

# 人类生态学中的主要角色——生物多样性

## Biodiversity as a Major Role to the Human Ecology

吴征镒

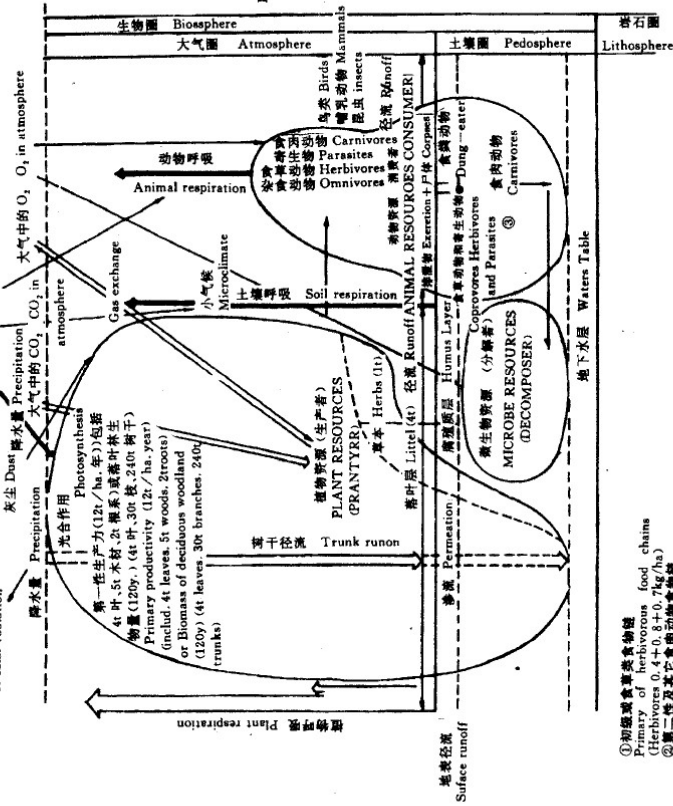
(中国科学院昆明植物研究所, 650204)

生物多样性是活有机体的基本特征之一。它和生殖 Reproductivity、进化 Evolution 以及群居性 Sociability 一样,都是从其母体、无机世界进化而来,而且更为先进的。以此,分化成为植物、动物、微生物和人类的活物都是生命物质在其进化过程中的自然产物。一句话,生物多样性(Biodiversity or Biological Diversity)意味着活有机体本身和它们赖以生存的生态复合体的多样性和变异性。精确地说,生物多样性是生物种,每个种中的遗传变异以及它们生存环境的总和,包括所有有机体的种,所有种的所有基因以及所有由它们和它们所处的生存环境相联系的生态系统。我们可以认识到它,并且可以从宏观或微观角度,按三到五个不同水平或不同层次来认识,即:生态系统多样性、群落多样性、物种多样性、细胞学多样性和基因多样性,然而,从实体的或实质的意义上说,最重要和最基本的却是物种多样性。作为所有的基因、物种和生态系统的多样性的总和,其具有现实的和潜在的价值即是生物资源,它是生物多样性的物质表现,也是人类生存的物质基础。愈来愈多的各种各样的活物已被评价成为人类生存和国家经济发展提供食物、药品、工业用和能源用的原料及加工的生活物质。然而,有生命物质,包括植物、动物、微生物和人类,连同它的环境,即大气层、水和土壤一起,在生物圈中总是组成一个互相依存、互相制约的循环系统(生态系统)。图1示我们所见到的最完整的比利时落叶林生态系统的形式和功能的图解,遗憾的是,这个图解未能表现出已严重存在的人类的影晌和作用。在这个系统中,植物,特别是绿色高等植物,几乎是唯一的第一性生产者,同时动物形成第二性、第三性或更高级的生产者,但同时也是愈来愈高级的从消费植物开始的消费者。微生物,除去其自然性质是更多作为消费者,更少作为生产者以外,在生态系统中主要是作为分解者或降解者(reducer or decomposer)这样的重要角色。如不这样,生物圈或许要被不同种类生物的尸体和垃圾所填满。但是人类,自从他进化成智人 Homo sapiens (同时是“能人”Homo “energetica”),在任何生态系统中都形成了第四个方面,并且逐渐取得了一个中心位置。当代,任何一个生态问题都是和人类生态密切相联系的。人类能在每一个生态系统中作为一个协调者 coordinator,正如他在同一系统中正在成为一个破坏者 destroyer 一样,仅仅根据他在开发和利用生物资源中采取什么战略和采用什么生态学方法。因为人类既是世界上食物和能量的最大消费者 consumer,但与此同时,他们也是世界上前所未有的最大而最有效的食物和能量的生产者 producer,因为他们能根据他们自己的需要“栽培”(广义的,包括养殖、培养、教育等等)任何一种可再生资源,使之不断再生并不断进化。归根结

太阳辐射 SOLAR RADIATION

光能 Light energy ( $9 \times 10^{14}$  cal/ha, year)

太阳辐射的反射率  
Rate of reflection of solar radiation



- ① 初级生产者食物链 (Herbivores 0.1-0.5 kg/ha)
- ② 第二级及其它食物链 (Secondary and other carnivorous food chains (Small animals 5kg/ha))
- ③ 寄生/腐生食物链 (Parasitic/saprophytic food chains (Soil flora 0.3t, Soil fauna 1t))

图1 比利时落叶林生态系统的形式及功能(根据比利时,档案 23, 依 Joy Tivy 1977 和 H. Walter 1977, 略加变动)

