

# 生物数学模型的建构与教育价值

杨佩娟 (江苏省通州高级中学 226300)

**摘要** 《普通高中生物课程标准》首次将“模型”知识列为课程的知识目标之一,模型方法教育是科学方法教育的重要组成部分。本文结合教学实践谈生物数学模型的建构及其教育价值。

**关键词** 数学模型 建构 教育价值

《普通高中生物课程标准》首次将“模型”知识列为课程的知识目标之一,实验教科书也多处提及模型的知识,说明新课程适应时代发展的需要,更重视对学生科学方法的教育。模型的形式很多,包括物理模型、概念模型、数学模型等。其中数学模型是用来描述一个系统或它的性质的数学形式。用符号、公式、图象等数学语言表现生物学现象、特征和状况的方法称为生物数学模型方法。本文主要谈生物数学模型的建构及其教育价值。

## 1 数学模型的建构

数学模型的建构一般包括五个步骤。下面以人教版《生物·稳态与环境》第4章第2节“种群数量的变化”中“建构种群数量增长的模型”为例加以阐述。

### 1.1 模型准备——研究对象,提出问题 在自然界中

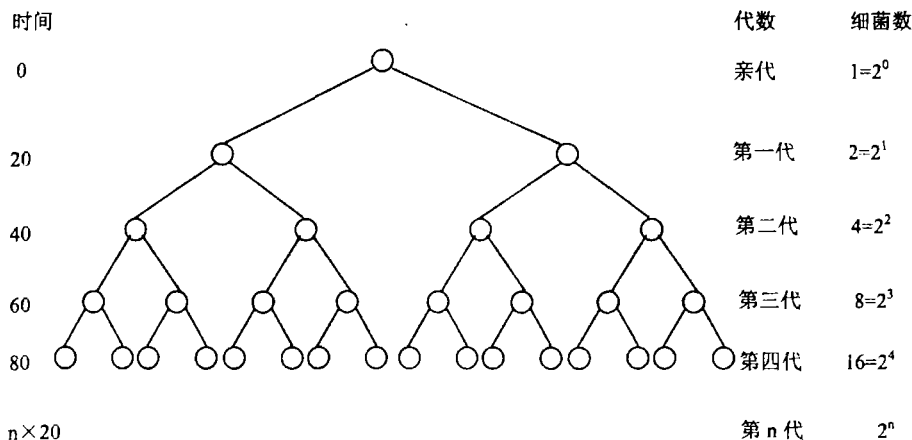


图1 细菌繁殖产生的后代数量

若以  $N$  表示第  $n$  代细菌的数量,则可以得到细菌增长的数学模型,即  $N_n = 2^n$ 。

也可以用其他的形式来表示。若以时间为横坐标,细菌数量为纵坐标,画出细菌的种群增长曲线,如

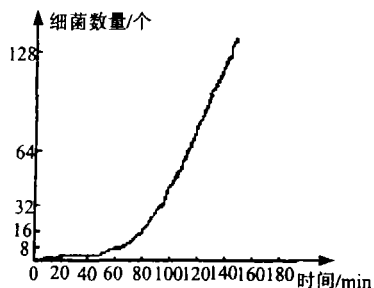


图2 细菌种群的增长曲线

细菌无处不在,有些细菌的大量繁殖会导致疾病,怎样有效的控制有害细菌繁殖,防止疾病的发生?必须首先要找出细菌增长的规律。

**1.2 模型假设——合理简化,提出假设** 在自然界中,影响细菌增长的因素有很多,如食物资源多少,温度、pH值、环境溶氧量是否适宜,人为因素,细菌自身的繁殖能力、种群密度等,所有因素一起考虑,纷繁复杂,不易找到规律,现在我们抛开次要因素,假设“在理想环境条件下,即资源和空间无限多的环境中,细菌的种群增长不会受种群密度增加的影响”。

