·····	108
第四章 化学通讯与繁殖行为·····	113
第一节 气味信号在建立繁殖空间中的作用·····	114
第二节 信号外激素与性引诱·····	114
一、引诱行为·····	115
二、生殖腺对识别性气味的影响·····	127
三、性引诱与性经验·····	130
第三节 信号外激素与交配行为·····	134
第五章 化学通讯与群体行为(一)·····	141
第一节 物种、群组、个体和生理状况的嗅觉识别···	141
一、物种、亚种、群组的识别·····	142
二、个体识别·····	144
三、性别辨认和繁殖状况的判断·····	146
四、警报物质的识别·····	148
五、对巢区、领域的识别·····	149
第二节 外激素标记和空间行为·····	150
一、物种所占据空间的外激素标记·····	152
二、个体和群体空间·····	155

三、动物某些特殊活动地区的标记·····	158
四、同种的“情报交换站”·····	159
五、领域行为中内外分泌的关系·····	161
六、空间标记的意义·····	163
第六章 化学通讯与群体行为(二)·····	167
第一节 动物的群体(社群)性·····	167
第二节 嗅觉及群体(社群)序位·····	170
第三节 个体与群体化学信号·····	174
第四节 进攻性行为·····	177
第五节 群体中母幼联系·····	180
第七章 外激素的化学研究·····	185
第一节 外激素化合物的特性·····	186
一、相近的挥发性·····	186
二、作为化学信号——外激素的一般特性·····	187
三、外激素的多组分构成及不同的配比·····	193
第二节 哺乳动物化学通讯系统的复杂性·····	198
第三节 信息化合物结构与动物分类地位及其携带 情报的关系·····	207
一、不同科、属、种及性别之间外激素组分的比较·····	207
二、携带同类情报外激素的共性·····	210
三、生物活性·····	214
第八章 外激素的应用前景·····	220
第一节 益害动物的管理·····	220
一、野生动物的管理·····	220
二、家畜的管理·····	222
三、有害动物的防治·····	223
第二节 改善人类的通讯系统·····	230
第三节 计划生育和治疗疾病·····	232
第四节 行为学的发展·····	233

第五节 揭示动物群体调节规律及探讨生态系统理	
论问题·····	233
一、化学通讯与群体调节·····	233
二、化学通讯与生态系统·····	234
第六节 分类学的新依据·····	235

第一章 几个基本概念

动物没有语言,它们之间奥妙的通讯联络是怎样进行的?动物要合作就必须先能互通消息。它们利用种种感觉器官,甚至全部感觉器官,以不可胜数的方法,去从事这种勾通工作,相互勾通时效率之高、方式之多,令人惊奇。一些鱼类穿河流、越大海,千里迢迢,竟能准确无误地返回“老家”;驯养的狗随人远行,也能单独返回,从不迷途。这种非凡的定向能力是借助于什么信号实现的呢?蜜蜂、穴兔等社群性动物,它们有严密的社会组织,精细的分工,其有机的协调又是怎样实现的呢?为什么在小家鼠的群体中,“优势者”趾高气扬,“从属”者甚至在一段距离之外,就表现屈服顺从,它们如何识别彼此的等级地位呢?小家鼠的群体结构又是靠什么信号来维持的呢?此外,动物实现有性生殖,雌体、雄体必须互相寻找,在某些地方相遇到一起才有可能。那么,在密度极低的情况下,雌、雄个体又是如何聚集到一起的呢?特别是一些稀有种类,彼此相距甚远,怎么能进行繁殖,顺利维持物种的繁衍呢?

对动物来说,世界之巨大,是我们所难以想像的。试以蚊虫为例,一般蚊虫寻找配偶要搜寻直径为 4.83 公里的范围;而一种加拿大蚊,雌、雄互相找寻需侦察直径为 24.5 公里的范围。人体比蚊虫大许多倍,将此倍数乘以上述侦察范围,得出的面积相当于地球表面积的二分之一。试想需在如此巨大的空间里寻找配偶,相遇机会是多么稀少。可想而知,动物间若没有微妙的通讯系统,定将导致物种的覆灭。

动物复杂的社会性组织,非凡的定向特性,雌、雄间惊人的定位和引诱能力……,凡此种种现象,常令人惊叹不止。有些早已为人们所熟悉,并努力尝试探索其奥妙,以真正了解动物间的联系规律;有些还准备进行模拟,以便为人类所利用。但是,有许多现象,对我们仍然是不解之谜。化学通讯是探索这些奥秘的一个新领域,哺乳动物化学通讯问题尚处在摸索阶段,但这些初步的科研探索已足以引起人们的极大兴趣。