Diagrammatic representation of form and function of deciduous forest ecosystem in Belgium (Combined Documentation 23. Belgium. after Joy Tivy, 1977, with H. Walter, 1979, modified)

底,在不同的可再生能源中,绿色高等植物属于一个最重要的类群,因为它能直接并且永续利用太阳能,为每一种有生命物质制造食物和环境,而且植物还能把太阳能固定下来,保存于不同形式和水平上。因此合理利用和保护植物资源必将成为解决当前六大人类生态危机的关键所在。我们人类现在面临的这六大危机,就是能源耗费,资源枯竭,人口爆炸,食物(和水)短缺,环境退化和生态平衡失调。所有这些问题也都是互相依存和互相制约的,是同一问题的不同表现形式和不同发育阶段。这同一个问题就是为什么我们不作为一个植物栽培者 cultivator 而仅仅作为一个植物的消费者,甚至作为一个破坏者?当我能感觉到未来世界正在愈来愈面临人类和植物界矛盾的时候,我同时也为人类愈创造出合理利用植物资源的方法而受到感动,当我们在每一个生态系统中正在利用植物作为一个工具来调控或协调其中出现的不平衡的时候,无论如何,我将永远是个乐观主义者。

从地质时期直到现在,没有绿色植物(特别是高等植物),就意味着没有任何生命,进一步说,也就没有现在的人类社会。当植物的增殖率(尤其是森林树种),在“植口论”plant demography 的意义上是大于和快于人类和其它生物对它的消耗率时,那么,全球的生态系统就能保持在良性循环状态,但如果相反,就将被作为大自然对我们报复的恶性循环所控制。不同气候带上的过度砍伐森林,草地和草原、甚至荒漠的过度放牧,以及地球表面上任何一种不合理的清除植被,都将使我们赖以生存和发展的环境愈来愈坏,因而相继或甚至同时而严重地引起六大生态危机,随之是相当多的生物种的灭绝,甚至包括我们“智人”自己。所以任何生态系统中的演替,不仅意味着植物群落本身的演替,也意味着同一生态系统中各个成员的系列和连续的变化。唯一防止退化的解决办法就在于合理开发利用植物资源的合理化方法。

那么“合理化”包含着什么?我们怎样才能“合理化”呢?首先我认为,合理开发、利用生态资源和保护特别植物资源正是人类和大自然长期斗争中产生的唯一“合理”结果,在那场斗争中,大自然方面,植物界其实是最高统帅。人类和植物界中间所达成的妥协程度可能就是“合理化”方法的唯一衡量尺度。这场斗争经历了从原始的经济需求出发要求建立一个原始的农业系统开始的无穷无尽的过程。历史地看,出现过和不同社会阶段大体一致的一系列农林综合系统的渐进化。在最初的氏族社会中,人们只能集体或个人地猎取野生动物、捕鱼、拾贝等等来维持肚皮不空瘪,伴以采集或挖掘可食的(有时药用的)植物,主要是森林中的薯类和野果,而后才是林间空隙或附近草原中的谷物。当时人类的食性和任何野生杂食性的猿猴或其它动物相去不远,然而这是人类开始认识生物多样性以及它所形成的生物资源的开始。而后游牧社会发展了,刀耕火种的农业制度(游农)也同时形成了。人们试着以相当原始的方式栽培作物和饲养家畜,但无论如何他们已经开始了“栽培者”cultivator 的生涯,而毕竟不仅是作为消费者和(或)破坏者,然后文化 culture 也就开始了。在奴隶制和封建制社会中,农业达到了大得多的规模,而年产量也就愈来愈高。种植业由于发展了灌溉系统,建立了梯田和其它精耕细作的农业方法而继续前进,后者看来更被广泛地采用并有了深刻变化而成为个体农民的小农业,直等到农奴或雇农和佃农都逐渐从奴隶主和地主那里被解放出来。集体农庄或资本主义大农场则在技术上或许会殊途同归,其区别仅仅是所有制的完全不同而已。我们认为,近代化大农业就是他们的共同目标。但近代农业又将如何下定义呢?我们到现在所知道的是近代化农业是向生态经济

目的出发的,正在应用各种近代化科学栽培方法,并且将要以一个三向发展的大农业为基础,那就是,农业(在其最广义上,包括园艺、果树园艺等等)和同样广义的牧业(包括养蚕业、养蜂业等等)、林业、副业(主要是森林副产品)和渔业结合在一起。它们将从生态学和经济学两方面相互结合,尽可能多地应用各种各样从各个不同层次的生物多样性而来的生物资源,但其核心是农林综合系统(一译混农林系统 Agroforestry),是从各种不同的生物多样性引发的可再生生物资源的生态组合,但是以农业和林业为形式而以植物资源为主要角色的生态组合(图2)。

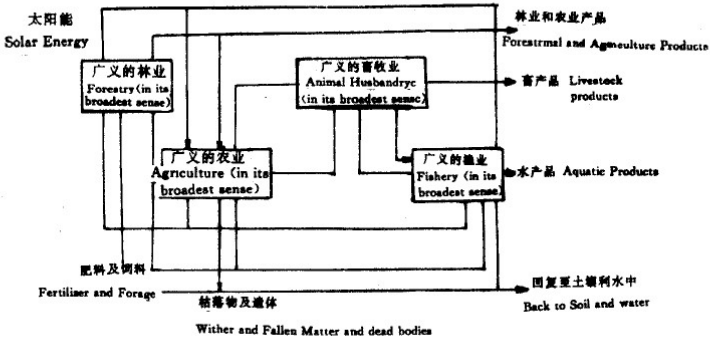


图2 林、农、牧、渔业生态系统工程的初步模式  
(按马世骏和李松华,1987)

