

森林生态学实验指导书

林学院森林生态教研室

二〇〇四年十二月

实验一 种群生命表的编制与存活曲线

一、目的和意义

生命表是描述种群死亡过程及存活情况的一种有用工具。可以体现各年龄或各年龄组的实际死亡数、死亡率、存活数目和群内个体未来预期余年（即平均期望年龄）。生命表的意义在于提供一个分析和对比种群个体起作用生态因子的函数数量基础。也可以利用生命表中的数据，描述存活曲线图，说明种群各年龄组在生命过程中的数量；说明不同年龄的生存个体随年龄的死亡和生存率的变化情况。由于动物和植物在年龄的区分上有所不同，因此，在编制生命表时也会有所差别。本实验以动物的生命表为例，来说明生命表的编制原理和方法。

如进行人口调查时，可以通过调查几个不同地区（如城市与农村；污染地区与非污染地区）的人口年龄结构，编制生命表加以分析比较。

二、仪器、设备及材料

调查或利用已有的资料，如利用调查某地区斑羚种群的年龄数据编制生命表，原始数据见表 1-1。

表 1-1 根据调查某地斑羚数据编制生命表

年龄 (X)	开始生存数 (n _x)	死亡数 (d _x)	从 x 到 (x+1) 期的平均存活数 (L _x)	期望平均年龄 (e _x)	死亡率 (1000q _x)
0	1000				
1	945				
2	880				
3	865				
4	800				
5	735				
6	415				
7	249				
8	132				
9	99				
10	66				
11	33				
12	0				

利用调查某地区人口年龄结构编制生命表，见表 1-2。

表 1-2 根据调查某地区人口统计数据编制生命表

x	n _x (男性)	d _x	L _x	e _x	n _x (女性)	d _x	L _x	e _x
0	100 000				100 000			
1	97 708				97 937			
5	96 100				96 246			
10	95 662				95 930			
15	95 331				95 683			
20	94 722				95 227			
25	93 764				94 621			
30	92 694				93 981			
35	91 519				93 102			

40	89 958				92 002			
45	87 773				90 416			
50	84 584				88 423			
55	80 138				85 445			
60	73 346				81 107			
65	63 313				73 993			
70	50 048				63 810			
75	34 943				49 850			
80	20 165				33 492			
85	8 566				17 708			

三、方法与步骤

1、生命表的编制方法

(1) 划分年龄阶段：划分的方法依动物类别的不同而有所不同。人通常采用 5 年为一年龄组；鹿科动物等以 1 年为一年龄组，鼠类以 1 个月为一年龄组。

(2) 调查数据：按年龄阶段分别记入表中。如“ n_x ”表示实际观察值或实际调查数，只有一列数值，就可以算出生命表中其他各栏的值。许多生命表习惯采用 10 的倍数个体为基础计算。

(3) 生命表中各栏数据的关系和计算方法如下：

$$n_{x+1}=n_x-d_x$$

$$q_x=d_x/n_x$$

$$L_x=(n_x+n_{x+1})/2$$

$$T_x=L_x+L_{x+1}+\dots+L_{\text{最大}}$$

$$e_x=T_x/n_x$$

式中： x —年龄段；

n_x —在 x 期开始时的存活数目；

d_x —从 x 到 $x+1$ 期的死亡数目；

q_x —从 x 到 $x+1$ 期的死亡率；

e_x — x 期开始时的平均生命期望或平均余年；

L_x —从 x 到 $x+1$ 期的平均存活率；

T_x —超过 x 年龄的总个体数。

2. 生命表数据来源

(1) 死亡年龄数据的调查：收集野外自然死亡动物的残留头骨，可根据角确定死亡年龄；也可以根据牙齿切片，观察生长环确定年龄；牙齿的磨损程度是确定草食性动物年龄的常用方法；根据鱼类鳞片上的年轮，推算鱼类的年龄和生长速度；根据鸟类羽毛的特征、头盖的骨化情况确定年龄等。死亡年龄数据可以制定静态生命表。

