



北京自然博物馆 系列丛书

科研系列

动物分子 进化与研究

张昌盛 主编

EVOLUTION AND
RESEARCH ON
ANIMAL MOLECULAR



北京科学技术出版社



北京自然博物馆 系列丛书

科研系列

动物分子 进化与研究

张昌盛 主编

EVOLUTION AND
RESEARCH ON
ANIMAL MOLECULAR



北京科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

动物分子进化与研究 / 张昌盛主编. —北京: 北京科学技术出版社, 2015.3

ISBN 978-7-5304-7514-0

I. ①动… II. ①张… III. ①动物-分子进化-细胞生物化学-研究 IV. ①Q952.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 274559 号



动物分子进化与研究

主 编: 张昌盛

责任编辑: 李 菲

封面设计: 耕者设计

出 版 人: 曾庆宇

出版发行: 北京科学技术出版社

社 址: 北京西直门南大街16号

邮政编码: 100035

电话传真: 0086-10-66161951 (总编室)

0086-10-66113227 (发行部) 0086-10-66161952 (发行部传真)

电子信箱: bjkj@bjkjpress.com

网 址: www.bkydw.cn

经 销: 新华书店

印 刷: 北京印匠彩色印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

字 数: 300千

印 张: 11.5

版 次: 2015年3月第1版

印 次: 2015年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5304-7514-0/Q·101

定 价: 80.00元



京科版图书, 版权所有, 侵权必究。
京科版图书, 印装差错, 负责退换。

编委会

主 编 张昌盛

副主编 李林海 张晓萌 王 琼 李明珍

编 委 王玉涛 费 静 唐福江 钟震宇

翟 红 钱嘉林 闫鹏程

前 言

这是一本有关动物进化的书，从分子进化的角度对动物的进化进行讲述。生命世界是复杂多样的，动物在其中扮演着重要的角色。动物的不断繁衍生息、协同进化，才使这个地球越发充满活力。

自分子生物学研究诞生以来，人类就试图通过分子生物技术的手段来阐释动物不断进化的内在秘密。本书在物种的形成、动物分子进化机制、动物分子进化与表形进化的差异、比较基因组及转录组学在动物进化研究上的应用、动物标本 DNA 及 DNA 条码技术、动物分子进化研究过程中目的基因的选用以及各动物类群在分子进化上的研究实例等方面进行了阐述。在介绍动物分子进化及其相关领域研究的基础上，我们还列举了有关动物分子进化的有关实验技术及相关问题。希望有相关实验操作需要的读者可以依据这些进行相关的操作。

为了阐释动物的分子进化，本书引用了许多实验实例，这些实例都是科学家研究的真实结果。有些材料我们没有指明最初研究文献的出处，但说明了所讨论问题的实验证据和来源。在此，我们对列出引用和参考文献的作者和没有列出的作者表示诚挚的感谢，是无数科学家的卓越工作，才使动物进化的完美历程逐渐清晰地展现出来。最后，希望读者通过本书对所感兴趣的问题能有更深入的了解。

谨以此书纪念陈领先生！

第 1 章	生物的进化	/ 1
第 2 章	物种的形成及在生物进化上的意义	/ 7
第 3 章	基因的结构与功能	/ 13
第 4 章	动物分子进化机制	/ 19
第 5 章	动物分子进化与表型进化的联系及差异	/ 25
第 6 章	分子系统学在动物进化上的研究意义	/ 35
第 7 章	分子系统学研究中目的基因的选择	/ 39
第 8 章	比较基因组学研究在动物进化上的应用	/ 47
第 9 章	转录组研究及其在动物分子进化上的应用	/ 55
第 10 章	标本 DNA 与 DNA 条码	/ 71
第 11 章	几种不同类群动物的进化	/ 79
第 12 章	分子人类学研究方法	/ 97
第 13 章	动物组织 DNA 提取方法	/ 103
第 14 章	动物组织 RNA 提取方法	/ 115
第 15 章	古 DNA 操作方法	/ 133
第 16 章	生物信息学分析方法	/ 139
第 17 章	实验室常用数据换算	/ 147
第 18 章	实验室常用试剂与缓冲液的配制	/ 151