Fig. 2 A Primary model of eco-systematical engineering of forestry, agriculture

husbandry and fishery (after S. J. Ma et S. H. Li, 1987)

合理方法将会逐步形成,在完全应用各种近代化的和科学的栽培方法的过程中形成。这类方法植根于广大农民的农业生产实践(图3、图4),但只有经过近代化的实验研究才能进一步展开和得到更深更广的应用。除去为育种用的生物工程杂交,为快速繁殖用的细胞工程,种子的超低温处理和其它处理,水栽培和其它无土栽培,喷灌、滴灌等合理灌溉方式,免耕法和空调的密封的人工气候室状的绿色工厂等等以及与沼气相关的发酵工程以外,需要同时并行发展大规模的但是集约经营的,充分运用农业生态工程方法的生态农业,诸如防护林系统和混交造林制度和技术,覆盖植物的应用,为了建立各种作物和经济植物多层多种经营而应用的间作、轮作制度,而最后是人工生态系统,在其中物质和能量都能处于良性循环之中,并经过合理和精细的计算和设计而后建立。尽管前面所述的那些微观试验也能在任何植物研究所中,在特殊的试验站或专业研究所(农业,林业等等)、或大学的许多有关的系中进行,那种成为农业制度关键的宏观研究却可能甚至必需从一个近代化的植物园中开始。那种植物园是和某些自然保护区相联系的,或它们自身就有一个种子库或基因库,在其中能开始对各种具有基因资源和性质的植物进行任何植物种的引种、栽培和驯化试验,当然首先选择的应该是珍贵、稀有和濒危的植物。这样,基因库的合

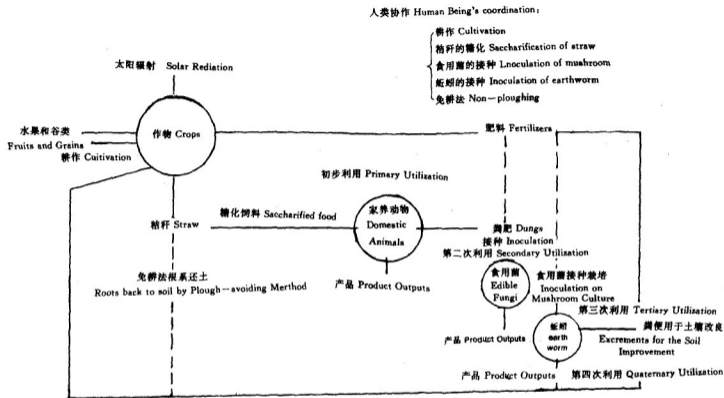


图3 物质和能量的多层次多步骤利用——作物秸秆的重复利用(按马世骏和李松华,1987,稍修改)

Fig. 3 The multistoreyed and multistaged utilization of matter and energy—the repeated utilization of crop straw (after S. J. Ma et S. H. Li, 1987, slightly modified)

环境保护将为未来逐渐发展的各种作物和种植业的生态重组等试验研究打下坚实基础。而这类的试验研究,必须经过生产实践,逐渐扩大规模,形成持续发展的大农业产业,才能在更有效地提高光合效率,更大面积地提高土地资源的单位面积上的产量、质量水平的基础上,逐渐固定整个地球上的土地使用面积,解决持续增长的人类及其不断提高的生活需求,从而使得面积始终有限的自然保护事业得到可靠的保证,并获得巩固和发展而更多的生物种及其基因库,更多典型的生物群落和生态系统也得以相对稳定和持续发展。

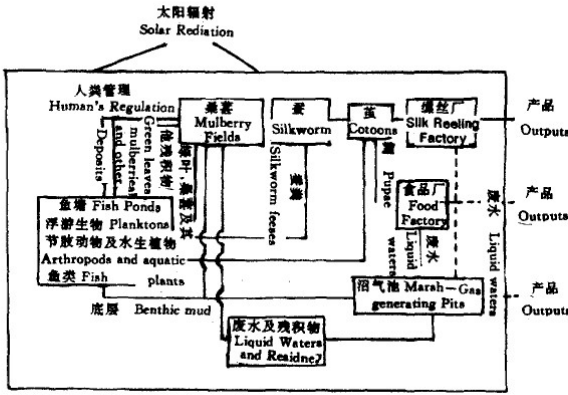


图4 水陆物质交换循环系统

系统是由中国农民很久以前发明的,即所谓桑基—鱼塘或蔗基—鱼塘系统)

(引自马和李,1987,稍修改)

Fig. 4 The matter circulation system of water and land exchange system invented by Chinese Peasants long ago, so-called Mulberry Field—Fish pond or sugarcane field—fish pond system)

(Adapted from Ma and Li, 1987, slightly modified)

有关巴西橡胶树 *Hevea brasiliensis* 的引种和繁殖的历史是上述发展过程的一个很好的例子。当在橡胶树原产地之一,亚马孙河中流的玛瑙斯(Manaus),白粉病几乎毁灭了纯橡胶林种植业的时候,是在英国皇家邱园发展了完备的科学栽培技术,并根据植物地理知识仔细地制订了引入马来亚的方法,从而也经过中国华工的热情和聪明的努力,此后终于使橡胶产业逐步转移到东南亚各地,随之成立了许多橡胶研究所,为的是使这一产业不断获得进步。尽管橡胶树北移到 25°N 并驯化在中国是成功的,然而那是从许多植物学家、气象学家、土壤学家和农学家寻找宜林地,设计大规模的生态农业才开始的,然后在海南和云南的一些专业研究所中发展了一整套的综合栽培技术。但为了解决建立一个热带地区的农业生态系统,在其中橡胶树仅仅是主要作物之一,这样一个课题,则仍然是全世界热带植物园的一个严重责任。由防护林—橡胶树—大叶茶组成的人工植物群落,经过二十几年的试验研究,虽然在云南和海南都已经先后显示了经济、社会和生态效益,但这仅仅