(2) 直接观察存活动物数据：观察同一时期出生，同一大群动物的存活情况，调查的数据可以制定动态生命表。

(3) 直接观察种群的年龄数据：根据数据确定种群中每一年龄期有多少个体存活，假定种群的年龄组成在调查期间不变，如直接用人口普查数据编制生命表，属相对静态生命表。

3. 生命存活曲线

生命表是研究种群数量动态的一种方法，一份完整的生命表反映了种群数量动态的特征，如种群某个发育阶段的死亡原因、死亡数量和表示种群时间特征的存活率等。

生命存活曲线是以生命表中年龄 (x) 为横坐标，相对年龄存活数 (n_x) 的常用对数值

为纵坐标。因此，在某一特定时刻，种群同龄个体随时间移动而减少，可以用一条曲线表示，这条曲线称存活曲线。存活曲线大致可分为三大类型：

A 型：凸型的存活曲线，表示种群在接近于生理寿命之前，只有个别死亡，即几乎所有个体都能达到生理寿命。

B 型：呈对角线的存活曲线，表示各年龄期的死亡率是相等的。

C 型：凹型的存活曲线，表示幼体的死亡率很高，以后的死亡率低而稳定。

4. 昆虫生命表和关键因子的分析

许多生物世代不重叠，每年只有一个繁殖季节（如昆虫），这些生物在同一时刻没有年龄结构，这时存活率可以通过自然种群由卵到成虫的各个发育阶段的数量统计，如幼虫、蛹和成虫。如果能同时观察气候条件、捕食天敌、寄生物和疾病的影响，就能估计出各种致死因素所造成的死亡率，分析影响昆虫生存的关键因子。

昆虫生命表与一般生命表有 3 方面不同：①x 年龄的分期采用卵、幼虫龄期等发育阶段来代替一般的物理时间；②把各发育阶段的 d_x 分为因不同死亡因素而造成的分值；③在生命表中，把性比和产卵率的变化，换算成为死亡率（如表 1-3）。

关键因子分析是昆虫生命表研究的一个进展，它必须具备多年生命表研究的资料。现介绍分析关键因子的两种方法。

(1) K 值图解法：将生命表中 n_x 取对数，并按下面公式计算出 k_i 和 K 的值：

$$k_i = \lg(n_{x_i} / n_{x_{i-1}})$$

$$K = \sum k_i = k_1 + k_2 + \dots + k_i$$

式中： k_i ——前后两个阶段存活数对数之差；

K——整个世代的所有各阶段 k_i 值之和。

以年份为横坐标，以 k_i 和 K 值为纵坐标作出关键因子分析图。通过目测比较，哪一条 k_i 值的曲线与 K 值的曲线图形最相似，即该阶段死亡因子为关键因子。图 1-1 为稻纵卷叶螟的关键因子分析图。由图可以看出 k_4 对 K 值的波动影响最大，变化趋势最相似。因此，可确定 k_4 为这些年份种群动态的关键因子。

