

第7章 现代生物进化理论

自达尔文的《物种起源》问世以来，人们普遍接受了生物是不断进化的这一科学观点。但是，生物为什么会不断地进化？生物是怎样进化的？达尔文的解释并未给人一个非常圆满的答案。随着生物科学的发展，人们对生物进化的解释也在逐步深入，并且不乏争论。在各种论点的交锋中，进化理论本身也在“进化”。



远去了“贝格尔”的帆影，
无涯是进化论的航程。
拨开那亿万年的迷雾，
寻觅着生命史的真容。

第 1 节 现代生物进化理论的由来



枯叶蝶和翅色艳丽的蝴蝶

问题探讨

左图为同一环境中的两种蝴蝶。

讨论：

1. 枯叶蝶的翅很像一片枯叶，这有什么适应意义？
2. 从进化的角度，怎样解释这种适应的形成？
3. 同一环境中不乏翅色鲜艳的蝴蝶，这与你刚才所做的解释有矛盾吗？如果有，又怎样解释？

本节聚焦

- 在达尔文之前，人们是怎样看待生物的进化的？
- 达尔文的自然选择学说的要点是什么？
- 达尔文的自然选择学说有哪些局限性？



图 7-1 食蚁兽

各种各样的生物是如何形成的？长期以来就存在着激烈的争论。即使在达尔文的《物种起源》出版后的这一百多年，关于这个问题的争论仍没有停止。科学的争论促进人们更深入地研究，使得生物进化的理论不断发展。

拉马克的进化学说

历史上第一个提出比较完整的进化学说的是法国博物学家拉马克 (J. B. Lamarck, 1744 — 1829)。他通过对植物和动物的大量观察，提出地球上的所有生物都不是神造的，而是由更古老的生物进化来的；生物是由低等到高等逐渐进化的，生物各种适应性特征的形成都是由于用进废退和获得性遗传。器官用得越多就越发达，比如食蚁兽的舌头之所以细长，是由于长期舔食蚂蚁的结果（图 7-1）。器官废而不用，就会造成形态上的退化，比如鼹鼠长期生活在地下，眼睛就萎缩、退化。这些因用进废退而获得的性状是可以遗传给后代的。这是生物不断进化的主要原因。

拉马克的进化学说，在人们信奉神创论的时代是有进步意义的。由于反对神创论和物种不变论，他遭到了种种非难和攻击，但始终没有动摇自

己的信念,而是把为科学事业作出贡献当做最大的乐趣。他曾经说过这样的话:“科学工作能予我们以真实的益处;同时,还能给我们找出许多最温暖、最纯洁的乐趣,以补偿生命场中种种不能避免的苦恼。”

达尔文的自然选择学说

拉马克的进化论提出以后,并没有引起社会的重视。就连达尔文 (C.R.Darwin, 1809—1882) 在开始他著名的5年航海旅程时,也还认为物种是不变的,而且都是神创造的。在5年的航海旅行中,他仔细观察了世界各地的动植物和化石,发现许多现象是传统的观点难以解释的,从而摈弃了神创论的观点,坚信生物是不断进化的。后来,他又通过大量的观察和思考,提出了自然选择 (natural selection) 学说 (图 7-2)。

下面是达尔文自然选择学说的解释模型 (图 7-3)。请你回忆初中所学的关于自然选择的知识,以长颈鹿的进化为例,对这一模型进行演绎说明。



图 7-2 《物种起源》、达尔文手迹和几种标本

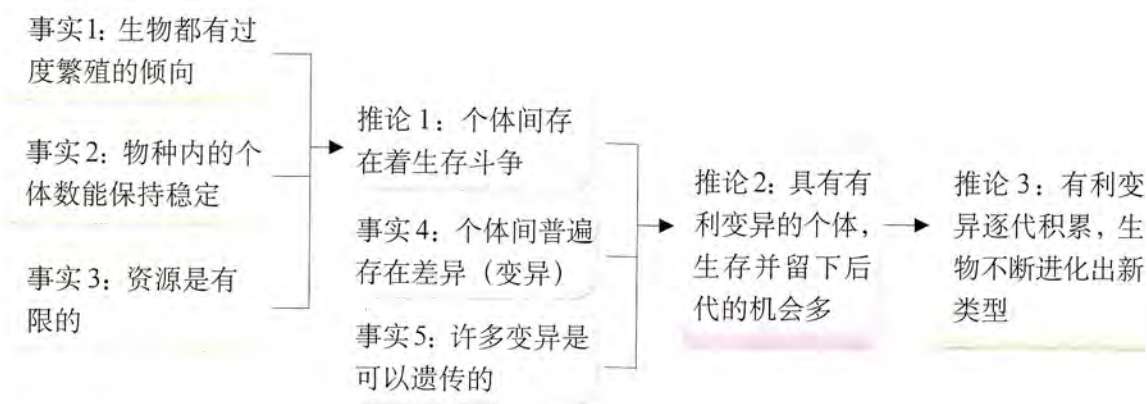


图 7-3 达尔文自然选择学说的解释模型

达尔文创立的进化论从丰富的事实出发,论证了生物是不断进化的,并且对生物进化的原因提出了合理的解释。它使人们认识到,原来自然界的万千生物不是神灵预先设计好而永恒不变的,而是在客观规律的支配下不断发展变化的。这就使生物学第一次摆脱了神学的束缚,走上了科学的轨道。它揭示了生命现象的统一性是由于所有的生物都有共同的祖先,生物的多样性是进化的结果;生物界千差万别的种类之间有一定的内在联系,从而大大促进了生物学各个分支学科的发展。这一科学理论的影响远远超出了生物学的范围,它给予神创论和物种不变论以致命的打

击，为辩证唯物主义世界观提供了有力的武器。

达尔文的进化论在与神创论和物种不变论的斗争中传遍了全世界。用各种文字翻译的《物种起源》版本，不断地在世界各地出版。马克思和恩格斯对达尔文的理论给予高度评价。他们认为这是科学史上的一次革命，极大地推动着十九世纪自然科学的发展。马克思把他的《资本论》第一卷题赠给达尔文，郑重地在扉页中写道：“赠给查理士·达尔文先生。您真诚的钦慕者卡尔·马克思。”恩格斯将达尔文的进化论誉为十九世纪自然科学的三大发现之一。