第 19 章 分子生物学实验室常用仪器设备 / 157

第 20 章 溴化乙锭 (EB) 净化和处理方法 / 163

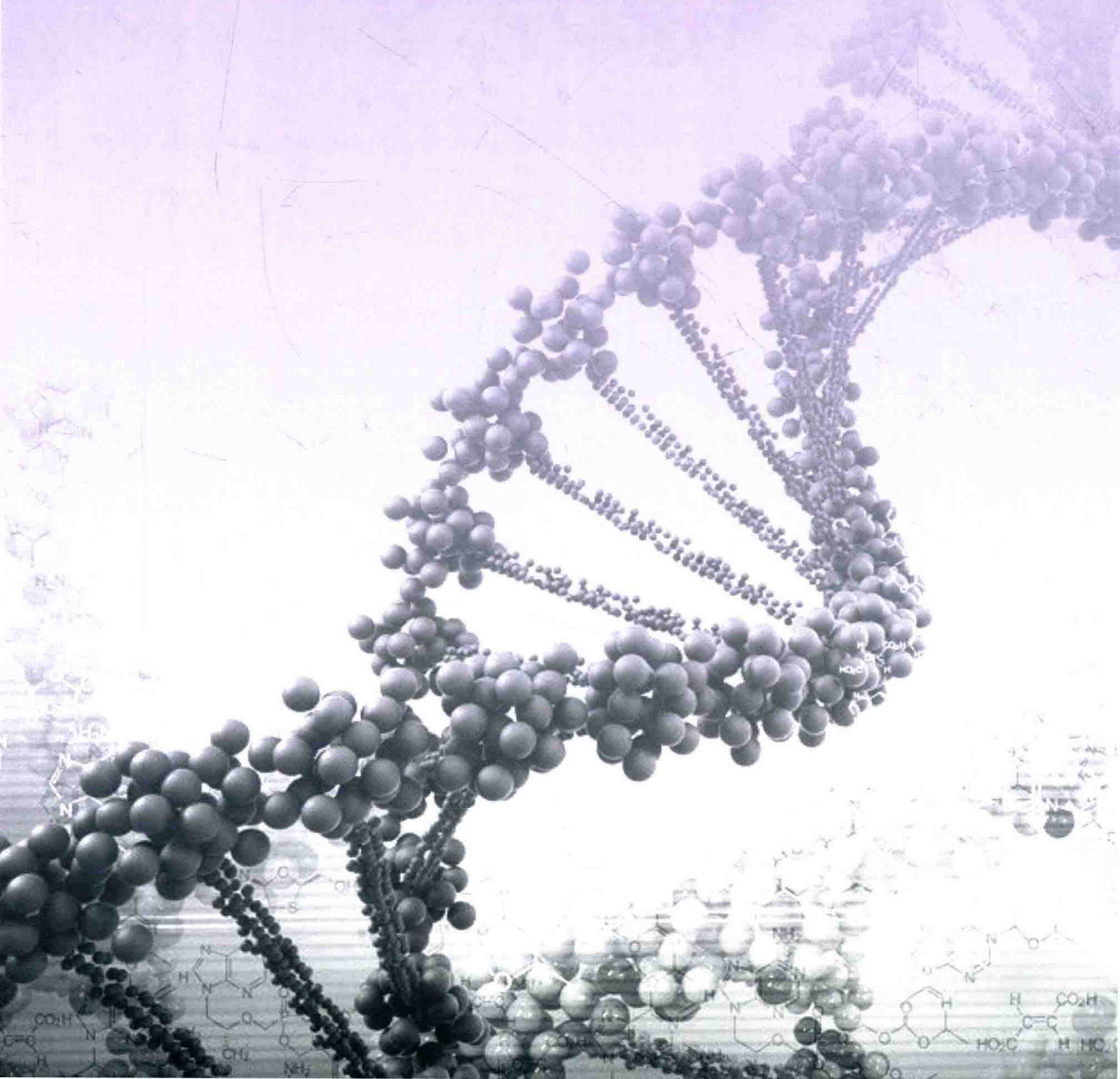
第 21 章 分子生物学实验室安全注意事项 / 167

参考文献 / 172



第 1 章

生物的进化





所谓进化是指事物由简单到复杂、由低级到高级逐渐变化、发展，它的含义极为广泛，包括天体的消长、生物的演变、社会的发展等。狭义地讲是指生物的进化，如物种的进化（起源），其他类群（属、科、目、纲、门）乃至整个生物界的进化。

在我们生活的充满生机的生物世界里，人类已经发现的植物约 50 万种，动物约 150 万种，微生物约 20 万种，合计约 220 万种。实际存在的生物种类比已发现的多得多。据研究估计，现在生存在地球上的生物有 500 万 ~ 1 000 万种，为已知种类的 5 倍。这些统计并没有包括曾经在地球上存在过而又绝灭的生物种类，估计现存生物还不到已存生物种类的 0.1%，也就是说生物曾经有 16 亿 ~ 160 亿个种类。

自达尔文时代起，许多生物学家都有一个梦想，那便是重建地球上所有生命的进化史并以系统树的形式描述这部历史。理想的途径应该是利用化石证据，但是化石是零散且不完整的，致使大多数研究者转向用比较形态学和比较生理学的方法进行研究。通过后两条途径，经典进化学家已得出有机体进化史的主要框架。然而，形态及生理性状和进化现象的复杂性，以导致不可能产生一幅进化史的清晰图像，



不同研究者重建的系统树在细节上总是具有争议性。