才部分地解答了前述的课题。在废地上重建森林,即如在广东省电白县小良乡在一个经严重破坏后几乎沙漠状的海滨沙地上重建一个亚热带混合经济林和自然混交林也提供了另一个例证。在本来干旱的荒漠和草原地区,如宁夏省沙坡头植物园改造沙漠的综合试验和措施,以及新疆治沙站、内蒙古草原站等一些试验站的工作,也是已经获得初步成功的一些试图。

# 当前生物多样性的急剧下降与 进化历史上的生物类群灭绝的比较

## The Comparison Between the Rapid Decrease of Biodiversity Today and the Extinctions of Biological Groups in Evolutionary History

李靖炎

Jing-yan Li

(中国科学院昆明动物研究所, 昆明, 650223)  
(Kunming Institute of zoology,  
Academia Sinica, Kunming. 650223)

### 1 当前生物多样性的急剧减缩

由于地球上人口不断增多, 野生动植物赖以生存和繁育的森林和荒野的面积不断在缩小, 再加上现代文明所带来的大气污染和水质污染以及人类只顾眼前利益的盲目行为所带来的破坏, 致使世界上的生物多样性现今正在以前所未有的高速度在急剧地缩减着。这种趋势如果任其发展下去, 不仅会大大地影响世界各国的经济建设, 而且终将有一天会危及到人类自身的生存。

在今天, 要想比较精确地估计全世界生物物种的减少速度是不可能的, 因为地球上物种的总数至今也还没有弄清楚, 特别是在低等的动植物和微生物方面。有人估计全世界的物种在 500 万至 5000 万之间。已经有纪录的物种却只有 140 多万种。然而对于当前物种减少的速度作一些粗略的间接的推算却还是可能的。

地球上的生物物种有一半以上(70%左右)是集中在热带森林中。目前全球残存的热带森林大致还有 900 万平方公里, 并且正在以每年 7.6 万—9.2 万平方公里的速度在缩减下去。如此则在 98—118 年以后, 热带森林及其中的全部物种都将从地球上完全消失。如果以地球上现有 1000 万个物种, 其中有 50% 生存于热带森林中来计算, 则在今后的大约 100 年中平均每天将有 116—140 个物种被灭绝。也有人以热带森林每年被砍伐 0.6% 来进行估计。在考虑到森林的自然恢复和人工造林的数量以后, 认为热带森林还可以再存在 177 年。如此则每天平均的物种灭绝数为 77 个。如果按地球上 70% 的物种生存在热带森林进行计算, 数字就会大得多。这还仅只是从热带森林的消亡来估算。如果再加上地球上其它地区的物种灭绝, 数字自然就会更大。当前这样高的物种灭绝速度, 自然是可以与白垩纪与第三纪之交恐龙大灭绝的速度进行比较的。



## 2 进化历史上生物类群的灭绝

在生命进化的历史上已经有无数的物种和类群被灭绝。当某一个类群中的所有物种全都先后或同时灭绝了时,这个类群也就灭绝了

生命的进化是通过剧烈的生存竞争而实现的。具有较强大的生存竞争能力的较为进步的新类型出现以后,生活在同一生态微环境中的生存竞争能力较弱的祖先类型以至其他类型,就会走向衰微以至灭绝。原有的竞争能力较弱的物种或类群的灭绝即是进化的结果,又是生命进化的一种表现。原来占优势的类群的灭绝甚至可能是新兴类群迅速兴旺发达的重要条件,例如恐龙的大灭绝就为哺乳动物的迅速发展创造了条件。新兴类型的出现也可能并不导致原有类型的衰微,而只是增加了类型的多样性。这或者是由于两者实际上过着不同的生活,新兴的与原有的类型并没有剧烈的竞争,也可能是由于新兴类型的生存竞争能力并不比原有的类型的大多少。但无论如何,真正强大的进步是难免会导致生存在同一生态环境中,过着同样的生活的原有类型的灭绝的。

一种生物类群的灭绝通常意味着许多物种先后或同时被灭绝。这就使得我们可以把它们的灭绝跟当前物种多样性的迅速减少加以比较。

生物类群的灭绝可以依据其进行的速度和进程而区分为两类:正常的灭绝和“突然的”灭绝。

正常的灭绝指的是一个类群由于某种原因由兴盛走向衰微,终而至于灭绝的过程。这个过程通常进行得非常缓慢,从而会延续很长的时间(有时会有个别的子遗在特殊的环境下一直延续至今,例如喙头类爬行动物中的喙头蜥)。正常的类群灭绝大量地发生于生命进化的历史中。可以用原始的无颌脊椎动物的发生、发展和灭绝作为一个例证。它们的化石最早出现于奥陶纪。它们在志留纪和泥盆纪早期达到兴盛的顶点,之后即在从志留纪后期开始发展的原始有颌脊椎动物(棘鱼类、节颈鱼类等)和在泥盆纪之初开始发展起来的其他鱼类的强大竞争下逐步走向衰微,终而至于在泥盆纪与石炭纪之交灭绝,而仅留下了七鳃鳗和盲鳗作为子遗。