图 1-1 稻纵卷叶螟关键因子分析

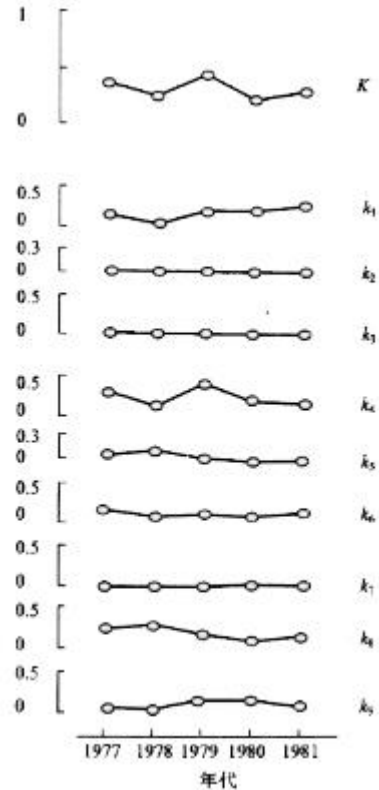


表 1-3 舞毒蛾种群的生命表

x (龄期)	n_x (x 期开始的存活数)	d_x (死亡原因)	D_x (x 期死亡数)	q_x (死亡)
卵	550	寄生	82.5	15
		其他	82.5	15
		合计	165.5	30
I~III 龄幼虫	385	扩散等		37
IV~VI 龄幼虫	242.5	鼠捕食	48.5	20
		寄虫, 疾病	12.1	5
		其他	167.3	69
		合计	227.9	94
前蛹	14.6	捕食等	2.9	
蛹	11.7	脊椎动物捕食	9.8	84
		其他	0.5	4

		合计	10.3	88
成虫	1.4	性比 (30♀:100♂)	1.0	70
一世代	……	……	519.6	99.93

(2) 数量分析法: 绘图目测法简单, 一目了然, 易掌握, 但有时几条曲线波动的形状相似, 目测难以确定关键因子, 数量分析法可以解决这一缺陷。其数据与上述方法一样, 得出多年积累的 K_i 和 K 值, 将 k_i 值放在 y 值, 以 K 值放在 x 轴上, 即以 k_i 为因变量, K 为自变量, 分别求出 K 值对应点 K 的回归系数 b , 斜率 b 最大的 k_i 为关键因子, 其他死亡因子对种群密度变化的相对重要性可由 b 值的大小来确定。各回归系数之和应接近于 1。

实验二 生物气候图解

一、目的

掌握利用气象资料进行气候分析的图解方法, 并了解这种方法的生态学意义。

二、仪器准备

格纸、直尺、铅笔、绘图笔、中国植被图。

三、一般说明

绘制气候图解是提供各地气候状况的经典方法, 对比各地的气候图解, 可以较快地弄清不同地区生气候的异同, 从而找出生物气候与生物类群之间的联系。

常用的图解法之一是由 Caussen 与 Walter 提出的, 主要是用月平均温度和月平均降水量的匹配关系来表示生物气候类型, 其具体做法如图 2-1。

另外一种图解方法比 Walter 图解简单些, 即以纵坐标表示温度, 横坐标表示降水, 按某地月平均气温与月平均降水量在图上找出各自的坐标位置, 用来表示一个地区的生物气候特征 (图 2-2)。把不同地区的气候图绘在同一图上, 对不同的气候图进行比较, 可以看出各地区生物气候的异同。

如果对某一物种 (植物或动物) 的最适条件和忍耐范围研究清楚的话, 通过作图并与气候图解进行比较, 便可确定该物种可能定居的地区。

四、实验步骤

先将研究地区代表气象台站的气象资料按图中所需要的项目查找出来, 再依此数据做图。本实验选取全国 8 个气象台站, 其有关数据列入表 2-1, 要求每个同学按此数据做出 Walter 气候图解及 Dajoz 气候图解。最后阅读中国植物图, 并对照两种气候图解, 写一简要报告, 说明以上 8 个地区的生物气候特点。

