

英国 A-level 生物学考试中的数学技能要求

王 荐 (江苏省无锡市第一女子中学 214002)

摘 要 英国 A-level 生物学考试中突出对学生数学技能的考查,研究英国 A-level 考试中的数学技能要求,对于我国生物学课程改革不无裨益。本文介绍英国 A-level 考试要求的数学技能,用实例介绍在生物学练习中对这些技能的考核,并说明这些技能对我国生物学教学的一些启示。

关键词 英国 A-level 生物学科 数学技能

1 A-level 考试的数学技能

生物学科是一门从描述性学科发展起来的学科。近代科学发展历程中,数学的加入使得生物学科日益凸显自然科学理性的特点,使生物学科内在的科学本质显性化、抽象化。生物学科需要哪些数学技能?他山之石可以攻玉。英国 A-level 考试中突出对学生数学技能的考查,研究英国 A-level 考试中的数学技能要求,对于我国生物学课程的改革不无裨益。英国 A-level 考试中数学技能要求主要有以下三项(表 1)^[1]:

表 1 英国 A-level 考试中数学技能的三项要求

要求分类	具体项目
计算技能	科学计算器的使用,等式,单位换算,取整数,科学计数法,放大率,数据的表格,比例,表面积和体积,平均数与极差,分数与百分率,估算结果,不确定性,数量级和对数,中位数与众数(模态值)
图表技能	条形图,柱状图,折线图,饼图,散点图与相关性(回归分析),速率与斜率,截距,速率与切线
统计技能	正态分布,概率,置信区间,标准差,假说与意义,相关性检验,卡方检验,斯皮尔曼等级相关系数,T 检验,多样性指数,独立样本非参数检验

溶液和洋葱的紫色液泡质壁分离的现象不易观察,部分学生想到用无色的植物成熟细胞进行实验并观察到明显的现象。在这样复杂有趣的探究过程中学生体验到真实的实验现象,并积极思考,使抽象知识变得形象,思维也由感性上升为理性。通过这样的探究,学生对科学探究的每个环节都留下深刻印象,在潜移默化中提升了科学探究能力。

4 联系热点话题培养社会责任

“社会责任”是指基于生物学的认识,参与个人与社会事务的讨论,作出理性解释和判断,尝试解决生产生活中的生物学问题的担当和能力。生物学与人们的生活生产密切联系,教师在课堂教学中可以选择贴切的生活事例讲解教学内容,这些事例能唤起学生心底的共鸣,拉近学生与科学知识间的距离。

2 A-level 考试的数学实例

例题 1: 图 1 中曲线显示心脏两个完整的收缩周期,血压、血量和心电图都同时记录在图 1 中。心电图的字母是国际通用的,用来区分曲线的特殊部分,P 波是窦房结向心房传导的收缩波的脉冲的传播,QRS 是心室收缩脉冲的传播,T 波代表心室复极化。

要求: ①测量心率;②测量心房收缩和心室收缩的延搁;③测量输出量。

解析:

(1) 心脏的一个完整周期是两个 R 峰之间的距离。可用比例尺来量。若此心电图 R 峰之间距离为 57.5 mm,则图中时间比例尺显示 7.5 mm 是 0.1 s,图中 57.5 mm 的曲线折算为秒 = $\frac{57.5}{7.5} \times 0.1 = 0.77$ s。这是一次收缩的持续时间。换算成每分钟的收缩次数只要将 60 s 除以一次收缩时间: $\frac{60}{0.77} = 78$ 次/min。

(2) 延搁时间虽短,也要保证在强有力的心室收缩前,心房有完成收缩的足够时间。在心电图上,这就是 PR 区间,介于 P 波起点和 QRS 波起点。P-R 长度为 15 mm。它为 $\frac{9}{7.5} \times 0.1 = 0.12$ s。

例如,在动植物激素调节的教学中,将基础的知识讲授完后,教师将一些植物激素的负面新闻(如食用催熟的草莓引起儿童性早熟的新闻)呈现给学生,请学生分析并作出科学的解释。学生在所学的知识的基础上再通过查找资料、小组合作得出相关结论。又如,结合当地政府在推行雨污分流的管道工作,很多群众认为这只是劳民伤财,没有什么实际效果。利用课外小组活动时间,让学生把雨污分流的原理搞清楚,对雨水和生活污水进行水质监测并设计常见藻类的培养的相关实验,对实验数据分析得出相关结论。在这样的教学中,教师鼓励学生重视生活经验的积累,积极参加实践活动,关注生物科技方面的信息,逐步养成关注涉及生物学的社会热点问题的习惯,参与讨论并作出理性解释,形成正确的态度和价值观。◆