思考与讨论

生物进化观点对人们思想观念的影响

1. 在达尔文提出生物进化论之前，人们对生物界的普遍看法是怎样的？

2. 达尔文的进化论与神创论的主要冲突是什么？达尔文提出生物进化论之后，为什么遭到许多人的攻击、谩骂和讥讽？

3. 达尔文的进化论对于人们正确认识人类在自然界的地位有什么启示？

4. 马克思读了达尔文的《物种起源》后，在写给恩格斯的一封信中说：“虽然这本书用英文写得很粗略，但是它为我们的观点提供了自然史的基础”。马克思所说“我们的观点”是指什

么观点？

5. 19世纪末，严复、梁启超等以达尔文自然选择学说中“物竞天择，适者生存”的观点，作为唤起同胞救国图强的警钟。这一做法在当时积贫积弱的中国起到了什么作用？

6. 有一本普及进化知识的英文书《Evolution》(Dylan Evans & Howard Selina 著, 英国出版)中写道：“Science aims to discover facts, but leaves us free to choose our own values.”你同意这样的观点吗？作者为什么要在本书的最后一页写这句话？

提出自然选择学说的达尔文，为什么还同意获得性遗传呢？

由于受到当时科学发展水平的限制，对于遗传和变异的本质，达尔文还不能做出科学的解释。关于遗传的变异是怎样产生的，达尔文接受了拉马克关于器官用进废退和获得性遗传的观点，并且举了不少例子来说明。例如，家猪的腿和吻比野猪的短（图7-4），是由于家猪使用腿和吻较少的结果。他对生物进化的解释也局限于个体水平，而实际上，如果个体出现可遗传的变异，相应基因必须在群体里扩散并取代原有的基因，这样新的生物类型才可能形成。达尔文强调物种形成都是渐变的结果，不能很好地解释物种大爆发等现象。这些都说明，即使像达尔文这样伟大的科学家，其思想观点也会有历史的局限性。

作为一位诚实的科学家，达尔文的优秀品质不仅表现在他从事科学研究的工作中，而且也反映在他实事求是地对待自己理论的缺陷上。他曾经说过：“关于变异的规律，我们实在是无知的，我们所能够说明这部分或那部分发生变异的任何原因，恐怕还不及百分之一。”

达尔文以后进化理论的发展

随着生物科学的发展，关于遗传和变异的研究，已经从性状水平深入到基因水平，人们逐渐认识到遗传和变异的本质。获得性遗传的观点，已经被大多数学者所摒弃。关于自然选择的作用等问题的研究，已经从以生物个体为单位，发展到以种群为基本单位。这样就形成了以自然选择学说为核心的现代生物进化理论，从而极大地丰富和发展了达尔文的自然选择学说。



图 7-4 家猪（上）和野猪（下）



练习

一、基础题

- 下列表述中哪一项不是拉马克的观点：
 - 生物的种类是随着时间的推移而变化的；
 - 生物的种类从古到今是一样的；
 - 环境的变化使生物出现新的性状，并且将这些性状传给后代；
 - 生物的某一器官发达与否取决于用与不用。

答 []

- 各种各样的抗生素对治疗细菌感染造成的疾病发挥着重要作用。一种抗生素使用一段时间后，杀菌效果就会下降，原因是细菌产生了抗药性。

试用达尔文的自然选择学说解释细菌产生抗药性的原因，并分析这一解释有什么不够完善之处。

二、拓展题

- 人类对濒危动植物进行保护，会不会干扰自然界正常的自然选择？
- “人们现在都生活在各种人工环境中，因此，人类的进化不再受到自然选择的影响。”你同意这一观点吗？写一段文字阐明你支持或反对的理由。

第2节 现代生物进化理论的主要内容

问题探讨



幼 虎

你看过《自私的基因》这本书吗？作者为什么用这样的标题呢？基因是没有欲望的，但用拟人化的方式思考问题，有时却是有用的。

虎有成千上万个基因，有的决定牙齿的锐利程度，有的决定肌肉的粗壮程度……

讨论：

把自己想像成虎体内的一个基因。你不仅不愿意自己在虎的后代中消失，而且想让越来越多的虎拥有自己的拷贝。你怎样才能达到这一目的呢？你将选择做哪一种基因？

本节聚焦

- 为什么说种群是生物进化的基本单位？
- 种群的基因频率为什么会发生变化？
- 自然选择与种群基因频率的变化有什么关系？



图7-5 一个猕猴种群的部分个体

一 种群基因频率的改变与生物进化

达尔文的自然选择学说指出，在一种生物的群体中，出现有利变异的个体容易存活，并且有较多的机会留下后代。也就是说自然选择直接作用的是生物的个体，而且是个体的表现型。但是，在自然界，没有哪个个体是长生不死的，个体的表现型也会随着个体的死亡而消失，决定表现型的基因却可以随着生殖而世代延续，并且在群体中扩散。可见，研究生物的进化，仅研究个体的表现型是否与环境相适应是不够的，还必须研究群体的基因组成的变化。

种群是生物进化的基本单位

生活在一定区域同种生物的全部个体叫做种群(population)。例如，一片树林中的全部猕猴是一个种群(图7-5)，一片草地的所有蒲公英也是一个种群。种群中的个体并不是机械地集合在一起，而是彼此可以交配，并通过繁殖将各自的基因传给后代。

种群在繁衍过程中，个体有新老交替，基因却代代相传。例如，许多昆虫的寿命都不足一年(如蝗虫)，所有的

蝗虫都会在秋风中死去,其中有些个体成功地完成生殖,死前在土壤中埋下受精卵(图7-6)。来年春夏之交,部分受精卵成功地发育成蝗虫。同前一年的蝗虫种群相比,新形成的蝗虫种群在基因组成上会有什么变化吗?你不妨根据前面所学遗传、变异和自然选择的知识,尝试做出自己的推测。

一个种群中全部个体所含有的全部基因,叫做这个种群的基因库(gene pool)。在一个种群基因库中,某个基因占全部等位基因数的比率,叫做基因频率。例如,在某昆虫种群中,决定翅色为绿色的基因为A,决定翅色为褐色的基因为a,从这个种群中随机抽取100个个体,测得基因型为AA、Aa和aa的个体分别是30、60和10个,就这对等位基因来说,每个个体可以看做含有2个基因,那么,这100个个体共有200个基因(图7-7)。由此可知:

- A 基因的数量是 $2 \times 30 + 60 = 120$ 个;
- a 基因的数量是 $2 \times 10 + 60 = 80$ 个;
- A 基因的频率为 $120 \div 200 = 60\%$;
- a 基因的频率为 $80 \div 200 = 40\%$ 。

这一种群繁殖若干代以后,其基因频率会不会发生变化呢?