哺乳动物化学通讯的问题,涉及动物的各种活动以及生物学的各个方面。研究这个问题,有助于较好地了解动物,揭示其彼此间的联系,阐明其调节、协调原理;定向地控制动物的行为和发展,使之更好地为人类服务。另一方面化学通讯在诸如医学、农业、林业、畜牧、自然保护、渔业等的管理、养殖和有害动物的防治,以及仿生等方面的科学实践中,有广泛的指导意义。正是由于其理论意义和实践价值,化学通讯的研究成为现今国际上极为活跃的一个领域。

第一节 通讯及化学通讯

动物的通讯在动物生命中是十分重要的。它决定着群体结构的建立,个体、群体间的联系,群体的一系列行为:诸如防御、进攻、迁徙、繁殖等,从而影响动物的全部生活。

我们知道,没有一种动物能真正单独地生活。每一个动物在它一生的某些时期,总会与别的动物发生接触,就是所谓独居的动物也要定期回到同类群中去繁殖。但多数动物营群居生活,因为动物集群的作用好处很多,像雌雄之间的合作,母幼之间的联系,动物因此获益是显而易见的。无论对于群居或独居动物来说,彼此之间的通讯在维持其生命和种族繁

衍过程中是必不可少的。

任何动物间消息的勾通,都有发出信号一方和收信者,亦即接收信号的一方,两者交互相契,最后形成合作。动物互通消息时,俨然好像是在从事交谈,许多种类所用的“语言”和人类比较起来当然非常简单,但是动物的通讯方式是五花八门的,广泛运用了多种感觉系统。事实上任何一种感觉器官都是完全可以用来接收信号的。

什么叫通讯呢?一般来说,可以给它下这样一个定义:通讯是指一个个体释放出一种或几种刺激信号,引起接收个体产生行为反应者谓之通讯。通常,动物释放的刺激信号可以诱导出接收个体的直接的可见行为,但是有些时候,并看不见接收动物有什么行为改变,此时信号只是引起受纳个体再接收其它信号刺激时反应阈值的改变。也就是说,这种信号作用降低了受纳个体在导引另外的行为过程中所需要的刺激强度、刺激量和作用时间。信号所引起的行为反应的适应意义何在,对释放信号者及受纳个体作用如何?在研究通讯系统过程中,弄清这些问题,以揭示通讯的意义和作用是很重要的。

从昆虫到哺乳类的各种动物用以通讯的形式和与之相连的感觉器官是很多的,一般按与通讯相连的感觉器官,将动物的通讯联系分为三类,即化学通讯:由嗅觉和味觉通路传导消息;机械通讯:包括触和声,经触觉、听觉通路进行传导;辐射通讯:由光感受或视觉来执行其通讯机能的。自原生动物到复杂的高等脊椎动物都具备这些主要的通讯渠道。

有关机械和辐射通讯的问题,已有较长的研究历史,取得了很大进展,发表有许多专著和论文,我们不再赘述。此处仅就关于化学通讯联系,对动物释放化学物质由嗅觉通路传导的信号如何影响动物行为、生理等机能、揭示同种个体间用化

学物质进行通讯的现象和规律等问题作一深入的讨论。

哺乳动物化学通讯是新近被人们逐渐认识的一个新问题，自六十年代逐渐受到人们的普遍关注，研究工作日益增多，并扩展到有关的各个方面，从行为到生理，从神经作用机制到心理，从嗅觉感受器到信号在空间的传递等，全面铺开了各个分支侧面的研究与探讨，为深入解决动物间的化学通讯问题打下了基础。

动物以化学通讯方式进行信息交流是颇为广见的，可以说这种传递信息的方式在全部动物界都存在着。在许多动物类群中，化学通讯似乎是交换情报的重要渠道，哺乳动物的许多种类尤其如此。

近年来关于昆虫外激素的研究获得了蓬勃的发展，至今为止已有百余种昆虫外激素和外激素的类似物被分离、纯化、鉴定和合成。我国的安徽、河南、吉林、湖南等省开展了利用昆虫性外激素防治害虫的群众性试验，中国科学院动物研究所对昆虫性外激素的研究工作已获成效，为研制其它昆虫的外激素打下了坚实的基础。

近来，关于脊椎动物化学通讯的报道日益增多，初步揭示了它在许多脊椎动物生活中的重要作用。其中关于鱼类、两栖爬行类的化学通讯也已有一些报道，唯独因鸟类的嗅觉极不发达，所以对鸟类的化学通讯未予重视。不久前，有人提出异议，认为某些鸟类彼此间也以化学通讯进行联系，此点需要引起足够注意。

化学通讯对一些哺乳动物来说不仅是重要渠道，有的甚至是传递信息的唯一方式。俗语说“鼠目寸光”，小鼠的视觉只能达到 12 厘米的距离，再加其晨昏活动的习性，视觉更受影响。听觉声波范围 70 千赫左右，一张纸就足以造成听觉接收信号的屏障，其分布环境中的植物丛、土丘、洞穴等也能阻

