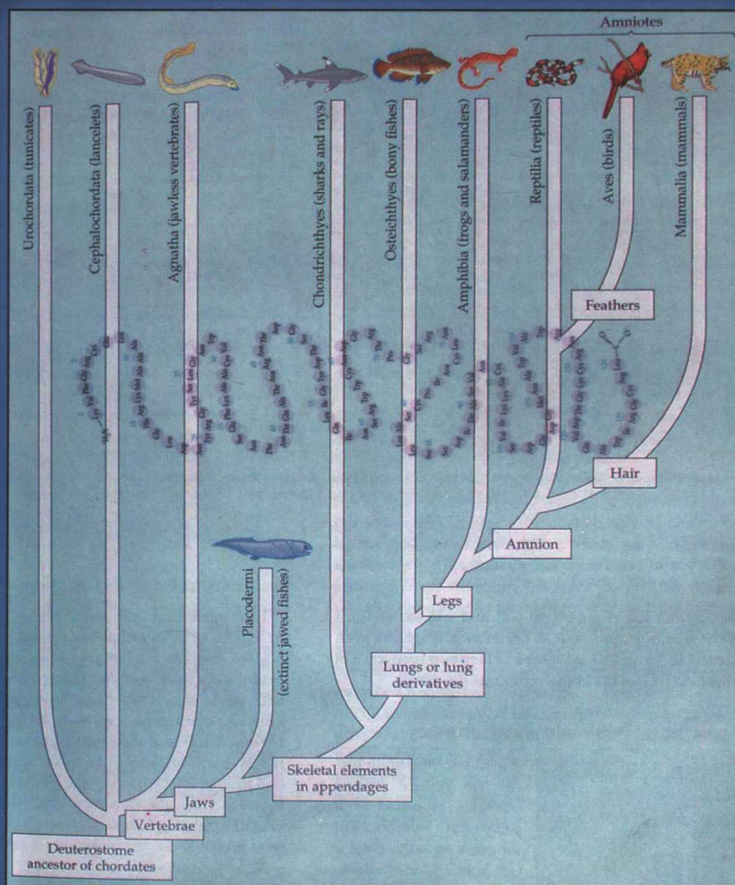


系统生物学

XI TONG SHENG WU XUE

• 武云飞 编著



中国海洋大学出版社

系统生物学

武云飞 编著

中国海洋大学出版社

• 青岛 •

内 容 介 绍

本书是为具有一定生物学基础的研究生编写的教材。本教材系统地阐述现代系统生物学的基本概念与研究方法,并教授学生联系实际进行科研实践。在介绍系统生物学原理与方法的基础上,分析学派间争论的焦点,探索其分歧的主要根源,并着重研究支序系统学的特征分析、系统发育关系重建等方法与技术及其在生物多样性分析与保护、生物地理学、生态学、遗传育种学与寄生生物学等各种比较学科中的应用。也希望进一步学会整合发生在生物不同层次中的理论、实验数据,并在整合的基础上提出能够刻画该系统不同层次的支序图或模型,用这种模型来预测系统未来可能发生的变化。本教材适用于生命学科,水产学科,地质、地理学科与环境学科的师生或科研人员学习、使用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

系统生物学/武云飞编著. —青岛:中国海洋大学出版社,2004.1

ISBN 7-81067-538-9

I. 系… II. ①武… III. 系统科学:生物学 IV. Q

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 004022 号

中国海洋大学出版社出版发行
(青岛市鱼山路 5 号 邮政编码:266003)

出版人:王曙光

青岛双星集团华信印刷厂印刷

新华书店经销

*

开本:787mm×960mm 1/16 印张:15.75 字数:270 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

印数:1~2 100 定价:25.00 元

前 言

系统生物学(Systematic Biology)是生物科学的一个重要组成部分,它除了过去被称为生物分类区系的研究内容外,还应包含生物进化和生物多样性在内的一个更广泛的科学领域。这个学科研究的目的在于通过对生物进化的过程、结果和历史的认识,来阐明不同的生物类群和区系的起源、发展和消亡,以及由一个物种向新的物种转化的客观规律,从而为人类控制和改造生物实践活动提供科学的理论依据。