图 7-6 蝗虫的交配(上)和产卵(下)

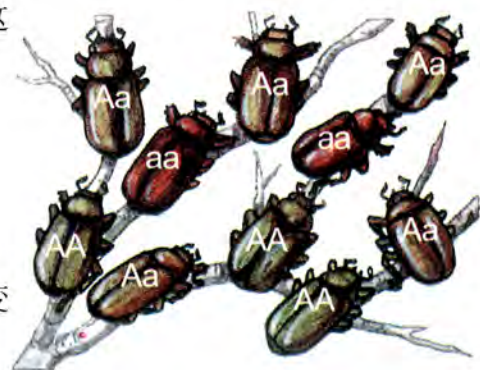


图 7-7 某昆虫决定翅色的基因频率

思考与讨论

用数学方法讨论基因频率的变化

1. 假设上述昆虫种群非常大,所有的雌雄个体间都能自由交配并产生后代,没有迁入和迁出,自然选择对翅色这一相对性状没有作用,基因A和a都不产生突变,根据孟德尔的分离定律计算:

- (1) 该种群产生的A配子和a配子的比率各是多少?
- (2) 子代基因型的频率各是多少?
- (3) 子代种群的基因频率各是多少?
- (4) 将计算结果填入下表。想一想,子二代、子三代以及若干代以后,种群的基因频率会同子一代一样吗?

2. 上述计算结果是建立在五个假设条件基

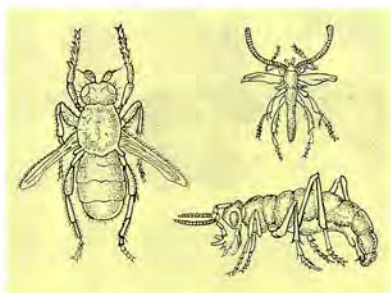
| | | | |
|----------|---------|-----------|---------|
| 亲代基因型的频率 | AA(30%) | Aa(60%) | aa(10%) |
| 配子的比率 | A() | A() a() | a() |
| 子代基因型频率 | AA() | Aa() | aa() |
| 子代基因频率 | A() | | a() |

础上的。对自然界的种群来说,这五个条件都成立吗?你能举出哪些实例?

3. 如果该种群出现新的突变型(基因型为A₂a或A₂A₂),也就是产生新的等位基因A₂,种群的基因频率会变化吗?基因A₂的频率可能会怎样变化?

知识链接

回忆前面所学知识,想一想,染色体数目和结构的变异都能引起种群基因频率的变化吗?



某海岛上残翅和无翅的昆虫

突变和基因重组产生进化的原材料

你已经知道,基因突变在自然界是普遍存在的。基因突变产生新的等位基因,这就可能使种群的基因频率发生变化。

达尔文曾明确指出,可遗传的变异是生物进化的原材料。如果没有可遗传的变异,生物就不可能进化。但是,可遗传的变异是怎样产生的,达尔文限于当时生物学发展水平,不可能做出正确的解释。现代遗传学的研究表明,可遗传的变异来源于基因突变、基因重组和染色体变异。其中,基因突变和染色体变异统称为突变(mutation)。

我们知道,生物自发突变的频率很低,而且突变大多是有利的,那么,它为什么还能够作为生物进化的原材料呢?别忘了,种群是由许多个体组成的,每个个体的每一个细胞内都有成千上万个基因,这样,每一代就会产生大量的突变。例如,果蝇约有 10^4 对基因,假定每个基因的突变率都是 10^{-5} ,对于一个中等大小的果蝇种群(约有 10^8 个个体)来说,每一代出现的基因突变数将是:

$$2 \times 10^4 \times 10^{-5} \times 10^8 = 2 \times 10^7 \text{ (个)}$$

此外,突变的有害和有利也不是绝对的,这往往取决于生物的生存环境。例如,有翅的昆虫中有时会出现残翅和无翅的突变类型,这类昆虫在正常情况下很难生存下去。但是在经常刮大风的海岛上,这类昆虫却因为不能飞行而避免被风吹到海里淹死。

基因突变产生的等位基因,通过有性生殖过程中的基因重组,可以形成多种多样的基因型,从而使种群出现大量的可遗传变异。由于突变和重组都是随机的、不定向的,因此它们只是提供了生物进化的原材料,不能决定生物进化的方向。

探究

自然选择对种群基因频率变化的影响

英国的曼彻斯特地区有一种桦尺蠖,它们夜间活动,白天栖息在树干上。杂交实验表明,桦尺蠖的体色受一对等位基因S和s控制,黑色

(S)对浅色(s)是显性的。在19世纪中叶以前,桦尺蠖几乎都是浅色型的,该种群中S基因的频率很低,在5%以下。到了20世纪中叶,黑色型

的桦尺蠖却成了常见的类型，S基因的频率上升到95%以上。

19世纪时，曼彻斯特地区的树干上长满了地衣。后来，随着工业的发展，工厂排出的煤烟使地衣不能生存，结果树皮裸露并被熏成黑褐色。



长满地衣的树干上的桦尺蠖



黑褐色树干上的桦尺蠖

问题

桦尺蠖种群中s基因（决定浅色性状）的频率为什么越来越低呢？

作出假设

根据前面所学知识作出假设：_____。

讨论探究思路

你可以用创设数字化问题情境的方法来探究。以下问题情境供参考。

创设情境示例（其中数字是假设的）：1870年，桦尺蠖种群的基因型频率如下：SS10%，Ss20%，ss70%，S基因的频率为20%。在树干变黑这一环境条件下，假如树干变黑不利于浅色桦尺蠖的生存，使得种群中浅色个体每年减少10%，黑色个体每年增加10%。第2~10年间，该种群每年的基因型频率是多少？每年的基因频率是多少？