止声波传送。所以其通讯系统中,化学通讯方式占据非常重要的地位。

动物释放的化学信号,不仅控制动物的行为,还影响社群组织,制约着种群调节。与昆虫不同的是哺乳类更为接近人类,所以研究哺乳动物的化学通讯不仅为控制益、害动物,定向管理畜群的行为提供有力的措施,而且还可为解决人类计划生育、人类通讯障碍、仿生等重大问题,提供新的途径。近年来如果说昆虫外激素的研究,更多的注意外激素的分离、纯化、鉴定、合成等化学问题。那么对脊椎动物来说,有关信号物质的化学问题研究相对较少,而是着重于探讨化学信号作用的行为和生物基础。

第二节 激素、外激素、异种外激素

生物需在环境中生存。环境是指以生物为中心的诸外界因素的综合,它包含物理性的、化学性的,以及生物性因子,动物就在这变化多端而又复杂的环境中逃避危险、摄取营养、繁殖生育、繁衍种族。在上述的因子中化学性因子是一个相当重要的因素。近年来,化学生态学和生态生物化学迅速成长,它们是介于生态学和化学的边缘学科。研究生物与生物相互作用的生物化学,生物与环境的化学适应,以及生物与环境之间的化学物质循环及其生态学效应。由于现在化学技术的应用,能成功地确定微量的有机分子,阐明化学物质,特别是次生物质,如生物碱、黄酮类和醇类对于出现在生物与生物及生物与环境之间的复杂相互作用具有重要的意义。此类新讯息正在试探应用于有害动物防治及自然群落的保护。

在环境因素对生物有机体的作用中,化学渠道是一个主要方面。而讯息传递又是化学渠道的重要构成部分,它们是

生物群落中化学环境的一个因素，有机体依靠讯息彼此发生联系，此种化学讯息物质的破坏，必将导致群落组成成分的变化。同时化学讯息物质又影响着生物的营养结构及空间结构，生物间彼此联系方式等，这些都是生物间化学通讯作用的表现。

化学通讯是动物界极为普遍现象，有机体内部、同种个体之间、不同物种之间等各种范围内皆有这些化学过程。个体内，动物用化学调节联系，协调各器官的活动。起这种化学调节功能的物质，称为激素；同种内各个个体间化学通讯是联系、调节各个个体活动的方式之一，同种内用以传递信号的化学物质叫做外激素（又称信息素）；异种间、不同的生物物种、动物与动物、动物与植物、植物与植物间，也有一些化学信号，这些化学物质，称为异种外激素。可见，从一个个体到同一物种直到不同物种都普遍存在化学通讯，只不过是传递信号的化学信使各有不同，所起作用的范围各异罢了。应该指出，个体、同种、异种间的化学通讯，虽然作用范围各异，但它们不是孤立的，彼此有着紧密的联系，互相影响，互相制约，互为因果关系。为了认识同种内的化学通讯联系，首先，需要对物种间、物种内、个体内的化学作用有一概括认识，才能正确理解类型繁多、种类复杂的化学关系，并给予不同作用范围的化学调节以适当的评价，了解各类化学调节现象在生物界的地位及它们的相互联系、适应意义、进化过程。

一、机体内各器官和组织的化学调节

高等动物身体的活动由二种主要系统协调，一种为神经系统，另一种是内分泌系统。神经和感觉器官使一动物能迅速适应于环境的变化，速度只有千分之几秒，肌肉和腺体的迅速反应就是典型的属于神经控制下的活动。属于内分泌系统的

腺体专门制造某些化学物质，它们有些直接弥散或渗透到组织的周围，有些则通过血液循环系统运输到身体各部，在一定的器官或组织上发生作用，协调它们的活动。这些化学物质称为激素。内分泌控制下的反应通常较为缓慢，其速度以分、小时或星期计算，但较神经控制为持久。代谢作用、生长和生殖等的长期性调节，通常都在内分泌控制之下。动物有机体的各个器官系统具有其单独的功能，但是他们的功能又必须联系一致，通力合作，方能表现出整个个体的机能，这些联系的方式主要是通过中枢神经系统来完成的。但身体内某些器官产生的激素也具有联系调节的功能，这种调节称为化学或体液的调节作用。

外环境与内环境的化学因素为有机体机能调节的最古老的因素，在原始的有机体内某一处所产生的化学物质，必须依赖迟缓的弥散在另一处发生作用。体液循环的出现，虽然可以加速此类化学物质的传递，但仍然是很慢的。在进化的过程里，神经系统的发生，给有机体提供了迅速而有效的调节方式。就传递的速度而言，体液传递化学因素与神经的传导冲动，有如邮政与电报的区别，但是神经系统的进化，并不排斥这一古老的化学调节方法。例如，在高等动物中神经系统非常发达，一切的活动，除通过神经的直接调节外，并形成所谓的神经体液的调节，使有机体的化学性调节，在神经系统的主导下对环境的变化较为敏感而有效，所以激素的作用仍然有它的重要性。