系统生物学从林奈双名法命名及模式概念的确立,经过达尔文时代的物种起源、“共同祖先”和“自然选择”学说的建立,直至赫胥黎新系统学的种群概念的兴起,又开始了进化学派内部对物种、种群及其亲缘关系确定上的分歧,出现了正统进化学派、数值分类学派和支序系统学派三者之间在学术观点与方法论上的激烈争论,使系统生物学理论与研究方法处于天翻地覆的变化。他们各自运用生物高新技术和电子运算,从生物的不同层次、不同角度研究、探索物种的本质及其过去、现在和将来。来自宏观世界与微观世界的文献目不暇接,内容更是五彩缤纷。经过激烈的争论,系统生物学新理论层出不穷,呈现出全面活跃的局面。目前各派正各自将其理论付诸于实际研究和观察,其结果不仅使各自正确的理论在实践中得到了验证、完善和发展,而且推动了整个系统生物学的发展,面貌焕然一新。倘若我们置若罔闻、墨守成规,必然会被历史发展的车轮抛弃。

作者40年来一直从事动物区系分类研究和生物多样性考察工作,对物种起源及其历史演变和它们与环境的关系有浓厚的兴趣。在考证裂腹鱼类起源、演化与青藏高原隆起关系方面作过一些研究:曾发现裂腹鱼类最近祖先的化石,并用X光研究它,得到国际上的公认;也曾报道过裂腹鱼类的返祖现象;研究中又阐明了青藏高原鱼类区系的成因及古今地理环境变化对鱼类的深刻影响。通过鱼类区系分析确定了青藏高原鱼类地理分界线,解决了青藏高原东部界限划分的重大疑难。通过30多年的野外考察发现鱼类2个新属,18个新种和若干新亚种,澄清了鱼类分类混乱,确定了裂腹鱼亚

科属种间系统发育关系,建立了裂腹鱼亚科新系统。20世纪90年代末又研究了12种西藏鱼类染色体的核型,报道了裂腹鱼类是生物界染色体多倍化最显著的动物,其中有染色体高达430条以上的鱼类等。以上工作虽然不多,但对我学习系统生物学的新概念、新理论与方法的认识和运用能力却有很大帮助。

当前我国高等教育的改革正在不断深入发展,各学科领域正在发展或引进新的观念、思路、方法、技术并积极开展新的研究。作为动物学基础的系统生物学正是当前国际学术界发展的前沿课题,目前不仅有专门杂志 *Systematic Biology*, *Cladistics* 专门出版这类文章,而且最近 *Nature* 和 *Science* 有关文章的发表也越来越多。2002年6月6日科技日报11版专题报道中国生物物理学会副理事长陈润生研究员论述“系统生物学”的文章,恰恰说明系统生物学的重要性和开展研究的迫切性。目前我虽已担任系统生物学课程的教学8年,但要针对学生学习中的主要问题编写一本适宜的教材,却须从头开始。有关“系统生物学”的文献浩瀚,包罗万象,既有宏观研究,也有微观研究,内容十分庞杂。目前只能竭尽全力而为。但愿把这些知识,按个人的理解,初步整理成文,介绍给同行参考。为方便初学者学习,特将常见动物和植物的主要形态特征分编于附录I和II中。希望读者结合自己的具体工作灵活运用,在科学与生产实践中结出丰硕的成果。由于个人能力有限,谬误难免,盼读者不吝指正。

本书得到中国海洋大学教材出版基金的资助,在编辑出版期间,得到中国海洋大学各级领导的热情支持、关心和鼓励,吴翠珍高工,康斌、单秀娟同学热忱协助绘图和打印文稿,作者在此一并表示衷心的感谢!