提示：①基因型频率=该基因型个体数/该种群个体总数

②不同年份该种群个体总数可能有所变化。

制定并实施探究方案

1. 创设数字化的问题情境。
2. 计算，将计算结果填入表中（如下表）。

| | | 第1年 | 第2年 | 第3年 | 第4年 | …… |
|-------|----|-----|-------|-----|-----|----|
| 基因型频率 | SS | 10% | 11.5% | | | |
| | Ss | 20% | 22.9% | | | |
| | ss | 70% | 65.6% | | | |
| 基因频率 | S | 20% | 23% | | | |
| | s | 80% | 77% | | | |

3. 根据计算结果，对环境的选择作用的大小进行适当调整，比如，把浅色个体每年减少的数量百分比定高些，重新计算种群基因型频率和基因频率的变化，与步骤2中所得数据进行比较。

分析结果，得出结论

分析计算结果，是否支持你作出的假设，得出结论。

讨论

1. 树干变黑会影响桦尺蠖种群中浅色个体的出生率吗？为什么？
2. 在自然选择过程中，直接受选择的是基因型还是表现型？为什么？

自然选择决定生物进化的方向

在自然选择的作用下,具有有利变异的个体有更多的机会产生后代,种群中相应基因的频率会不断提高;相反,具有不利变异的个体留下后代的机会少,种群中相应基因的频率会下降。因此,在自然选择的作用下,种群的基因频率会发生定向改变,导致生物朝着一定的方向不断进化。



练习

一、基础题

1. 下列生物群体中属于种群的是:

- A. 一个湖泊中的全部鱼;
- B. 一个森林中的全部蛇;
- C. 卧龙自然保护区中的全部大熊猫;
- D. 一间屋中的全部蟑螂。

答 []

2. 某一瓢虫种群中有黑色和红色两种体色的个体,这一性状由一对等位基因控制,黑色(B)对红色(b)为显性。如果基因型为BB的个体占18%,基因型为Bb的个体占78%,基因型为bb的个体占4%。基因B和b的频率分别是:

- A. 18%、82%; B. 36%、64%;
- C. 57%、43%; D. 92%、8%。

答 []

3. 一种果蝇的突变体在21℃的气温下,生存能力很差,但是,当气温上升到25.5℃时,突变体的生存能力大大提高。这说明:

- A. 突变是不定向的;
- B. 突变是随机发生的;
- C. 突变的有害或有利取决于环境条件;
- D. 环境条件的变化对突变体都是有害的。

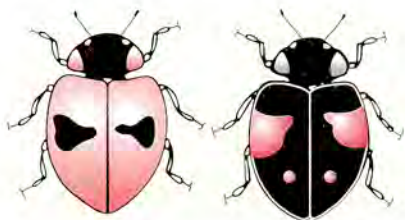
答 []

4. 如果没有突变,进化还能够发生吗?为什么?

二、拓展题

1. 举出人为因素导致种群基因频率定向改变的实例。

2. 如果将一个濒临绝灭的生物的种群释放到一个新环境中,那里有充足的食物,没有天敌,这个种群将发生怎样的变化?请根据所学知识作出预测。



二 隔离与物种的形成

曼彻斯特地区的桦尺蠖，虽然基因频率发生了很大变化，但是并没有形成新的物种。为什么说它们没有形成新的物种？怎样判断两个种群是否属于一个物种？

物种的概念

在遗传学和进化论的研究中，把能够在自然状态下相互交配并且产生可育后代的一群生物称为一个物种(species)，简称“种”。也就是说，不同物种之间一般是不能相互交配的，即使交配成功，也不能产生可育的后代，这种现象叫做生殖隔离(reproductive isolation)。例如，马和驴虽然能够交配，但是产生的后代——骡(图7-8)是不育的，因此，马和驴之间存在着生殖隔离，它们属于两个物种。

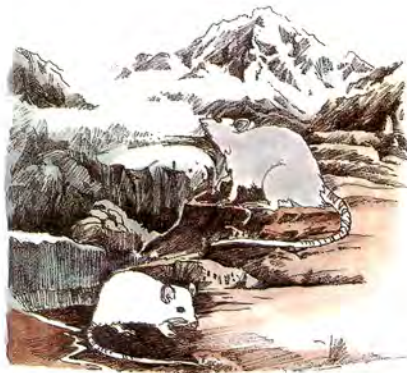
在自然界，同一物种的个体并不都是生活在一起的。由于高山、河流、沙漠或其他地理上的障碍，每一个物种总是分成一个一个或大或小的群体，这些群体就是不同的种群，比如两个池塘中的鲤鱼就是两个种群。同一种生物由于地理上的障碍而分成不同的种群，使得种群间不能发生基因交流的现象，叫做地理隔离(geographical isolation)。

隔离在物种形成中的作用

不同种群间的个体，在自然条件下基因不能自由交流的现象叫做隔离(isolation)。上面所说的地理隔离和生殖隔离，都是常见的隔离类型。下图是一个假想的情境，可以帮助你想像和思考。



在一个山谷中，有一个鼠种群在“快乐”地生活着。雌鼠和雄鼠之间可以自由交配，繁衍后代。后来山洪暴发了，山谷中形成一条汹涌的大河。鼠种群的个体，一半在河这边，一半在河那边。就这样过了几千年。