“突然的”灭绝实际上指的是这样一种现象:某种生物类群从化石资料上看正处在兴盛时期或正在走向兴盛,但是在相邻的下一个时期的地层中却完全失去了踪迹。这种突然的消失自然是会令人感到惊愕和不解的。碰到这种现象,照例会有人企图用自然界中的某种急剧的灾变来加以解释。但是这往往是说不通的。其实更可能的是它们遇到了某种或某些新兴的强大竞争对手,由于无法与之抗衡,很迅速地就衰亡和灭绝了,以致于在地层中难以留下踪迹。举例来说,在泥盆纪晚期还占居统治地位的原始有颌脊椎动物节颈鱼类,到泥盆纪与石炭纪之交就完全失去了踪影。这就很难用自然界中的某种灾变来加以解释,因为同属原始有颌动物的棘鱼类在石炭纪之初还依然兴盛,而软骨鱼类此时正在迅速地发展着。与此相类似的是重新返回到了水中的古两栖动物全椎类的灭绝。它们在三迭纪中期方才开始兴盛起来,到三迭纪与侏罗纪之交却消失得无影无踪。这大概也不是由于某种灾变所造成的;很可能只不过是它们实在无法与新兴的强大的水生爬行动物相抗衡而已。

发生在白垩纪与第三纪之交的恐龙的大灭绝,从总体上来看似乎是规模最大的突然

灭绝。目前最风行的假说是设想当时有一颗小行星撞到了地球上，由此造成的巨大灾变把生活在不同环境中的所有各个恐龙类群全都消灭了。但是如果我们逐个地考察各个类群的消绝，就会发现其中很大部分其实在白垩纪后期就已经逐步走向衰微。这就是说，它们的灭绝其实还是正常的灭绝，是逐渐实现的，只不过是两纪之交方才最后完成而已。鱼龙类、蛇颈龙类、兽脚类，蜥脚类恐龙的灭绝全都是如此。翼手龙类的恐龙在白垩纪中早已逐渐走向衰微，还不到两纪之交就已经灭绝了。剑龙类恐龙则灭绝得更早，在白垩纪中期就已经消失了。所有这类群的灭绝显然都不是由于某种突如其来的灾变所造成的。在恐龙的所有各个类群中，大约只有鸟脚类和角龙类恐龙的灭绝是“突然的”灭绝，甲龙类的灭绝或者也是如此。在恐龙的大灭绝中真正使人惊愕的是，生活在不同环境中的所有各个类群全都未能活到第三纪。这似乎是由于，虽然它们已经分别地适应于不同的生态环境，却仍然具有某些共同的重大生理特性或遗传学特性所致。

### 3 当前与进化历史上所发生的物种灭绝的比较

把当前生物多样性的急剧减少和进化历史上的物种灭绝加以比较，很容易看出其间有着明显的差异：

(1) 生命进化历史上所发生过的物种迅速减少是与进化中所形成的大大小小的类群的灭绝相关联的。而当前所发生的物种多样性的急剧减少并不是由于某些类群被灭绝所致；反之倒是物种的迅速灭绝会导致某些类群的灭绝。进化历史上物种和类群的灭绝是进化的结果，而当前物种和类群的灭绝却主要是由于人类的直接和间接的破坏。

(2) 生命进化的历史上所发生的灭绝主要是由于较原始的具有较弱的生存竞争能力的物种或类群为较为进步的具有较强的生存竞争能力的物种或类群所取代。这种灭绝是生命历史中必不可少的部份，是有其进化的积极的意义的。白垩纪与第三纪之交所发生的恐龙的大灭绝就为其后哺乳动物的迅速勃兴创造了条件。当前人类所造成的生物多样性的急剧下降却很难说有什么进化的积极的意义可言。

(3) 由于生命进化历史中所发生的灭绝是竞争能力较弱的较为落后的类型为生活在同一生态环境中的具有较强大的竞争能力的新兴类型所取代，所以这种物种或类群的灭绝完全无损于全球的生物多样性，反之倒是为生物界的进一步繁荣昌盛创造了条件。当前人类活动所造成的物种灭绝却纯粹只会造成全球生物多样性的急剧减少。其终极的结果，至少在较高等的动植物方面，将是除了人类自身及其所养殖的极少数物种而外，一切其他种类全都荡然无存。

(4) 生命进化历史上所发生的生物类群的灭绝是进行得非常缓慢的，常常要以十万年或百万年计。即使在前面所说的“突然”的灭绝，这种“突然”也是地质学意义上的突然，在速度上无论如何也是不能跟当前的物种灭绝相比的。

(5) 生命进化历史上所发生的物种或类群的灭绝，由于主要是因竞争能力较弱的类型为生活在同一生态环境中的竞争能力较强的类型所取代，是不可能造成生态失衡的。当前人类所造成的生物多样性的急剧下降，却不可能不造成生态平衡的严重破坏，而且这种破坏只会越来越严重。

#### 4 根本的出路在于制止住人口的增长

如何扭转当前生物多样性急剧下降的严重局面,已经是摆在全世界人民面前的一个巨大的难题。如果听任这种局面发展下去,越来越严重的生态失衡不仅会给人们的经济建设带来越来越大的困难,而且终将有一天会危及到人类自身的生存。