这些化学物质——激素，多是机体内一些腺体产生的，这些腺体称为内分泌腺。内分泌腺是没有导管的腺体，不像外分泌腺那样经由一条输管通往体外或内部器官，因之又称无管腺，它将腺体制造的激素直接送入血液，随血液分散到整个机体，来调节一些细胞的生理活动。有一些激素并非在特定

的腺体中产生,称为组织激素,另一些产生于神经细胞的叫神经激素;人类许多疾病都与体内激素分泌失调有关。各种内分泌腺的相互调节、相互影响,都直接或间接受神经系统,特别是高级中枢所协调。内分泌腺一方面受神经系统的控制,另一方面经过神经系统接受外界环境条件的影响,这样使有机体更好地适应体内外环境的变化。

激素一词在 1905 年由英国生理学家 E. H. Starling 所首创,他当时曾研究十二指肠粘膜所产生的一种物质。对激素下定义为“身体上某一部分的细胞在正常时所产生的任何物质,由血流运送到另一部分,产生对于整个身体的影响的,称为激素。”近来对脊椎动物、无脊椎动物甚至植物所产生的激素的研究进展甚速,现今获至一项一般性的概念,认为激素是特殊的化学物质,在生物体某一限定区域内产生,扩散或借血流运输到生物的另一区域,而以极低的浓度有效地调节与协调细胞(称为靶细胞)的生理活动。简单地说,激素是内分泌腺的产物,是个体完整性的要求。Starling 也用“化学信使”这个术语于激素的联络系统中。

目前经分离并了解其特性的激素,证明为蛋白质、氨基酸或类固醇。所有激素都是正常的身体功能上所必需的,并且要有一定的适量存在。无论哪种激素分泌过少或过多都会引起一种特有的病理状态。

关于激素如何对于一种组织发生作用而调节其活动的问题,仍有待于解决。但它对于各个细胞的生存是无关紧要的,因为好多类细胞在组织培养液中不加激素仍能无限生长,由此可以推断激素所产生的效果是直接刺激或抑制一个或多个细胞内的酶系统,或以某种方法变更细胞的透过性,使物质更容易进入,或是将有关细胞核内的遗传物(DNA)某一特定片段上之构造予以调整。身体各不同部分的组织对特殊激素

的敏感性大不相同，其原因尚不清楚。激素在调节有关细胞的代谢作用的过程是否消耗殆尽，这个问题的解释也付缺如。在血液中激素会逐渐失去效应，并从血液中排除，所以必须由适当的内分泌腺不断补充。激素分子的合成、失效和降解都和酶的作用过程一样。

现在所知道的内分泌腺已很多，例如：甲状腺、甲状旁腺、肾上腺、胰腺(兰氏小岛)、性腺(即睾丸和卵巢)、脑下垂体等都属之。人体的某些内分泌腺及激素效用列于表 I-1，脊椎动物的腺体及作用也大致相同，表中列出主要激素来源和生理上的功效。此外，在胃肠道内某些部分的细胞能反应若干种食物的存在而分泌激素，如胃泌素和胰泌素的分泌，这些激素刺激消化液的产生与释放。胸腺和松果体可能也有内分泌的功能。

表 I-1 激素与其效用

激 素	来 源	生 理 效 用
甲状腺素	甲状腺	增进基本代谢率
降钙腺素	甲状腺	调节钙和磷的代谢
甲状旁腺素	甲状旁腺	同 上
胰岛素	胰岛之 β 细胞	减低血糖浓度，增进肝糖的储藏以及葡萄糖的代谢
胰高血糖素	胰岛之 α 细胞	刺激肝脏中之肝糖转化为血液中之葡萄糖
肾上腺素	肾上腺髓部	增强交感神经的活动
去甲肾上腺素	同 上	收缩血管
皮质素	肾上腺皮部	刺激蛋白质转化为醣类
醛固酮	同 上	调节钠和钾的代谢
脱氢肾上腺雄素酮	同 上	雄性素，刺激雄性特性的发育
生长激素	脑下垂体前叶	控制骨的生长与身体的一般生长
促甲状腺素	脑下垂体前叶	刺激甲状腺的生长与功能上的活跃
肾上腺皮质激素	同 上	刺激肾上腺皮部产生皮质激素
促滤泡素	同 上	刺激雌性葛蓉芬滤泡和雄性的曲曲精管
促黄体素	同 上	控制卵巢的雌激素和孕酮以及睾丸的睾酮的产生与释放