后来，河流干涸了，两个鼠种群又会合在一起。它们发现彼此大不相同。它们之间还能自由交配吗？

本节聚焦

- 什么是物种？
- 什么是地理隔离？什么是生殖隔离？
- 隔离在物种形成中起什么作用？



图 7-8 骡



资料分析

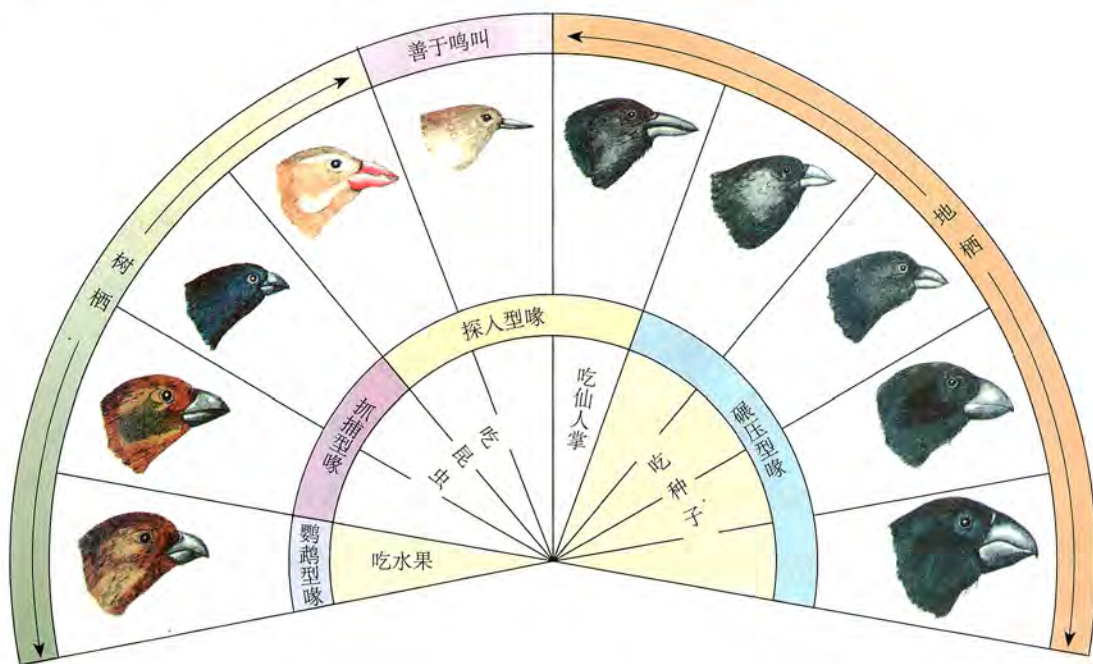
隔离在物种形成中的作用

这是达尔文在环球考察中观察到的现象。在加拉帕戈斯群岛生活着13种地雀。这些地雀的喙差别很大,不同种之间存在生殖隔离。而在辽阔的南美洲大陆上,却看不到这13种地雀的踪影。

加拉帕戈斯群岛位于南美洲附近的太平洋中,由13个主要岛屿组成,这些岛屿与南美洲大陆的距离在160~950 km之间。不同岛屿的环

境有较大差别,比如岛的低洼地带,布满棘刺状的灌丛;而在只有大岛上才有的高地,则生长着茂密的森林。

这些岛屿是500万年前由海底的火山喷发后形成的,比南美洲大陆的形成晚得多。因此,可以推测这些地雀的共同祖先来自南美洲大陆,以后在各个岛屿上形成不同的种群。



讨论:

1. 设想南美洲大陆的一种地雀来到加拉帕戈斯群岛后,先在两个岛屿上形成两个初始种群。这两个种群的个体数量都不多。它们的基因频率一样吗?

2. 不同岛屿上的地雀种群,产生突变的情

况一样吗?

3. 对不同岛屿上的地雀种群来说,环境的作用有没有差别?这对种群基因频率的变化会产生什么影响?

4. 如果这片海域只有一个小岛,还会形成这么多地雀吗?

加拉帕戈斯群岛的地雀是说明通过地理隔离形成新物种的著名实例。这些地雀的祖先属于同一个物种,从南美洲大陆迁来后,逐渐分布到不同的岛屿上。由于各个岛上的地雀种群可能会出现不同的突变和基因重组,而一个种

群的突变和基因重组对另一个种群的基因频率没有影响。因此,不同种群的基因频率就会发生不同的变化。由于各个岛上的食物和栖息条件互不相同,自然选择对不同种群基因频率的改变所起的作用就有差别:在一个种群中,某些基因被保留下来,在另一个种群中,被保留下来的可能是另一些基因。久而久之,这些种群的基因库就会形成明显的差异,并逐步出现生殖隔离。生殖隔离一旦形成,原来属于一个物种的地雀,就成了不同的物种。由此可见,隔离是物种形成的必要条件。

物种形成本身表示生物类型的增加。同时,它也意味着生物能够以新的方式利用环境条件,从而为生物的进一步发展开辟新的前景。

? 被子植物的出现为传粉昆虫的形成创造了条件,后者又成为食虫鸟类繁盛的前奏。你还能举出其他例子吗?



练习

一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

(1) 发生在生物体内的基因突变,有可能使种群的基因频率发生变化。 ()

(2) 两个种群间的生殖隔离一旦形成,这两个种群就属于两个物种。 ()

(3) 物种大都是经过长期的地理隔离,最后出现生殖隔离而形成的。 ()

2. 大约1万年前,一条河流将生活在美国科罗拉多大峡谷的 Abert 松鼠分隔成两个种群,其中生活在峡谷北侧的种群在体色和形态等方面都发生了明显变化,人们叫它 Kaibab 松鼠。至于 Kaibab

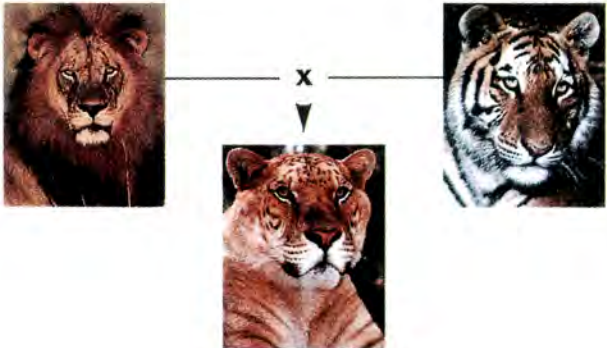
松鼠是一个独立的物种还是一个亚种,目前还没有定论。请详细说明这两个种群发生明显分歧的原因,并预测它们的进化趋势。

二、拓展题

你听说过狮虎兽或虎狮兽吗?

它们的父母分别是什么动物? 如果它们发育到成年,彼此能进行交配并产生可育的后代吗?

在自然界,狮和虎是不可能相遇的。在动物园里,一般也将这两种动物分开圈养。近年来才出现将它们的幼崽放在一起饲养的做法,目的是获得有观赏价值的杂交后代,你对这种做法有什么看法?