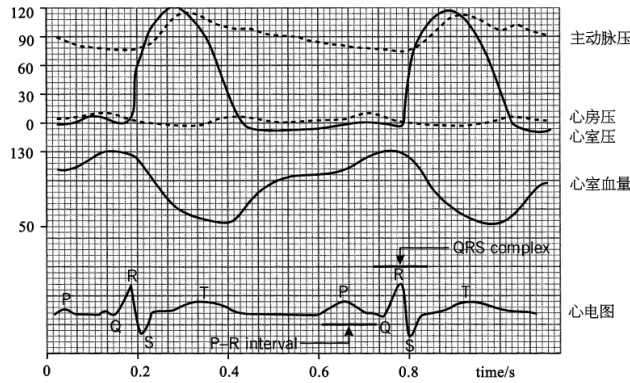


图1 两次心跳的血压、血量和心电图(血压: mmHg 血量: cm³)

(3) 输出量是心脏一次收缩输出的血量,在此例中比例尺显示心输出量为 80 cm³,这是由峰值(心室充盈)和谷值(心室舒张)差距决定的。

点评: 英国 A-level 考试中要求学生能熟练看懂肺活量图、心电图、植物光合作用和蒸腾作用曲线图等。心电图是人们经常接触的医学图,学会看懂它,对于自我诊断、提高自我保健意识具有现实价值。此题需要

学生具有从图 1 中获取信息的能力,能将图中信息和实际心脏的搏动过程对应起来,解读其中包含的生物学信息,涉及的数学技能有测量、单位换算、取整数和估算结果等。

例题 2: 两位学生从一片林地的边缘收集了数据,见表 2。

表 2 林地的边缘收集的数据

物种名称	沿着林带的距离 (m)					
	0	5	10	15	20	25
	每个物种占有的百分率 (%)					
银叶花	10	2	0	27	0	0
野草	80	87	92	71	14	0
蒲公英	15	1	2	0	0	0
活血丹	0	0	0	6	67	78
	环境因素					
光照强度/任意单位	82	85	78	67	45	20
土壤 pH	6.2	6.2	6.3	5.8	5.0	4.5
其他因素	小路边缘	小路	小路	林地边缘	林地边缘	林地

要求: 用风筝图来说明物种丰富度、相对丰盛度(群落中不同物种的相对比例)及取样样本地区的非生物因素。

解析: 在任意每条指引线上对称地画出风筝图,来说明每个点物种的丰富度,否则风筝图形就不能清楚的显示(图 2)。从图画底部画起,指引线上下各要有充足的空间容纳 50% 的内容。要标示图示的界限。如野草在林缘起点处 40% 在指引线上,40% 在指引线下。非生物因素要画在观察的生物上面或下面。物种的丰富度是指看到的物种的总数。

点评: 英国生物学考试中经常要求学生绘制各类图表,图表能形象地说明自然界的生物学现象。像这张风筝图就能让学生一目了然地知晓物种丰富度及相对丰盛度,对取样地区的光强度、土壤 pH 等非生物因素与生物之间的关系可以直观感受。这类题目难度不大,但趣味性强,学生能动手锻炼,值得借鉴。