武云飞

2003年10月15日于青岛

目 录

第一章 系统生物学与进化研究及其有关学科的关系	(1)
第一节 系统生物学及其发展	(1)
第二节 关于生命起源的问题	(6)
第三节 动物进化的例证	(7)
一、比较解剖学的例证	(7)
二、胚胎学的例证	(7)
三、古生物学的例证	(8)
四、动物地理学的例证	(9)
五、生理、生化的例证	(13)
六、遗传学例证	(17)
七、返祖现象和形态特征演化的例证	(18)
第四节 进化原因的探讨——进化理论	(18)
一、达尔文的进化理论	(19)
二、进化的动因——自然选择	(20)
第五节 动物进化规律和进化谱系	(22)
第六节 动物地理区划与海洋渔区划分	(26)
一、动物的分布	(26)
二、世界及我国陆地动物地理区系划分	(28)
三、世界海洋渔区的划分与产量分布	(30)
第七节 动物生态学与环境概要	(34)
一、动物生态学	(34)
二、环境保护	(35)
复习题	(36)
参考文献	(37)

第二章 系统原理与生物系统	(39)
第一节 系统原理	(40)
一、什么是系统原理	(40)
二、起源与发展的关系	(42)
三、连续性与间断性的统一	(43)
第二节 生物的一级分类系统	(43)
一、两界系统	(44)
二、三界系统	(44)
三、四界系统	(45)
四、五界系统	(46)
五、六界系统	(46)
复习题	(47)
参考文献	(48)
第三章 系统生物学的发展与分支系统学	(49)
第一节 系统生物学的发展	(49)
第二节 系统生物学内部学派的争论	(51)
一、传统进化系统学派	(52)
二、表相学派	(52)
三、支序系统学派	(53)
第三节 分支系统学的原理与方法	(58)
一、Hennig 分支系统学(支序系统学)的基本原理	(58)
二、单系、并系和复系	(59)
三、姐妹群与特征镶嵌	(66)
第四节 特征分析	(68)
一、使用外类群法	(68)
二、有关资料的收集	(69)
三、特征分析的要点	(71)
四、特征分析的事例(三种方法的介绍)	(73)
五、不可混淆的问题	(81)
复习题	(84)

参考文献	(85)
第四章 物种概念与物种形成和保护	(86)
第一节 物种概念	(86)
第二节 亚种分化	(89)
第三节 物种形成	(90)
一、生殖隔离的因素	(90)
二、物种形成的方式	(91)
三、隔离机制与物种形成	(91)
四、物种的真实性	(92)
第四节 物种的生殖属性和表型属性的关系	(94)
第五节 物种多样性保护的研究	(95)
一、物种多样性研究程序	(98)
二、物种生物多样性分析	(98)
三、物种多样性保护的编目程序和原则	(100)
第六节 物种濒危等级	(102)
一、濒危等级划分的标准	(102)
二、国际贸易公约(CITES)附录等级标准的扼要说明	(109)
三、物种保护的优先原则	(110)
复习题	(115)
参考文献	(115)
第五章 支序系统学与生物地理学	(117)
第一节 生物地理学的理论基础	(117)
一、生物区系及特征种类	(117)
二、扩散概念	(118)
三、起源中心	(118)
四、隔离分化	(119)
第二节 生物地理学的重大变革	(120)
一、传统的演化生物地理学(evolutionary biogeography)	(120)
二、系统发育生物地理学(Phylogenetic biogeography)	(121)
三、隔离分化生物地理学	(123)