技能训练

分析图解

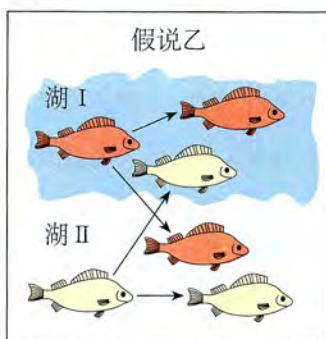
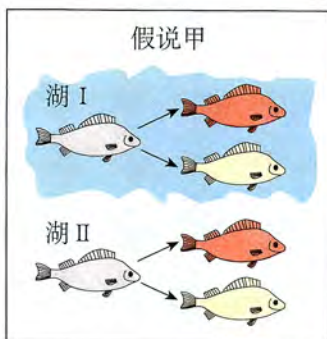
某研究小组研究了某地的两个湖泊。这一地区有时会发洪水。每个湖中生活着两种相似的鱼：红褐色的和金黄色的。他们不清楚这两种鱼之间的关系，于是作出两种假设，如图所示。

1. 在假说甲和假说乙中，湖泊 I 和湖泊 II 中的两种鱼的祖先各是哪种鱼？

2. 关于红褐色鱼和金黄色鱼种群的形成，假说甲和假说乙的主要区别是什么？

3. DNA 分析表明，湖泊 I 中红褐色鱼与湖泊 II 中的红褐色鱼亲缘关系最近，这一证据支持哪个假说？

4. 什么证据可以帮助你确定湖泊 I 中的红褐色鱼和金黄色鱼不是一个物种？



与生物学有关的职业

化石标本的制作人员

工作描述：工作环境主要是自然博物馆、大学或科研单位的古生物研究室，主要任务是将化石从岩石中剥离出来，对于缺失的部分进行修复。

学历要求：生物学或地质学专业本科以上学历。

需要具备的素质：具有较广博的自然科学知识，具有在显微镜下运用工具进行精细操作的能力。由于化石往往不够完整而且易碎，整理和拼接过程中要有足够的耐心、一丝

不苟的工作态度以及丰富的想像力。

从事这项工作要同许多人打交道，从化石发掘人员到古生物学家，因此，还需要有良好的人际沟通能力。

职业乐趣：化石标本的制作过程可能有些枯燥，但是，当你看到通过自己的双手，使一个几百万年前乃至几千万年前的生物又栩栩如生地重现于世时，该是何等的愉悦！



三 共同进化与生物多样性的形成

共同进化

任何一个物种都不是单独进化的。达尔文曾发现一种兰花长着细长的花矩 (spur)，花矩的顶端贮存着花蜜，可以为传粉的昆虫提供食物。达尔文认为，这种花的形成绝不是偶然的，肯定存在这样的昆虫，它们生有同样细长的吸管似的口器，可以从花矩中吸到花蜜。否则，这种花就不能很好地完成传粉，这一物种也就不可能存在。大约 50 年以后，研究人员果然发现了这样的蛾类昆虫 (图 7-9)。

在自然界，一种植物专门由一种昆虫传粉的情形并不少见。想一想，昆虫传粉的专门化对植物繁衍后代有什么意义？你还能提出什么问题吗？

你一定看过电视上猎豹追捕斑马的镜头 (图 7-10)。自然选择有利于斑马种群中肌肉发达、动作敏捷的个体，同样也有利于猎豹种群中跑得快的个体。这两个物种的进化过程宛如一场漫长的“军备竞赛”。



图 7-10 猎豹追捕斑马

你想过没有，捕食者的存在是否对被捕食者有害无益？实际上，捕食者所吃掉的大多是被捕食者中年老、病弱或年幼的个体，客观上起到促进种群发展的作用。此外，捕食者一般不能将所有的猎物都吃掉，否则自己也无法生存，这就是所谓“精明的捕食者”策略。

关于捕食者在进化中的作用，美国生态学家斯坦利 (S.M. Stanley) 提出了“收割理论”：捕食者往往捕食个体数量多的物种，这样就会避免出现一种或少数几种生物在生态系统中占绝对优势的局面，为其他物种的形成腾出空间。捕食者的存在有利于增加物种多样性。

本节聚焦

- 什么是共同进化？
- 为什么说生物多样性是进化的结果？
- 生物进化理论仍然在发展吗？



图 7-9 某种兰花和专门给它传粉的蛾

► 与社会的联系

“精明的捕食者”策略对人类利用生物资源有什么启示？



图 7-11 生物进化的历程示意图

不仅不同种生物之间在进化上密切相关，生物的进化与无机环境的变化也是相互影响的。例如，地球上原始大气中是没有氧气的，因此，最早出现的生物都是厌氧（进行无氧呼吸）的；最早的光合生物的出现，使得原始大气中有了氧气，这就为好氧生物的出现创造了前提条件。

不同物种之间、生物与无机环境之间在相互影响中不断进化和发展，这就是共同进化（coevolution）。通过漫长的共同进化过程，地球上不仅出现了千姿百态的物种，而且形成了多种多样的生态系统。

生物多样性的形成

你已经知道，生物多样性主要包括三个层次的内容：基因多样性、物种多样性和生态系统多样性。生物多样性的形成经历了漫长的进化历程（图 7-11）。



思考与讨论

仔细观察图 7-11，就以下问题进行讨论。

1. 最早出现的生物是哪一类生物？它们生活在什么环境中？
2. 多细胞生物大约是什么时期出现的？它们生活在什么环境中？

3. 最早登陆的生物是植物还是动物？为什么？
4. 同今天你所看到的地球相比，寒武纪时地球上的生态系统有什么特点？
5. 恐龙是什么时候绝灭的？物种绝灭对生物多样性会产生怎样的影响？

了解这一进化历程的主要依据是化石。就目前所掌握的证据来看,最早的生物化石是距今35亿年前的古细菌化石(图7-12)。在此之后的大约20亿年的漫长岁月中,地球上的生物主要是海洋中的种数不多的蓝藻和细菌,它们都是原核生物。这一时期的生态系统是只有生产者和分解者的两极生态系统。在距今大约15亿年前,真核生物出现之后,有性生殖作为一种新的繁殖方式出现了。生物通过有性生殖,实现了基因的重组,这就增强了生物变异的多样性,生物进化的速度明显加快。在距今约5.7亿~5.0亿年前的寒武纪,海洋中有大量的无脊椎动物物种爆发式地迅速形成,这就是著名的寒武纪大爆发。大量的动物构成了生态系统的第三极——消费者,这一方面使生态系统具有更加复杂的结构,另一方面对植物的进化产生重要影响(图7-13)。