**1.3 模型建立——理清关系,建立模型** 在营养和空间没有限制的条件下,若某种细菌每繁殖一代所用时间为 20min 则随着时间的推移,一个细菌的增长情况如图 1。

图 2呈“J”型增长。曲线图能更直观地反映出种群数量的增长趋势,但它表示的数学模型不够精确。

**1.4 模型检验——实践检验,修正模型** 上述得出的公式和增长曲线,只是对理想条件下细菌数量的推测,在自然界中种群数量的增长情况怎样?

材料一:澳洲本来没有兔子,1859年,一个叫托马斯·奥斯汀的英国人来澳定居,带来了 24只野兔,放养在他的庄园里,供他打猎取乐。奥斯汀绝对没有想到,一个世纪之后,这 24只野兔的后代达 6亿只之多。

材料二:20世纪 30年代,人们将环颈雉引入到美国的一个岛屿。在 1937年—1942年期间,这个种群的数量增长如图 3所示。

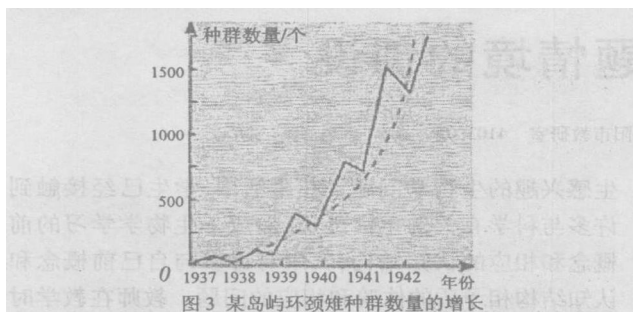


图3 某岛屿环颈雉种群数量的增长

材料三：我国历年来人口增长情况如图4所示。

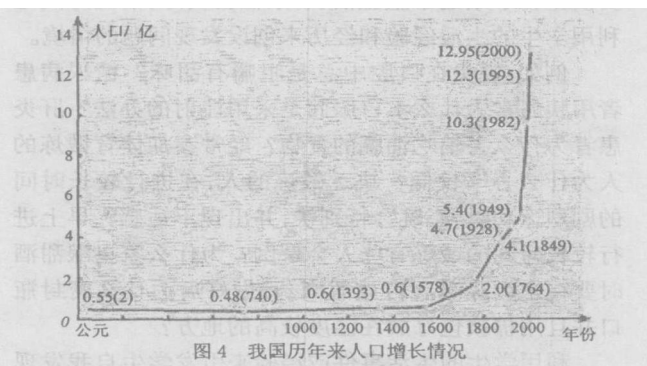


图4 我国历年来人口增长情况

从上面的实例可以看出，自然界确有类似细菌在理想条件下种群数量增长的形式，如果以时间为横坐标，种群数量为纵坐标画出曲线来表示，曲线大致呈“J”型。但我们也发现各种不同的种群起始数量不一样，种群每年增长的倍数也是不一样的，显然上面的数学方程式在这里不适用，需要进行修正。

在食物和空间条件充裕、气候适宜、没有敌害等条件下，若种群的起始数量为  $N_0$ ，种群的数量每年以一定的倍数增长，第二年的数量是第一年的  $\lambda$  倍，则  $t$  年以后种群的数量  $N_t = N_0 \times \lambda^t$ 。

1.5 模型检验——曲线检验 如果自然界的生物种群都是以“J”型方式增长，地球早就无法承受了。在自然条件下，生物生存的空间和资源总是有限的，当种群密度增大时，种内竞争就会加剧，以该种群为食的动物的数量也会增加，这就会使种群的出生率降低，死亡率增高，种群的增长就会停止，有时会稳定在一定的水平，用坐标图表示出来，就会呈“S”型曲线。生态学家高斯的“大草履虫种群的增长曲线”（如图5）证实了这一情况。其中  $K$  值代表“在环境条件不受破坏的情况下，一定空间中所能维持的种群最大数量即环境容纳量”。