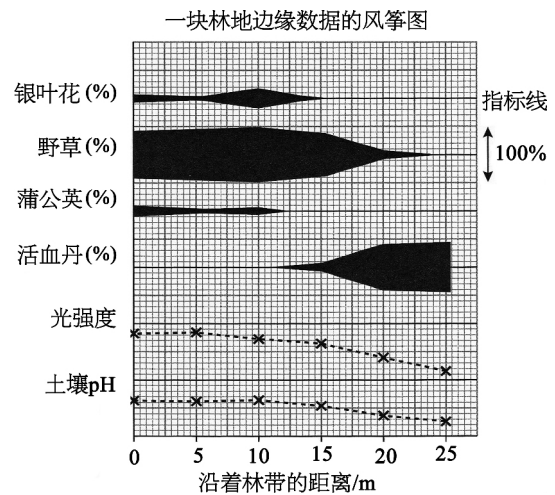


图 2 一块林地边缘数据的风筝图

例题 3: 一位学生想知道雏菊的丰富度是否与草地上的苔藓丰富度有关。首先,选择任意长方形 A

到 G 来测量每种植物所占的百分比。在表格中记录了列 2 和列 4。下一步将数据从小到大重新排

列,如果数据相同,则排在一起。排序写在列 3 和列 5(表 3)。

表 3 测量任意长方形 A 到 G 来每种植物所占的百分比

1	2	3	4	5	6	7
样本号	苔藓覆盖率		雏菊覆盖率			
	数值	排序	数值	排序	排序差值	d^2
A	0.5	1	97	7	-6	36
B	2.2	2	88	6	-4	14
C	2.7	3	88	5	-2	2
D	4.4	4.5	56	4	0.5	0.25
E	4.4	4.5	49	3	1.5	2.25
F	8.5	6	21	2	4	16
G	10.2	7	17	1	6	36
						$\sum d^2 = 110.5$

斯皮尔曼等级相关计算公式为: $r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$ 。 d 代表对应的排序差值(6 列 d^2 在 7 列); n 代表样本数; \sum 是总数。

解析: 将图表中数值代入等式: $r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$
 $= 1 - \frac{6 \times 110.5}{7 \times 48} = 1 - \frac{663}{336} = -0.97$ 。

负值暗示着负相关, 苔藓随着雏菊的增长而衰退。这个数据可从 r 的统计表中查到, 此情景表示相关性意义小于 0.005, 或者说小于 0.5% 是与此变化有关, 或者说 99.5% 是与其他因素相关。

点评: 自然界生物往往呈现不连续的数量变化, 相互之间有各种关系, 这就需要运用统计学来揭示出事物客观存在的规律性。在英国 A-level 考试中有许多统计学的题目是提供公式, 由学生来计算的。其意义在于帮助学生建立统计学思想, 即将样本统计量得出的结论推导至总体, 这一思维方式对学生理解事物发生的必然性、偶然性等规律性是很有帮助的。

3 对我国中学生物学教学的启示

我国高中生物学课程标准中专门对数学技能提出了要求。如人教版《生物学》教材必修 III 的课程价值就包括“领悟系统分析、建立数学模型等科学方法及其在科学研究中的应用”, 要培养学生“利用数学方法处理、解释数据——用图表介绍研究方法和结果, 阐明观点”的能力。在我国高中生物学教学实践中, 涉及数学技能的内容主要是计算: ①光合作用和呼吸作用的计算; ②核酸、蛋白质及基因控制蛋白质合成中的计算; ③遗传概率的计算(包括哈代温伯格定律的运用);

④细胞分裂中的计算; ⑤生态学中种群增长、食物链、物质循环和能量流动中的计算等。对图表的识别和解读也是目前教学及考试中的重点, 但侧重要求学生对图表信息的获取和输入较多, 弱在要求学生用图表技能来答题, 对统计技能考核就更少。对于 A-level 考试涉及的数学技能, 除了计算及图表部分项目外, 我国中学生物学教师不一定都了解。就以大家熟悉的“相关”而言, 除了正相关、负相关以外, 还有不相关和非线性相关, 在正负相关中还有强度的不同等^[2]。

需要强调的是数学技能是科学素养的重要组成部分, 国际上具有广泛影响的 PISA 考试对科学素养提出三种能力表现: ①科学地解释现象; ②设计和评价科学探究; ③科学地阐述数据和证据。阐述数据和证据就需要学生具有数学的技能。一般而言, 在统计了实验数据以后要进行推论统计和数据解释。推论统计要用到方差分析、卡方、相关检验、假设检验和 T 检验等统计方法, 在数据解释时, 还要引导学生思考四个问题^[2]: ①实验的数据真实地反映了什么? ②从数据中还能提出哪些问题? ③数据如何反映出两个变量之间的关系? ④数据能支持假设吗?(能、不能、部分支持)。

(基金项目: 江苏省教育科学“十二五”规划课题“突出科学本质的生物学教学策略研究”, No. D/2015/02/349)

主要参考文献

- [1] PENNY J. 2013. Maths Skills for A level-Biology. Oxford: Oxford University Press, 3
 [2] [美]达西·哈兰德. 2013. STEM 项目学生研究手册. 北京: 科学普及出版社, 137, 138