在当前,必须采取有力的措施保护珍稀濒危的动植物,保护森林,特别是保护热带和亚热带的森林,保护野生动植物的自然栖息繁育地,控制住现代工业与生活所造成的大气和水质的污染。所有这些全都是当务之急。但是最根本的治本之策却是要制止住全世界人口的增长。当然这是极难做到的。但是只要世界人口持续增长下去,城市、村镇和交通用地就不可避免地要持续地增加,耕地面积就需要扩大,全世界所拥有的森林面积将继续缩小,热带森林的消失将会成为现实。所有这些都将会导致生物多样性的巨大丧失和世界生态平衡的巨大破坏。为了挽救残存的森林,人们自然会加强森林的营造。但是自然林为人造林所取代本身也就会造成生物多样性的减少,因为人们只会去繁育他们主观上认为最有价值的树种。对于珍稀濒危动植物的保护也不可能不带有极大的主观片面性。绝大多数的物种(特别是那些小形的动植物)都将在人们还根本没来得及认识到它们的真正价值以前,就已经从大地上永远地消失了。只要全世界人口持续地增长下去,终将有一天连那些已经建立起来的自然保护区也不得不再地压缩和分割,直到最后名存实亡。

现今世界上绝大部分的物种都集中在发展中国家。即使今天落后的发展中国家的入口已经完全停止了增长,为了发展经济以较大幅度地改善人民的生活,城市、村镇和交通的用地也必须要相当地扩大。这就是说,物种多样性仍会有进一步的降低。更何况控制人口的增长在发展的国家和地区正是一个最大的难题,远比在文化素质高的发达国家要困难得多。

然而无论如何,人类迟早得学会制止住人口的增长。否则的话,终将有一天大自然会以最无情的手段来做到这一点。到那时,人们所担心将不再是野生动植物的灭绝,而是人类自身的存亡了。

# 论生物多样性的起源

## On the Origin of Biodiversity

胡云章

Hu Yunzhang

中国医科院医学生物研究所(650107)

Institute of Medical Biology, Chines Academy  
of Medical Sciences, Kunming 650107

**摘要:** 对于生物多样性如何起源的问题,仅用达尔文进化论是不能圆满解释的。本文用新兴的横断学科理论对生物多样性的起源问题进行了理论分析和探讨。分析结论认为:生物从外界环境获得信息(增加负熵)是产生对环境多种适应性的必要条件;建立信息调控的负反馈机制系统,处理、利用信息和在不同层次结构上的多种随机选择性(最优结构集  $S_{opt}$ )的存在是产生对环境多种适应性的充分条件。这种对环境适应的多样性在其产生过程中形成的生物遗传多样性(基因多样性)决定了物种多样性和生态多样性的出现。因此,生物多样性是生物通过多种随机结构选择性(最优结构集  $S_{opt}$ )对环境的多样性产生多种适应的结果,并表现在遗传、物种和生态三个水平上的多样性;生命过程本质上是一个传递、处理、利用信息的过程。新兴横断学科在生命科学领域的应用具有深远的意义,将为进一步揭示生命的本质和规律提供一条新的研究思路和方法。

### 1 引言

生物在漫长的进化历程中,通过对环境的适应形成了形态、结构和功能各异的多多样性物种,构成了复杂的生物圈系统。适应是生物进化的基础,没有适应就没有进化,没有适应也就不可能形成生物的多样性。所以适应性的起源问题是研究生物进化及生物多样性产生的一个关键。对此问题综合进化论用公式:偶发不定变异+选择=进化<sup>[1]</sup>是无法解释的。大量事实表明,在一个群体内杂合体和接近群体平均值的个体在生存上较优越;那些远离平均值的极端个体的生活力较差,在一个群体内绝大部分个体都保持了多态型遗传结构,这一客观事实在一定程度上与达尔文的自然选择学说有着相违背的一面。在群体内有差异的多种类型共同存在时必然产生生存的竞争,而且在一个种群内的竞争最为激烈。那么,优胜个体怎样让那些劣者共存呢?如果是“优胜者、劣者败”,必然只能允许一个类型得以保存下来,这就是单态型,而不是多态型了。那么,自然界中的多态平衡现象或哈代——韦伯平衡是如何可能维持下来的呢?看来对此问题的解释只能另辟途径。

### 2 生物多样性起源的信息论、自组织理论解释与分析

据耗散结构理论可知:作为一个开放系统的生命系统,在系统内部各组成要素之间的

非线性相互作用向远离平衡态推进的过程中，一旦系统的某个参量变化达到一定的阈值，通过涨落，系统就可能发生突变，由原来的无序混乱状态转变为一种时间、空间或功能上有序的新状态。这种在远离平衡的非线性区形成的新的稳定的宏观有序结构，叫耗散结构<sup>[2]</sup>。那么是什么促使生命系统形成耗散结构呢？对于一个开放的生命系统而言，只有从外界环境获得负熵——信息后，使生命的总熵减少，才能形成并维持一个低熵的非平衡态的有序结构。所以，生命过程本质上是一个高度复杂的信息传递、处理与利用的过程。作为耗散结构的生命系统，是一种有目的的系统，最基本的目的就是生存和发展，而对一定的环境条件而言，某种生物要想在其中生存和发展，就必须适应这种环境，因此，生命系统从外界环境获得负熵——信息、并处理和利用信息是生物产生多种适应性的必要前提条件。

那么，生物是怎样适应多种环境得以生存并出现多样性的呢？生物体是一个利用信息进行自动调控的系统，不论是群体水平、个体水平、细胞水平、还是分子水平，都表现出既严密有序，又灵活有效的自动调节的特性，当外界环境信息作用于生物任何一个水平时，生物体就能把这种环境信息传递到某个部位，并在那里对环境信息进行正确的分析，然后做出相应的反应；如果环境条件适合于它的生存，就在这种环境中生长繁殖，如果这种环境条件不适合，它就在系统内部产生一种自动调节运动，改变自身的功能和结构、习性等