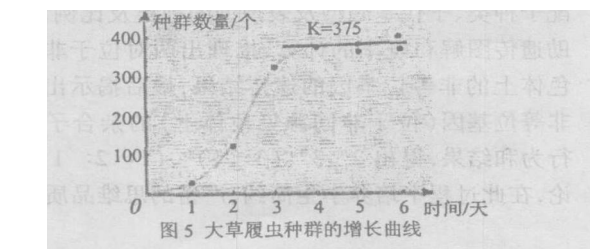


图5 大草履虫种群的增长曲线

自然界的生物种群大多以“S”型曲线方式增长。

1.6 模型应用——实际应用，产生效应 利用自然界中生物种群“S”型增长曲线，可以指导我们正确利用野生生物资源，取得经济效益、生态效益和社会效益的全面丰收。如海洋生态系统中的小黄鱼在自然条件下数量呈“S”增长曲线。若全面禁止捕鱼，则鱼体生长发育成熟后，体重就不明显增加，却要不断地吃掉其他生物；若“竭泽而渔”使小黄鱼数量大大低于  $1/2K$ ，则要经过相当长的时间才可能恢复。所以适时、适量地捕捉，使小黄鱼的数量维持在  $1/2K$  左右，保持较高的增长率，既获得了产品，种群的数量又可以很快地恢复，即“合理利用就是最好的保护”。而对家鼠等有害动物的控制，如果我们只采取杀死老鼠这一办法，效果往往不好。因为如果我们杀死了一半的老鼠，存活的老鼠反而降到指数生长期。因而老鼠将按指数增长，很快就恢复到原来数量。更有效的办法是既杀死老鼠，又清除垃圾，严密储存食物，使环境容纳量降低，这就从根本上限制了老鼠的种群数量。

## 2 数学模型的教育价值

2.1 数学模型具有解释、判断、预测功能 数学模型是联系实际问题与数学的桥梁，具有解释、判断、预测等重要功能。如利用“生长素浓度与所起作用的关系”曲线模型，可以解释“将幼小植株在适宜条件下横放，一段时间以后，茎弯曲向上生长，根弯曲向下生长。”从曲线模型可以看出，根比茎对生长素浓度的变化更敏感，由于重力的作用，生长素在下部的浓度高。对于植株的茎来说，这个浓度的生长素能促进生长，因而下面的生长较快，植株的茎就向上弯曲生长。同样的生长素浓度，对于植株的根来说，却会抑制生长，因而，根部下面的生长比上面的慢，根就向下弯曲生长。又如利用“种群数量增长的模型”，可以判断、预测“外来物种入侵对本地物种的影响”。一个新的物种到达新的环境中，由于空间和食物资源的充裕，可以把它认为是一个理想的环境，外来物种在一定时间内呈“J”型增长曲线，占据了本地物种生存所用的空间和食物，对本地物种会带来毁灭性的灾难，如“水葫芦”、“加拿大一枝黄花”、“紫茎泽兰”等外来物种已经对我国生态环境和原有物种带来了严重影响。这也为国家制定《生物安全法》和修改《进出境动植物检疫法》提供了依据。

2.2 数学模型是发现问题、解决问题和探索新规律的有效途径之一 美国遗传学家摩尔根采用果蝇作为遗传学研究材料，证实了孟德尔基因的分离定律和基因的自由组合定律是正确的，同时他注意到新的现象：在两对基因的杂交试验中，子二代性状分离比值与预期

# 教学中发现问题情境的创设

张雪玲 (湖南省浏阳市教研室 410300)

在教学中,问题情境一般有两种:一种是呈现问题的情境,即教师通过语言、教材或其他教学手段向学生提出有关的问题,这类问题一般都有已知的解决方案和方法;另一种是发现问题的情境,即教师并不向学生呈现明确的问题,而是通过各种教学手段在教学中设置具有一定难度的、需要学生努力而又是力所能及的学习情境,让学生通过对有关现象、事实、实验或其他学习材料的感知,独立自主地发现问题和提出问题。这种学习活动是一种“智力探险”。

## 1 发现问题情境的创设途径

1.1 差异性实验 差异性实验是指结果出人意料之外的、与学生学习前概念或常识相违背的科学实验。这些实验展示的现象,与学生学习科学的前概念发生矛盾,能引发学生强烈的认知冲突,使学生头脑中产生各种各样的疑惑。在差异性实验中,要提供学生自主建构问题的时间,让学生通过思考、讨论和语言组织提出相应的问题。