四、Rosen(1979)对中美洲花鲈鱼类两属的分析	(127)
第三节 国内有关生物地理学的主要论述	(131)
一、河西阿拉善内流区的鱼类区系和地理区划	(131)
二、青海省可可西里地区与周邻水域的鱼类地理学关系	(139)
复习题	(146)
参考文献	(146)
第六章 生物化学在系统生物学中的应用	(149)
第一节 生物体内分子特征	(149)
第二节 关于核酸	(150)
一、细胞内 DNA 含量的比较	(151)
二、DNA 中 G·C 含量的比较	(152)
三、DNA 的杂交	(153)
四、DNA 和 RNA 的杂交	(154)
第三节 关于蛋白质	(154)
一、血清反应	(155)
二、以电泳和层析法测定并绘制蛋白质的“轮廓”	(157)
三、蛋白质分子中氨基酸次序的测定	(159)
第四节 关于其他成分	(159)
一、游离氨基酸的层析	(160)
二、色素的分析	(160)
第五节 现代分子生物学技术在系统生物学中的应用	(162)
一、RAPD 的原理及研究现状	(162)
二、现代分子生物学技术在系统生物学中的应用	(163)
第六节 PCR 介导的 DNA 序列系统分析在系统动物学中的应用	(168)
一、PCR 介导的 DNA 序列系统分析技术的优点	(168)
二、DNA 序列系统分析的应用范围	(170)
三、有关 PCR 介导的 DNA 序列系统分析的争议	(172)
四、PCR 介导的 DNA 序列系统分析的应用前景	(173)

第七节 本章小结	(174)
复习题	(178)
参考文献	(178)
附录 I 常见动物的主要特征	(183)
一、昆虫纲分类常用的主要特征	(183)
二、鱼纲(鲤形目鱼类代表)常用鉴别特征及其性状说明	(191)
三、两栖纲(Amphibia)	(201)
四、爬行纲(Reptilia)	(208)
五、鸟纲(Aves)	(210)
六、哺乳纲(Mammalia)	(219)
附录 II 常见植物的识别和鉴定	(225)
第一节 常见孢子植物的识别和鉴定	(225)
一、常见的藻类	(225)
二、常见的真菌	(230)
三、常见的地衣	(231)
四、常见的苔藓植物	(232)
五、常见的蕨类植物	(232)
第二节 常见种子植物的识别和鉴定	(233)

第一章 系统生物学与进化研究 及其有关学科的关系

第一节 系统生物学及其发展

什么是系统生物学？系统生物学是以分类学(Classification)为基础,以系统发育(系统发育=系统发生=phylogeny)关系研究为中心,分析生物多样性,探讨物种形成、地理分布、生物进化等生命现象及其时空关系的科学。它将生态学、生理学、遗传学、细胞学和分子生物学等有关学科的知识综合作为研究的手段,探询其学科内、学科间各不同系统、层次之联系与生物学规律,并将对生物资源、地理环境与人类未来作出科学的预测。因此,这一学科必将有着广泛的应用前景。

林奈早在 1735 年出版的《自然系统》开创了系统学研究的历史,但是他将生物的进化当做造物主的神秘工作。达尔文在《物种起源》中提出了著名的“共同祖先”和“自然选择”理论,并指出“我们的分类将成为生物的系谱”,“我们必须用长期遗传下来的各种性状,去发现和探索自然系谱上的许多分歧的系线”,这就是进化论给予分类学的一个十分明确的任务。所谓“生物的系谱”即是指各种生物之间的亲缘关系或系统发育关系。目前生活在地球上千变万化、形形色色的物种,它们在形态上、生态上、生理上和地理分布等方面都存在着不同的差异,这些差异都是在物种形成的历史进程中产生的,也必然可以反映物种之间的系统发育关系。因此,通过认真的特征分析去研究物种之间的系统发育关系,并且用一明确无误的方式来表达这个结果,将成为当代系统生物学的最重要的内容。达尔文的进化论用唯物主义的观点揭示了生物界发生和发展的自然奥秘,然而他没有给予生物物种一个明确的概念,也未曾对系统原理进行更深入的探讨。

近百年来,分类学家围绕物种概念和系统发育这两个系统生物学的核心问题,不断地进行探索。在 20 世纪三四十年代,以赫胥黎(J. S. Huxley)、辛普森(G. G. Simpson)、迈尔(E. Mayr)和杜布赞斯基(Dobzhansky)等为首