同热闹非凡的海洋生物世界相比,当时的陆地上却几乎没有生物。大约在距今4亿年前,由于造山运动使海洋缩小,陆地扩大,一些海洋植物开始适应陆地生活,形成原始的陆生植物,主要是蕨类植物(图7-14)。随后才出现了适应陆地生活的动物——原始的两栖类。生物的登陆改变着陆地的环境,陆地上复杂的环境又为生物的进化提供了广阔的舞台,裸子植物和被子植物先后扮演生产者中的主角,鸟类、哺乳类等成为地球上占优势的动物类群,复杂多样的陆地生态系统逐渐形成。

在进化过程中,许多物种由于不适应环境的变化而绝灭了。例如,在中生代“统治”地球达1亿年之久的各种恐龙,由于目前尚未定论的原因,在白垩纪末全部绝灭。恐龙的绝灭为哺乳类的兴盛腾出了空间,使生物进化翻开了崭新的一页。



图7-12 古细菌化石



图7-13 寒武纪的海洋生物类群想像图



图7-14 4亿年前陆地景观想像图

与社会联系 家禽、家畜是人工培育的物种。城市生态系统和农田生态系统是人工或半人工的生态系统。人类越来越多地影响生物的进化和生物多样性。你还能举出其他实例吗？人类应该控制自身对生物进化的影响力吗？

► 相关信息

自1984年开始，在我国云南省澄江县，陆续发现了大量寒武纪早期（约5.3亿年前）的化石，其中包括藻类、海绵动物、腔肠动物以及大量现已绝灭的无脊椎动物类群。这些发现不但证实了“寒武纪大爆发”事件，而且为研究生物进化提出了不少新课题。

生物进化理论在发展

有些学者的研究表明，基因突变对生物适应性的影响并不是非益即害或非害即益的，大量的基因突变是中性的，自然选择对这些基因突变不起作用，这些基因突变经过长期积累，会导致种群间遗传物质出现较大的差别。因此有人主张，决定生物进化方向的是中性突变的逐渐积累，而不是自然选择。更多的学者则认为，基因突变并不都是中性的，有些基因突变反映在个体的性状上，与环境相适应的程度有差异，因此，不能否认自然选择的作用。

根据许多物种是在短时间内迅速形成的现象，有人提出物种形成并不都是渐变的过程，而是种群长期稳定与迅速形成新种交替出现的过程。关于生物进化的争论和疑点还有许多。

总之，生物的进化是如此复杂，现有的进化理论所不能解释的问题比已经解释的问题还要多。在这些理论中，以自然选择学说为核心的进化理论比其他学说的影响要广泛和深远，它仍然是以后各个方面研究的基础。同其他科学理论一样，生物进化理论不会停滞不前，而是在不断发展。



练习

一、基础题

1. 判断下列表述是否正确。

(1) 一个物种的形成或绝灭，会影响到若干其他物种的进化。 ()

(2) 物种之间的共同进化都是通过物种之间的生存斗争实现的。 ()

(3) 生物多样性的形成也就是新的物种不断形成的过程。 ()

2. 地球上最早出现的生物是：

- A. 单细胞生物，进行有氧呼吸；
- B. 多细胞生物，进行有氧呼吸；
- C. 单细胞生物，进行无氧呼吸；
- D. 多细胞生物，进行无氧呼吸。

答 []

3. 为什么说有性生殖的出现加快了生物进化的步伐？

二、拓展题

1. 假如生物物种之间没有一定的关系(如亲缘关系和相互影响),也不随时间而改变,那么我们的生物学观点会发生怎样的变化?生物学是更容易学习还是更难学习?

2. 用一位学者的话说,共同进化就是“生态的舞台,进化的表演”(The ecological theater and evolutionary play)。根据本节所学内容,谈谈你对这句话的理解。



科学·技术·社会

理想的“地质时钟”

我们知道研究不同年代形成的地层中的化石,可以获得生物进化的最好证据。那么,当人们获得一块生物化石以后,是怎样测算出它是多少年前形成的呢?放射性同位素的发现,使人们找到了理想的“地质时钟”。

科学家发现,在同年代形成的岩石中,所含铅和铀的比例是相同的。这是为什么呢?原来,岩石中的铅是由铀逐渐衰变形成的。铅的相对原子质量是207,放射性铀的相对原子质量是238。铀(^{238}U)具有不稳定的原子核,能够自行放射出射线,最后衰变成质量较轻、稳定的元素铅(^{206}Pb)。这种衰变的速率不受环境(如温度、湿度、压力等)的影响。放射性同位素在一定的单位时间内衰变一半,这个单位时间叫做半衰期。例如, ^{238}U 的半衰期是45亿年, ^{14}C 的半衰期是5730年。假如现在将1百万个 ^{238}U 原子密封在一个玻璃瓶中,那么,45亿年后,就有50万个 ^{238}U 原子衰变成铅,这个玻璃瓶中将只有50万个 ^{238}U 原子,再过45亿年,



将只剩下25万个 ^{238}U 原子。因此,测定化石中所含的 ^{238}U 和 ^{206}Pb 的比例,我们就可以知道这块化石大约是在什么时候形成的。同样的道理,测定了化石中 ^{14}C 和 ^{12}C 的比例,也可以知道化石中的生物所生存的年代。

用 ^{14}C 作“地质时钟”,测定的化石如果是五六万年以前的,结果就不可信了。想一想这是为什么?

读了这篇文章,你对学科之间的交叉、科学与技术的关系有什么新的认识?