分子生物学的进展大大地改变了这种局面, 由于所有生物的蓝图都用 DNA (在某些病毒中则用 RNA) 来书写, 人们可以通过比较 DNA 来研究它们的进化关系。

分子途径较经典的形态学和生理学途径有如下优点。

首先, DNA 仅由 4 种碱基组成, 即腺嘌呤 (A)、胸腺嘧啶 (T)、胞嘧啶 (C) 和鸟嘌呤 (G)。所有生物, 包括细菌、植物和动物中的 DNA 均由这 4 种碱基组成。因此, 可用它们比较所有的有机体的进化关系, 这在经典进化研究方法中是不可能做到的。其次, DNA 的进化演变或多或少是有规律的, 因而能用数学模型来描述其变化并可比较亲缘关系较远的生物间的 DNA。形态性状的时代演变, 即使是在一段较短的进化时间内, 也是极其复杂的。因此, 形态的系统发育研究必然会有各种各样的假设, 但这些假设往往难以令人信服。最后, 所有生物的基因组都是由长长的核酸序列组成, 比形态性状包含的系统发育信息要多得多。基于以上的原因, 分子系统学有望澄清生命系统树中多处对于经典途径来说极为棘手的进化问题。

系统学或分类学是生命科学中争议最多的领域之一, 种、属、科及更高的分类单元的定义常常带有主观性。对同一类群动物进行研究的学者, 在将这一类群归属于亚种还是种或属等分类单元时, 判断会很不一致。较之分类学, 系统发育学内的矛盾要少一些, 因为它首要考虑的是有机体之间的进化关系, 而将某一类群归属到一个确定的分类单元等级则是次要的工作。系统发育学与分类学的关系相当紧密, 因为有机体的分类也反映它们的进化历史。尽管它还不可能解决分类学的所有难题, 系统发育学对发展系统学的科学基础具有重要作用。分子系统学的进展, 已经为许多生物分类问题提供了崭新的见解。