的综合进化学派的兴起,以“新系统学”为核心,曾开展过一场关于物种概念的辩论,这场辩论摧毁了形而上学的模式概念,代之以种群概念,有力的推动了系统生物学的发展。然而关于系统学原理和特征分析的理论与方法研究,却是一个较新的问题,直至 20 世纪六七十年代方进入学派争鸣,百花齐放的局面。

在许多系统学派中,陈宜瑜院士(1992)作过如下评论:“60 年代,Henning 提出分支系统学(Cladistic systematics)理论,反对基于总体相似性比较的亲缘关系概念,强调以共同祖先的近度作为衡量生物物种和类群间亲缘关系的惟一标准。”认为只有那些在从祖先到后裔的发育过程中,由先前状态衍生而成,并存在于所有的后裔类群中的共同离征,才是在系统归类中有价值的相似性状,而由共同离征确定的谱系关系才是真正的系统发育关系。所谓存在于后裔类群中的共同离征就是后裔类群中出现某些种或类群共同具有的新特征,这些新特征在祖先类群中是没有的。根据分支系统学原理和特征分析方法所建立的生物分类系统,与传统的分类系统之间有很大的不同。分支系统学作为一种哲学理论正在不断的被完善,并得到许多分类学家的支持。

计算机技术的进步也直接推动了分类学理论和方法的发展,Sokal(索卡尔)和 Sneath(史奈斯)提出了另一个新理论。他们认为真正的系统发育系统是无法重建的,人们只能基于生物表现型性状的总体相似性去对生物进行归类和编级。性状的相似反映了共同基因,因此生物表现出来的所有性状都具有同等的重要性,物种和类群之间的亲缘关系可被表达为相似性的数值指数。据此发展了一系列运用数学方法进行生物分类的方法,这种理论和方法被称为数量分类法(numerical taxonomy)或表型系统学(phenetics)。系统生物学三大学派的纷争,不仅推动了各派学说的发展,也促进了分类系统的不断完善,使其更接近于自然。

在上述三种学派理论相比之中,分支系统学原理却是异军突起,表现出强大的生命力,其系统发育的原理和方法已被广泛运用到动物学、植物学、古生物学和生物地理学等领域中,受到越来越多的重视。特别是在鱼类学界,由于 Rosen, Nelson, Patterson 和 Greenwood 等著名鱼类学家的推崇,其影响尤为显著。

分支系统学发展过程大致如下:它最早起始于 20 世纪 50 年代,创始人亨尼希(W. Henning, 1913—1976)是德国昆虫学家。他早年在莱比锡获博士学位之后,在柏林昆虫研究所从事双翅目昆虫的研究,1948 年出版了巨著

《双翅目昆虫》，1950 年出版《系统发育系统学的基本原理》，并在其中的新西兰的双翅目昆虫的地理分布研究中，首次使用了分支分类学原理。10 余年后的实践，它的系统发育理论日趋成熟，1965 年他在《昆虫学年度评论》第 10 卷上发表了《系统发育系统学》的论文摘要型论文。翌年戴维斯和赛格尔将其译成英文出版。新书的出版，使“系统发育系统学”观点、原理与方法，很快受到学者的推崇和生物学界的重视，产生了很大反响，并迅速传播，随即在美、英、法和瑞典等国家兴起一股“热潮”，被称为“分支系统热”。《系统发育系统学》标志着系统生物学历史上的一个转折点。这本书曾获得伦敦林奈学会 1974 年度的林奈金奖和美国自然历史博物馆 1975 年度的科学重大贡献奖。该学说在 20 世纪 70 年代引入我国，诸如陈世骧教授在它的《进化论与分类学》一书中特别强调了“特征分析”的重要性。邱占祥(1978)则在《古脊椎动物学报》上发表了对 W. Henning《系统发育系统学》的介绍文章，周明镇、张弥曼和于小波(1983)又分别编译了《分支系统学译文集》和《隔离分化生物地理学译文集》(1996)，赵铁桥(1995)编译了《系统生物学概念与方法》等。以伍献文为首的我国鱼类学家在 20 世纪 80 年代初期将该理论应用于我国淡水鱼类的研究中，取得大量的科研成果(陈宜瑜，1980；伍献文等，1982；褚新洛，1982；武云飞，1982，1984；陈湘麟，1984)。这些成果标志着我国系统鱼类学的研究处于最活跃、发展最快的时期，其水平与当时的国际水平相当。