来适应这种环境，以减轻外界因素对它所施的压力，尽可能缩小外界环境压力与生物系统之间的差距，而达到一个动态的平衡，如果生物系统不具有能改变和调节自身状态的系统机制，那么就不会产生对环境的适应性。生物进化的事实表明，生物体内存在着一种对利用信息的负反馈作用的系统。生物就是这样一再地利用信息通过负反馈作用机制（系统）而能在新的环境条件里获得适应性的。当生物系统通过调节自身结构最终与外界环境达到一个动态的平衡时，生物系统的功能就是最佳的，这一过程如图 1 所示。所以，生物系统在适应环境的过程中

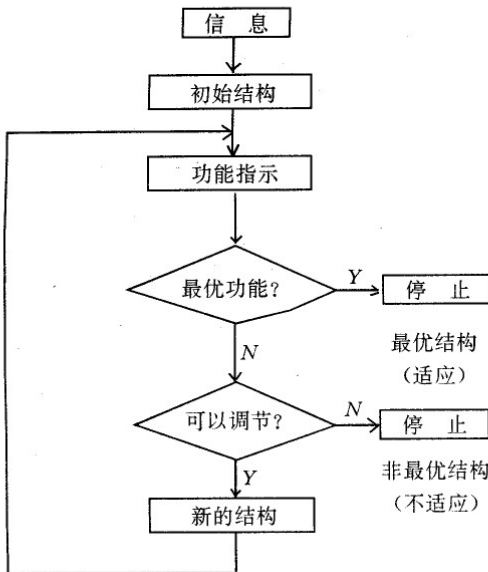


图 1 生物系统适应性产生过程

也是一个获得信息和利用信息的过程,而且首先要获得系统本身的结构信息、系统外部环境约束的信息以及系统功能水平的信息,然后再利用这些信息,以环境为目标加工出优化目标的信息以及优化过程所需要的结构调节信息,最后依靠这种信息来引导生物系统结构的调整,从而出现了对不同环境产生多种适应性的各种结构体。

对上述过程用信息论数学模型<sup>[3]</sup>进一步描述与证明如下:对于一个给定的生命系统 X,它的结构可由它的运动状态和方式来表示,而它的功能则可以由它对环境的适应来度量,即:当 X 具有 N 个相互独立状态  $x_1, \dots, x_N$ , 各个状态在结构上的肯定度则分别为  $c_1, \dots, c_N$ , 它们的逻辑真实度也分别为  $t_1, \dots, t_N$ , 这些状态相对于观察者的优化目标(即对环境的适应)而言的效用度分别为  $u_1, \dots, u_N$ , 那么就可定义

$$\tilde{S}_x = \left\{ \begin{array}{ccc} x_1, & \dots, & x_N \\ c_1 & \dots, & c_N \\ t_1 & \dots, & t_N \end{array} \right\} \quad (1)$$

为系统 X 的赋值结构空间,而定义

$$U_x: (u_1, \dots, u_N) \quad (2)$$

为 X 的性能空间(对环境的适应可能范围),并以综合语用信息测度

$$\begin{aligned} A(U) = & \sum_{n=1}^N \left[ \left( 1 - \delta \left( i - \frac{1}{N} \right) \right) \left[ c_n t_n u_n \log c_n t_n u_n + \frac{1}{N} \log N \right] \right. \\ & + \frac{1}{N} \left( 1 - \delta \left( i - \frac{1}{2} \right) \right) \left[ c_n t_n u_n \log c_n t_n u_n \right. \\ & \left. \left. + (1 - c_n t_n u_n) \log (1 - c_n t_n u_n) + \log 2 \right] \right] \text{Sign} \left( c_n t_n u_n - \frac{1}{2} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

为生命系统 X 在结构(1)基础上对环境适应性的测度。式(4)中  $i$  为变量  $x$  的型式指数:

$$i = \begin{cases} \frac{1}{N} & , \quad \text{若 } x \text{ 为随机变量} \\ \frac{1}{2} & , \quad \text{若 } x \text{ 为模糊变量} \end{cases} \quad (4)$$

式(3)表明,生命系统的性能由它的结构决定,通过调整系统的结构  $S$  就可以改变它的性能  $A(U)$  的水平。反过来,也可依据系统性能  $A(U)$  的水平来判别系统结构  $S$  是否已经最优。于是,我们可以建立一个准则:

$$\tilde{S}_{\text{opt}} = \left\{ \begin{array}{l} \tilde{S} | \tilde{A}(U) = \max A(U) \\ \{ \tilde{S} \} \end{array} \right\} \quad (5)$$

式(5)告诉我们一重要的事实:如果以性能的最优来反判结构最优,那么最优的结构可能不是唯一的,因而可能存在最优结构集  $\tilde{S}_{\text{opt}}$ 。即结构的多种随机选择性是存在的。据此,我们可得出一个重要推论:在生物进化历程中,生物系统以建立信息调控的负反馈机制处理、利用信息和在不同层次结构上存在多种随机选择性(最优结构集  $\tilde{S}_{\text{opt}}$ )是产生对环境多种适应性的充分条件。这就从理论上解释了地球上生物在进化历程中多样性起源的原因。上述推论用图(2)表示(见图2)。

从图(2)看出,生物系统在进化过程中,通过利用获得的信息进行负反馈调控,就可产

生适应性,而这种适应(最优功能)可通过不同层次结构的多种随机选择性,形成不同的结构(最优结构集  $\tilde{S}_{opt}$ )来完成,从而获得某种适应结构体。如图 2 所示, A 结构在某种环境下可能通过四种最优结构(C、B、X、Y)的调控来适应环境,但在实际环境中,只