自 1859 年《物种起源》发表以来，达尔文主义成为不可阻挡的社会思潮，彻底改变了世界的面貌。但这种理论主要以观察和推理为依据，因此它的客观性受到了限制。也正因为如此，它描述的是我们肉眼所能见到的表现型水平的变化。这些表现型的进化主要是形态的变化，偶尔以生理面貌呈现出来。

1900 年以后，随着遗传学的产生，研究群体遗传结构及其变化规律的群体遗传学也逐渐建立。以这些数学理论为基础发展了实验群体遗传学和生态遗传学，完成了综合进化理论，又称为新达尔文主义。然而这些进展是在遗传结构或基因本质及内部结构还不清楚的前提下完成的，不可避免地带有盲目性。

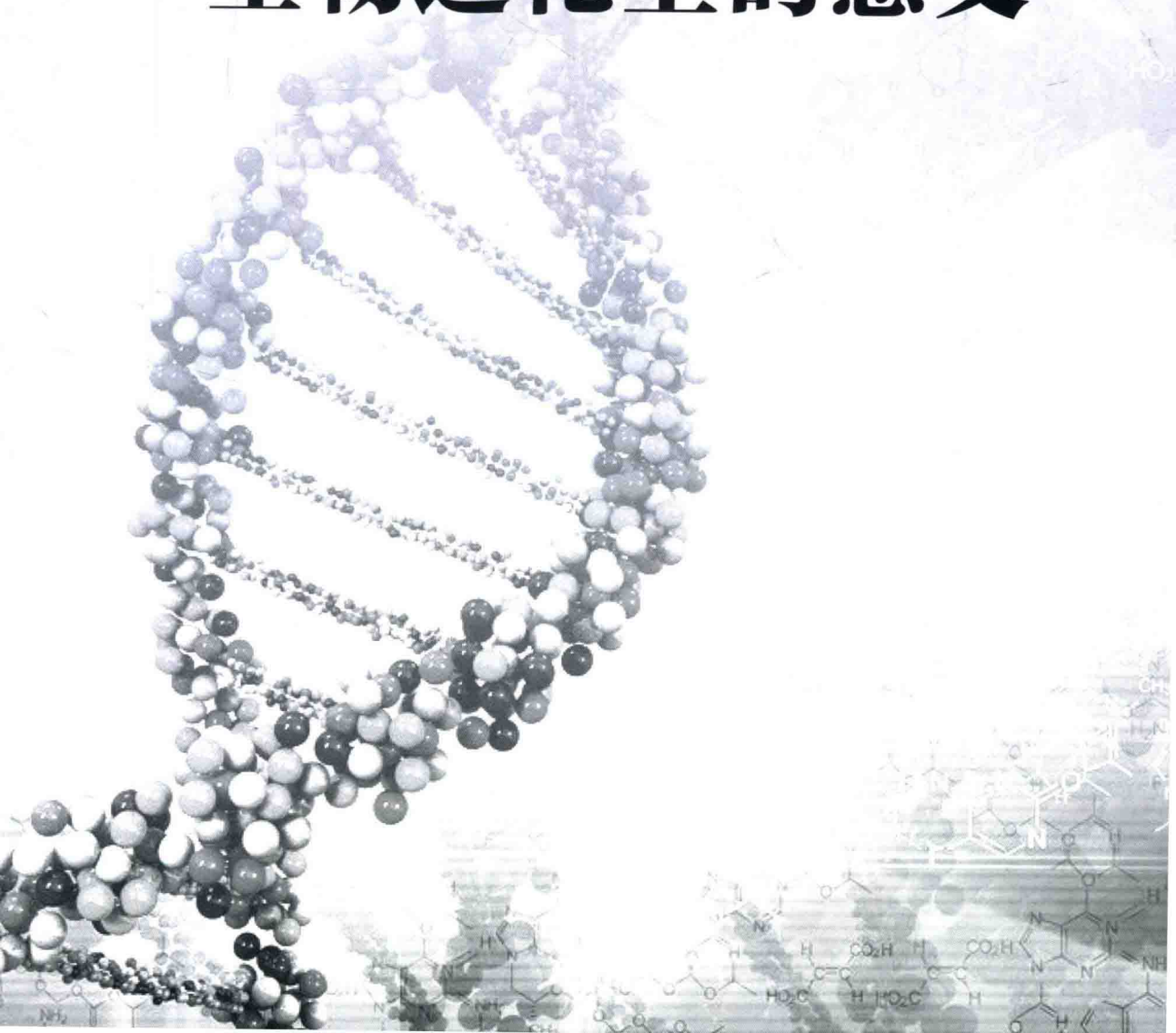
1953 年，DNA 双螺旋结构被证实之后，分子生物学取得了突飞猛进的发展，分子及基因内部的结构逐步清晰。中性学说应用分子生物学的技术和数学方法，打破了不同物种间不能进行杂交实验的局限性，可以对不同物种的同源蛋白质氨基酸顺序和基因进行比较，并计算出分子进化的过程和速率。这样，进化论的研究中定量的水平便提高了。同时，只要有了突变率、迁移率和群体大小等参数，就可以预