分支系统学，也叫分支分类学或支序分类学，其基本原理主要包括以下 5 点：

1. 单源类群是比较亲缘关系的基本单位。
2. 只有根据共同离征(Synapomorphy)建立的系统发育关系或亲缘关系才是单系。
3. 姐妹群是建立系统发育系统的基本结构。一对姐妹群，必须各自具有自己独特的共同离征(至少 1 个)，且呈镶嵌分布，即某个性状在一个类群必然比另一个类群特化，而另一类群则相反。共同离征在姐妹群中的镶嵌分布是类群间系统发育关系建立的先决条件。
4. 在一特定类群中，所掌握的异级特征的镶嵌分布越复杂，从中推断的系统发育关系越可靠。
5. 一个完善的系统发育系统可以用分支图解正确地表示出类群的发生时间和相对顺序。这需要妥善利用古生物化石、古代地质历史和动物生理学的资料。

目前国际上分支系统学理论取得巨大的完善和发展,具体表现在以下几方面:①系统发育的重建借助专门的计算机辅助分析软件,如 PAUP, Hennig 86 等,实现了真正意义的简约性(Parsimony)分析,在众多可能的系统发育关系假设中识别出最简约的系统发育分支图(Swofford, 1985; Wiley 1988a, 1988b)。②分支系统学原理应用于历史生物地理学分析,获得了大量创新性的历史生物地理学推论,对于认识地球的演变历史具有重大价值(Humohries et al., 1988)。③成功地实现了分支系统学理论与物种形成和生态适应过程的结合,摆脱了以往系统发育分支图与物种形成方式相脱离的不足,同时成功地实现了隔离分化(vicariance: 隔离分化; vicariats: 分化产物)和扩散式(dispersion)物种形成在系统发育中的兼容性(Brook et al., 1991)。由于实现了这些突破性进展,分支系统学理论目前已被国际上绝大部分系统学家所接受,并被广泛应用于具体类群的研究中。

亨尼希所处的时代,正是系统生物学百花争艳的时代。在 20 世纪 50 年代,迈尔的系统学原理已较盛行,索卡尔和史奈斯的数量分析(Numercal taxonomy)也正在发展之中,其他一些分类学家,如 Simpson 等人也都提出各自不同的系统学原理和方法。

20 世纪 80 年代后期各派将其理论付诸于实践研究,结果演化了各自理论方法,并在实践中得以完善和发展,使系统生物学各学派观点开始相互渗透,如 Farris 等人将数值系统学的计算方法引入分支系统学中,因而形成数量支序分类学(Numericlادistic taxonomy)(钟扬, 1990);综合系统学派也吸收分支系统学派的特征分析方法,使进化研究更加深入全面。

近些年来,许多动物学者已从单纯的分类与动物区系研究转向动物系统演化方面的研究。他们采用大量形态特征分析和细胞生物学、生物化学、电镜扫描、数学分析等手段来辨别和分析离征、祖征,藉以探求动物系谱及共同起源,真正反映出彼此间亲缘关系。徐克学(1994)则对数量分类的发展历史、基本原理和分类运算分析方法进行较全面的论述,摒弃了表征分类和分支分类两大学派相互对峙的观点,奉献出多种分支分类新方法,把信息量增长的不可逆性作为生物演化的基本原理。当前系统生物学原理与方法,正在电子仪器、生物高新技术、数理统计分析等近代科学和先进设备的紧密配合下,在生物学的各个领域之间不断地交叉、渗透,出现了更高、更深层次的综合,其研究成果都在以更快的速度向应用转化。