例如:做“观察植物细胞质壁分离与复原实验”用了两种溶液,一种是30%的蔗糖溶液,另一种是7%的NaCl溶液,但在学生做实验过程中发现有的洋葱表皮细胞在30%的蔗糖溶液发生了质壁分离,有的没有发生,在7%的NaCl溶液中首先发生了质壁分离,然后质壁分离自动复原;做“叶绿体中色素的提取和分离实验”教师采集了多种植物的叶片,例如:女贞叶、龙葵叶、辣椒叶、菠菜叶等,让不同组学生用不同的叶子,结果发现不同的叶子的色素带明显不同,同一种叶子的层析色素带也有明显的差别。

在用差异性生物学实验创设让学生发现问题情境中,教师要善于“闭嘴”,把提出挑战性问题的机会让学生,使学生逐步养成自主建构问题的意识与习惯。

## 1.2 生活经历与经验 家庭、学校、社会都有大量学

生感兴趣的生物学问题。在生活中,学生已经接触到许多与科学有关的生活经历,形成了生物学学习的前概念和相应的认知结构,其中有许多与自己前概念和认知结构相矛盾的体验和相应的问题。教师在教学中要使生物学贴近学生生活,联系社会实际,恰到好处地利用学生的生活经验和经历来创设发现问题的情境。

例如:馒头在口腔中总是咀嚼有甜味?糖尿病患者用胰岛素为什么不口服而是采用注射的办法?肝炎患者为什么害怕吃油腻的食物?经常参加体育锻炼的人为什么心率较低?缺乏锻炼的人,在进行较长时间的剧烈运动时,心跳会特别快,并出现不适感?早上进行较长时间的锻炼有些人会晕倒?为什么家里酿甜酒时要在米饭降温后再放甜酒药,做好后为什么密封瓶口并且用棉被包好放在温度较高的地方?

利用学生的生活事件或经验来引发学生自我发现问题的情境,要注意:一是要选择与学生生活经验相关的教学素材;二是尽可能让学生发散性地提出相关问题;三是要引导学生对问题进行讨论与筛选,选择切合教学要求的问题来进行教学,而并不是刻意追求解决所有问题。

1.3 科学探究 学生学习生物学与科学家研究生物学是有区别的。中学生学习生物学主要是通过学习前人发现的生物学知识来掌握知识与技能,学习研究的过程与方法,培养情感态度与价值观,同时学习生物学可以采用的科学探究方法。利用生物学家研究成果来创设学生发现问题的情境,可以使学生以研究者的角色进入学习,学会科学地看问题、想问题,逐步了解生物学学习的探究过程和方法。

例如:探究环境对生物的影响一节时,做“光对鼠妇生活的影响”引导学生进一步探究温度、湿度对鼠妇生活的影响如何?“探究影响种子萌发的外界因素”

的9:3:3:1有非常显著的差异。这是用孟德尔遗传定律所不能解释的遗传现象。通过进一步的研究,摩尔根发现位于同一对同源染色体上的2对(或2对以上)等位基因,在向下一代传递时,会出现同一条染色体上的不同基因连在一起不分离的现象。因而发现了基因的连锁和交换定律。

2.3 有利于培养学生透过现象揭示本质的洞察能力及简约、严密的思维品质 在遗传规律的教学,以一对相对性状的遗传实验为基础,首先让学生从F<sub>2</sub>及测

交后代不同表现型具体的数量中抽象出3:1、1:1的比例关系,从而理解含一对等位基因的杂合子产生的配子种类、子代基因型及表现型的种类及比例,然后借助遗传图解和概率的计算,推理出两对位于非同源染色体上的非等位基因的遗传结果,最后揭示出含n对非等位基因(位于非同源染色体上)的杂合子的遗传行为和结果,得出2<sup>n</sup>、3<sup>n</sup>、(3:1)<sup>n</sup>、(1:2:1)<sup>n</sup>等结论,在此过程中培养学生简约、严密的思维品质。◆