测任何一个特定群体中遗传变异的数量和基因频率变化的速率。而这一切，达尔文主义和现代达尔文主义的理论和方法都是无法做到的。



第 2 章

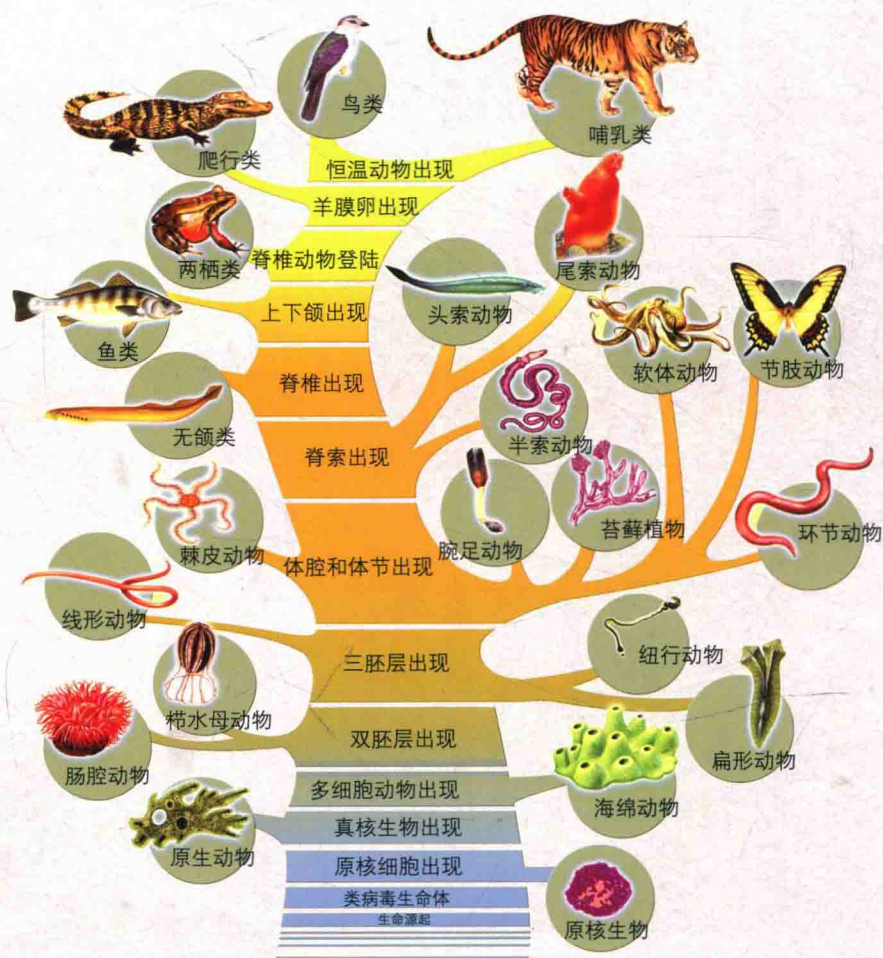
物种的形成及在 生物进化上的意义



物种的概念

物种是生物存在的基本形式，是生物进化的单位，任何生物在分类学上都属于一定的种。但什么是种，目前还没有一个完整、确切的定义。

早在 17 世纪，林奈的先驱者约翰·雷认为，物种是一个繁殖单元；18 世纪中叶，林奈等人按照这种认识做了许多植物杂交试验，1750 年林奈在此基础上进一步提出物种是由形态相似的个体组成，同种个体可以自由交配，并能产生可育后代，而异种间则杂交不育。林奈肯定了物种的客观性和稳定性，为进一步研究物种问题提供了基础，同时也否定了当时流行的动植物的自然发生说。但他把物种的稳定性绝对化了，“物种不变”的主张无疑是一个错误。达尔文提出，种（即物种）是显著的



变种，是性状差异明显的个体类群，但没有给种下一个确切的定义。他肯定了物种的可变性，指明了物种之间的亲缘关系，这对奠定生物学的科学基础和破除物种不变论是一个伟大的贡献。但达尔文在某些论述中对物种的稳定性缺乏应有的重视，甚至怀疑种的存在，这又是他的不足之处。对于什么是物种的问题，现代学者也都进行了认真的研究，并且提出了各种看法。



亚种

亚种也是物种的存在形式。每一物种都占据一定的自然分布区，要求一定的生态条件，如果有些物种比较繁荣，分布范围非常广泛，这时在不同地区或同一地区不同生态条件下生活的个体可能产生不同的变异。分类学上把在不同地区或同一地区不同生态条件下具有相同变异的个体划分为亚种。亚种有地理亚种和生态亚种之分。