目前系统生物学不仅在解决系统发育亲缘关系,生物地理和动物资源学等疑难问题上取得许多重要成果,而且在分子生物学方面有了很大的发

展,使我们越来越清楚地认识到系统生物学的重要性。以 2002 年 6 月 6 日中国科技日报 11 版发表的“系统生物学”特稿足以说明其意义的重大。作者陈润生先生引用 Leroy Hood 的话:“以前我们总是习惯于分析具体的东西,比如 DNA,蛋白质,但是现在我们必须把所有在分子水平上的东西,包括 DNA,RNA 上的生物信息、蛋白质组的信息、蛋白相互作用信息,还有途径、网络都整合在一起,用来建立表述生物系统的宏观的数学模型。”作者列举了生物系统学研究在国际上迅速开展的事例:2001 年 2 月《自然》和《科学》上公布了人类基因组的‘工作草图’以后,人类基因的数目成了人们关注的焦点。当时塞莱拉公司和 HUGO 组织预测的结果都表明人类基因的总数约为 3 万多。2001 年 8 月,《细胞》杂志一篇文章报道,当科学家把这两个基因图谱对比时,发现只有约 1.5 万个基因双方一致。这说明什么呢?这说明现在基因测序方法还不够好,说明只靠现在发展的方法来预测如此复杂的人类基因组,做基因或蛋白质功能注释是非常不够的。而是应该把各个层次的不同的数据整合在一起,然后通过系统分析来进行蛋白质功能注释,也许能得到更好的结果。

总之,系统生物学的研究思路和研究方法本质上是多信息融合和体系模型的构建。系统生物学家并不是去代替其他科学家,要把类群、物种、居群、个体、组织、细胞或基因、蛋白质水平上的东西都搞清楚,而是做这些分子生物学家或遗传学家不做的事情,是在他们实验结果的基础上去找各种各样的联系,再把他们融合起来。因此系统生物学家是找层次与层次之间、系统与系统之间的联系。

什么是融合?融合就是找发生在两个系统、两个层次或多个系统、多个层次之间的关联。关联是什么呢?关联就是相互之间的作用。系统生物学就是找在不同系统、不同层次之间某些特殊的相互作用。要做到这件事情,就要把种群水平、个体水平、细胞水平、基因水平、转录水平、蛋白质水平,所有信息整合在一起。这就是系统生物学核心的研究思路。那么系统生物学研究方法的特点何在?首先通过不同层次关联建立起来的复杂系统,并不是简单系统的叠加,这个复杂系统会出现一些突现性行为、突现性规律,就是出现一个单独系统所不能反映的新行为;另外,系统生物学研究也会给出不同层次之间的某些贯穿特性,也就是从基因通过怎样的一层层联系才过度到一个生物学功能,或者说就是怎样从基因过度到表型。

第二节 关于生命起源的问题

地球上存在着形形色色的生物,动物约有 100 多万种,植物约有 30 多万种,还有许多微生物。地球上这么多的生物究竟是怎样产生的?地球上最初的生命又是从何而来的呢?关于生命起源的问题,自古就有争论,众说纷纭。特创论主张生命来自神造;自生论认为是自然发生,直接从非生命物质突然产生出来,但无科学根据;生源论,主张生物只能由同类生物产生,其虽有实验为依据,但其结论是形而上学的,不能回答生物变异性等问题。曾被恩格斯严厉批判过的宇宙生命论,近来又见兴起。它认为“地上生命,天外飞来”,对眼见为实的现实主义表示怀疑,并用电磁场、人的身影、超声波等以前未发现的物质为理由,否认地上的生命是地球上物质发展的必然结果。现代科学已经证明,太空的各星球之间,在自然状况下,没有保存生命的条件,因为没有空气,温度接近绝对零度,又弥漫着具有强大杀伤力的紫外线、X 射线,任何生命胚体不可能从其他天体带到地球上来。