出现两种结构 C、B,而虚线表示未实现。同样在进化历程的新环境下,C、B 两种结构又各有不同的可能的最优结构集(D、E、F、G、H、I、J)来适应这一新环境,依此类推,向上在不同新环境下又会出现不同的更多的结构来适应环境。随着进化发展,就产生许多不同的结构,这就充分说明了生物系统在产生适应过程中,在同一环境下,可形成不同的结

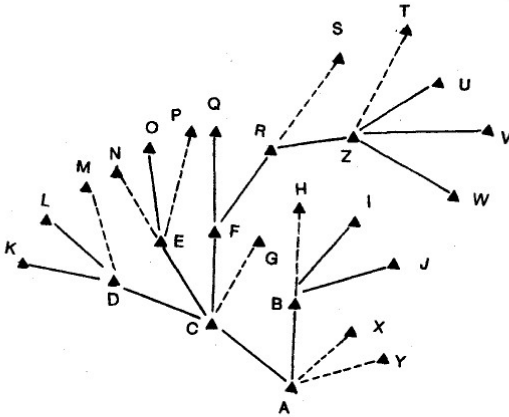


图 2 生物多样性的起源图示

构(最优结构集  $\tilde{S}_{opt}$ )来适应环境。由于生物体的表型是由蛋白质表现,而蛋白质又是基因决定的,所以,从分子水平看,生物在进化历程中,通过负反馈机制处理、利用外界信息建立基因结构水平的最优结构集  $\tilde{S}_{opt}$ ,即多种随机选择性结构来适应环境,从而形成了遗传多样性,进而又决定了物种多样性和生态系统多样性的出现。所以生命通过结构的多种随机选择性对不同环境的多种适应方式,在遗传、物种、生态

系统三个水平上产生了生物多样性。

### 3 结论

(1)生物在进化历程中,生命过程本质上是一个传递、处理、利用信息的过程;生命系统从外界环境获得负熵——信息,并处理和利用信息是生物产生多种适应性的必要前提条件;生物系统以建立信息调控的负反馈机制处理、利用信息,并在不同层次结构上存在多种随机选择性(最优结构集  $\tilde{S}_{opt}$ )是产生对环境多种适应性的充分条件。

(2)生命对环境适应的多样性在其产生过程中形成的生物遗传多样性(基因多样性)决定了物种多样性和生态多样性的出现。生物多样性是生物通过多种随机结构选择性(最优结构集  $\tilde{S}_{opt}$ )对环境的多样性产生多种适应的结果,并表现在遗传、物种和生态三个水平上的多样性。

信息论、控制论和自组织理论等新兴横断学科理论在生命科学研究领域的应用具有非常广阔的前景和深远的意义,可为进一步揭示生命的本质和规律提供一条新的研究思路和方法。

## 参 考 文 献

- [1] 裴新澍,《自然杂志》,1988,9(7): 529。
- [2] 沈小峰等,《自然辩证法研究》,1986,2(6): 45。
- [3] 钟义倍,《信息科学原理》,福建人民出版社,第一版,1988,P272—273。



# 中国横断山生态环境和两栖类物种多样性形成和演化及其与横断山抬升的关系的研究

Studying on the Forming and developing  
of Environments and Diversity of Amphibians in Transhimalayan  
Mountains in China and the relationship between  
it and the Rising of the Mountains

杨大同

Yang Datong

中国科学院昆明动物研究所

Kunming Institute of Zoology, Academia Sinica,

Kunming, China, 650223

**摘要:**本文对横断山自然生态环境和两栖类物种的多样性,以及两栖类因适应环境变化而导致性状分化、新种乃至新类群的形成及其与横断山抬升演变的过程等古地理演变的关系进行了研究。包括横断山生态环境多样性;两栖类物种多样性;横断山两栖类物种多样性的形成和演化与横断山抬升的关系三部分。

## 1 横断山生态环境的多样性

随青藏高原的隆起而形成的横断山脉,大致在北纬 23—33°,东经 94—103°之内,北段包括藏东高山峡谷、川西高原;南段延伸至滇西高山峡谷。周围与青藏高原和云贵高原、滇西高原相毗邻。区内山脉为南北走向,自南而北略呈一斜面,绵延千余公里。其间地势崎岖,山脉、江河相间,自西而东依次为伯舒拉岭——高黎贡山,怒江;四奔雪山——怒山山脉(主峰碧罗雪山),澜沧江;宁静山——云岭,金沙江;沙鲁里山,雅砻江;大雪山(主峰贡嘎山),大渡河等。由于江河的深切,山势极为陡峭,山顶山谷相对高差超过 2000 米,因此区内东、西、南、北各方所受光照强度、季风和青藏高原冷气流影响的程度均有显著差异。地面温度、降水量、积雪、冬季长短、空气湿度、气压等也都各不相同。

### 1.1 横断山南段多样的地理环境和气候

横断山南段指滇西高山峡谷及其山脉的南延部分,跨越三个纬度带和二一个经度带。北部与藏东高山峡谷毗邻,诸脉相间,怒江、澜沧江、金沙江在宽不过 70 公里的范围内平行聚汇。在高黎贡山、怒山山脉和云岭山脉三大山系之中,以怒山山脉更为陡峭。主峰太子雪山高达 6000 米以上。云岭东麓与云贵高原相连,山顶与高原面的高差大为减小。与云岭隔江相对的玉龙雪山海拔高达 5200 米。此外,再向南延则是较为宽阔的河面和河谷冲积盆地,山谷相对高差逐渐降至千米甚至几百米,此为“滇西高原”和“滇西南高原”。