亚种和变种的区别

一般来说亚种比变种范围广，它要占据很大的自然地理分布区；变种则不然，不强调分布状况，因而分类学上将许多变种集合为亚种。一般来说，物种分布的范围越广，类型越进步，种内包含的亚种就越多。凡是含有亚种的种叫多型种，不含亚种的种叫单型种。

达尔文认为物种的形成主要是以渐变的方式，主要包括继承式物种形成和分化式物种形成。如一个物种在一个地区生活，随着时间的推移，逐渐进化为另一个物种，这就是所谓继承式物种形成；又如一个物种分布在不同地区，分化为两个以上的新种，这就是所谓的分化式物种形成。物种的形成是生物进化的起点，生命自然界的系统是按界、门、纲、目、科、属、种的顺序排列的，而种是其中最基础的环节，是生命不断前进的起点。

物种的形成成为生物进化的不可逆性奠定了基础，物种形成是种内连续性的中断，一般意味着生殖隔离的产生。新种一旦形成就增加了生物的稳点性，其所具有的性状和特性就得到了巩固。因此，物种的形成是进化中不可逆性的基础。

物种的形成意味着有新的生物类型以新的方式来利用环境，而这种新的生物类型一定是以生殖隔离为其主要标志的，否则这种新的类型是不能产生的，即使产生也会被种内基因的自由交流所淹没。种内基因交流有稳定者的作用，而生殖隔离有创造者的作用。物种形成更加强调了生物与环境的相互依存关系。

物种通过进化而产生的单纯数量增长在密切生物与环境的基础上，也使生物内部关系进一步复杂化。例如，水生生物的发展为陆生生物的进化开辟了道路；有花植物的出现为昆虫的繁荣创造了条件；而昆虫的出现则是食虫鸟类形成的条件；这些鸟类的出现又促进了新的猎食兽类和寄生生物的进化。

总之，物种的形成是生物进化的基本问题，没有物种的形成就没有进化，也无从谈起生物界的系统发展。