20 世纪 20 年代俄国化学家奥巴林(A. I. Oparin)和英国生物学家霍尔丹(J. B. S. Haldane)分别提出了生命起源的假说,他们主张来自原始大气的一些分子自然地及合成更复杂的生物分子,假设集合这些分子所需的能量来自闪电和太阳的紫外线辐射或火山爆发所释放的能,在这种还原性大气里自然形成了生命所需要的有机化合物。霍尔丹还相信早期的有机分子会沉积在原始海洋里形成“热稀溶液”,在这种初始的溶液里,糖类、脂肪、蛋白质和核酸可能装配形成最早的微生物。1953 年美国的米勒(S. L. Miller)首次在实验室内获得了腺嘌呤、嘧啶和一些氨基酸、某些核苷酸小分子化合物。后来, S. W. Fox 又在无氧条件下,将氨基酸合成多肽,进一步实验又合成一些类蛋白微球,这些小球具有渗透与选择扩散能力,以出芽增殖,可以积累糖和氨基酸,并具有自然的酶活性,由此可知这类蛋白微球似具有某些活系统的特征。

研究生命起源问题的科学家们比较一致的认为:地球在几十亿年的漫长岁月中由无生命物质逐渐发展而成今天的生命世界,大体上又经历 5 个阶段:

1. 原始海洋和原始大气中的甲烷、一氧化碳、氰化氢、二氧化碳以及水、氮、氢、氨、硫化氢、氯化氢等无机物,在一定条件下(紫外光、电离辐射、闪电、高温和局部高压等),形成了氨基酸、核苷酸、单糖等有机物。

2. 氨基酸、核苷酸等聚积成生物大分子蛋白质和核酸等。
3. 众多的生物大分子聚积成多分子化合物体系,呈现初始生命现象,构成前细胞型生命体。
4. 前细胞型生命体复杂化和完善化,演化成具有完备生命特征的细胞。
5. 由单细胞生物发展成为各级多细胞动物。

第三节 动物进化的例证

一、比较解剖学的例证

1. 痕迹器官的存在,就是动物在进化的证明,如盲肠、阑尾、耳肌、尾椎骨的存在,证明人是由具有这些器官的动物进化而来的。

2. 不同动物的同源器官的存在说明它们来自共同的祖先,如马的前肢用于奔跑,蝙蝠的翼用于飞翔,鲸的鳍状肢用于游泳,其形状虽不同,但来源和基本结构却相同(同功器官:指功用相同,形状相似,但来源和基本结构不同的器官。例鸟翼和蝴蝶的翅,虾鳃和鱼鳃都是同功器官,但只能说明两者生活方式相同而不能说明它们有相近的亲缘关系)。

二、胚胎学的例证

一个哺乳动物从受精卵发育开始,经历囊胚、原肠胚、三胚层等相当无脊椎动物阶段;再出现鳃裂,相当鱼的阶段;再出现心脏的分隔变化,相当于两栖类和爬行类的阶段。这是个体发育重演系统发育的规律,被称为“生物发生律”或“重演律”(biogenetic law or recapitulation theory),这一发现是由德国生物学家赫克尔(Haeckel)提出的,表达了动物的进化历程。Haeckel已注意到了在个体发育中一些不符合生物重演律的现象,如昆虫的蛹与幼虫对环境所获得的适应变化,这在系统发育中不一定都存在,他把这一类变化看做是生物演化律的例外。而 von Baer 对生物演化律提出反对看法,他认为发育过程是由一般到特化,由最初某种所有动物共有的状态,变化到一些特有的异化状态。如鸟的胚胎在最初阶段只具有某些基本的脊椎动物的特征,在此阶段人们无法确定它是一种什么样的脊椎动物,肢体的胚芽可能发育成鸟翅、人手或马蹄,随着发育过程的完善,人们才能逐渐认识到是鸟类,进而认识到是家鸡等等。他认为生物重演是不可能发生的,但他提出了4个有关个体发育的定律:①在一个较大的动物类群中,在其胚胎中普遍特