本章小结

拉马克认为,生物是不断进化的;生物进化的原因是用进废退和获得性遗传。达尔文在大量观察的基础上提出自然选择学说,其要点是:生物都具有过度繁殖的倾向,而资源和空间是有限的,生物要繁衍下去必须进行生存斗争;生物都有遗传和变异的特性,具有有利变异的个体就容易在生存斗争中获胜,并将这些变异遗传下去;出现不利变异的个体则容易在生存斗争中被淘汰。经过长期的自然选择,微小的变异不断积累,不断形成适应特定环境的新类型。

随着科学的发展,人们对生物进化的认识不断深入,形成了以自然选择学说为核心的现代生物进化理论,其主要内容是:种群是生物进化的基本单位;突变和基因重组提供进化的原材料,自然选择导致种群基因频率的定向改变;通过隔离形成新的物种;生物进化的过程实际上是生物与生物、生物与无机环境共同进化的过程,进化导致生物的多样性。

关于生物进化的原因,目前仍存在着不同的观点。有人认为大量的基因突变是中性的,导致生物进化的是中性突变的积累而不是自然选择;有人认为物种的形成并不都是渐变的,而是物种长期稳定与迅速形成新种交替出现的过程。生物进化的理论仍在发展。

达尔文在科学上的成就得益于大量仔细的观察和严谨的逻辑推理。现代生物进化理论的形成是种群遗传学、古生物学等多学科知识综合的结果,数学方法的运用也起到重要作用。

生物进化理论深刻地改变了人们对自然界的看法,为辩证唯物主义观点奠定了生物学基础,也帮助人们正确地看待自己在自然界的地位,建立人与自然和谐发展的观念。

生物进化理论发展的历史和现状表明,科学的基本特点是以怀疑作审视的出发点,以实证为判别尺度,以逻辑作论辩的武器。科学是一个动态的过程,在不断地怀疑和求证、争论和修正中向前发展。

自我检测

一、概念检测

判断题

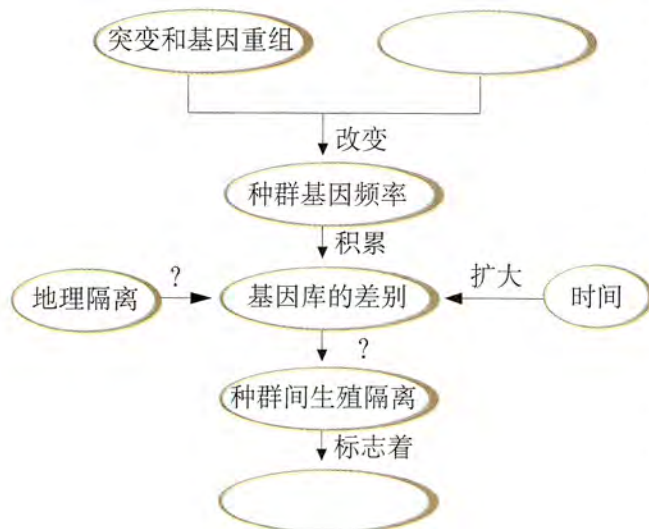
1. 人的某一器官用得越多，就会越发达，反之就会退化；由于使用多少而产生的变异是可以遗传的。 ()
2. 生物受环境影响而产生的变异都是不能遗传的。 ()
3. 在环境条件保持稳定的前提下，种群的基因频率不会发生变化。 ()
4. 地理隔离可能导致生殖隔离。 ()

选择题

1. 下列哪项对种群的基因频率没有影响？
A. 随机交配； B. 基因突变；
C. 自然选择； D. 染色体变异。
答 []
2. 生态系统多样性形成的原因可以概括为：
A. 基因突变和重组； B. 自然选择；
C. 共同进化； D. 地理隔离。
答 []

画概念图

在下图中空白框和问号处填写适当的名词。

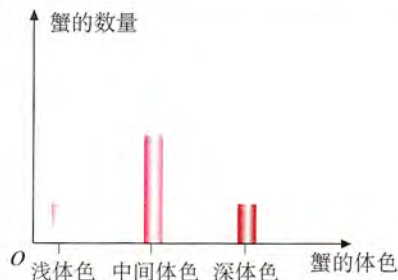


二、知识迁移

1. 植物学家在野外调查中发现，在一片草原上有两个相邻的植物种群，它们的植株形态并不相同，花的颜色也不一样，但是，在这两个种群相遇处，它们却产生了能育的杂交后代。你认为这两个不同的植物种群属于同一个物种吗？
2. 在20世纪40年代，DDT开始被用做杀虫剂，起初非常有效。若干年以后，人们发现它的杀虫效果越来越差。人们的解释是昆虫产生了抗药性。请你运用本章所学知识，对昆虫产生抗药性作出进一步的解释。

三、技能应用

科学家对某地一种蟹的体色的深浅进行了研究，结果如图所示。不同体色个体的数量为什么会形成这样的差别呢？请提出假说进行解释。



四、思维拓展

1. 在进化地位上越高等的生物，适应能力越强吗？请说明你的观点和证据。
2. 与同种或类似的野生种类相比，家养动物的变异较多（例如狗的变异比狼多）。对此你如何解释？
3. 有关资料称孟德尔曾经给达尔文写过一封信，信中说明了自己通过豌豆杂交实验所得出的结论。但是，这封信没有引起达尔文的重视，他甚至都没有将信封拆开。假如达尔文拆阅了这封信，并接受了孟德尔的理论，他会对自己的自然选择学说做怎样的修改？设想你就是当年的达尔文，请给孟德尔写一封回信。

后 记

根据教育部制订的普通高中各科课程标准(实验),人民教育出版社课程教材研究所编写的各学科普通高中课程标准实验教科书,得到了诸多教育界前辈和各学科专家学者的热情帮助和大力支持。在各学科教科书终于同课程改革实验区的师生见面时,我们特别感谢担任教科书总顾问的丁石孙、许嘉璐、叶至善、顾明远、吕型伟、王梓坤、梁衡、金冲及、白春礼、陶西平同志,感谢担任教科书编写指导委员会主任委员的柳斌同志和编写指导委员会委员的江蓝生、李吉林、杨焕明、顾泠沅、袁行霈等同志,并在此感谢所有对本套教材提出修改意见、提供过帮助和支持的专家、学者、教师和社会各界朋友。

为了保证本书的实验和探究等学生活动切实可行,湖北省教学研究室、武汉市教育科学研究院、华中师范大学第一附属中学、武汉市外国语学校、湖北省实验中学、武钢三中、湖北省黄冈高级中学、武汉市十一中、武汉市三中等做了大量的研究准备工作,在此一并表示感谢。

我们还要感谢使用本套教材的实验区的师生们。希望你们在使用本套教材的过程中,能够及时把意见和建议反馈给我们,对此,我们将深表谢意。让我们携起手来,共同完成教材建设工作。我们的联系方式如下:

电 话: 010-58758356

E-mail: jcfk@pep.com.cn

人民教育出版社 课程教材研究所
生物课程教材研究开发中心