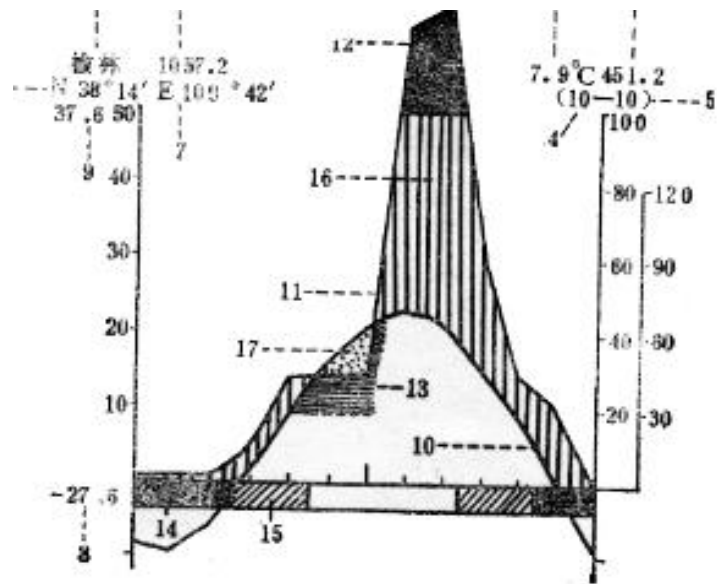


图 2-1 气候图解 I

气候图解说明(依 Gaussen, 1954;Walter,1973,略加修改) 1. 海拔高度(米); 2. 年均温(°C); 3. 年平均降水量(毫米); 4. 湿度的观测年数; 5. 降水的观测年数; 6. 北纬; 7. 东经; 8. 绝对最低温度(°C); 9. 绝对最高温度(°C); 10. 月平均温度曲线(见左边刻度,一格等于10°C); 11.月平均降水量曲线(在右边,刻度10°C=20毫米); 12. 月平均降水量超过100毫米(刻度降到1/10),黑色面积; 13. 降水量曲线,刻度降到10°C=30毫米,水平线区域,半干早期; 14. 最低日均温低于0°C的月份,黑色; 15. 绝对最低温度低于0°C的月份(斜线条的); 16.湿润期(直线条区域); 17.干早期(有圆点的区域); 18.站名

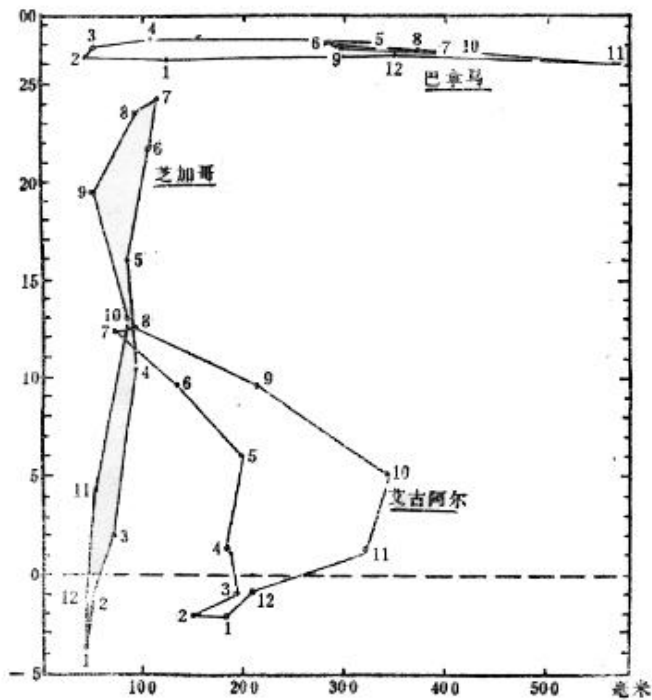


图 2-2 气候图解 II

表 2-1 八个气象台站的有关资料

气象台站	项目	月 份												全年	记录年代
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
河口	降水 (mm)	17.2	36.1	49.4	131.4	152.4	254.3	249.4	336.8	226.1	136.5	69.9	38.2	1732.2	1961—1970
22° 30'	气温 (°C)	15.2	16.5	20.3	23.8	26.8	27.2	27.7	27.1	26.0	23.5	24.1	16.9	22.6	1961—1970
103° 57'	极端最高气温	34.9°C (1965.5.12)													
136.7m	极端最低气温	2.2°C (1961.1.18)													
	日均温低于 0°C 天数	—													1961—1970
福州	降水 (mm)	61.7	62.2	111.3	124.0	187.6	229.7	99.3	156.1	144.5	37.2	31.6	30.8	1288	1961—1970
26° 05'	气温 (°C)	10.3	10.3	13.3	18.3	22.7	25	28.3	28.3	26.3	21.7	17.9	12.9	19.7	1961—1970
119° 17'	极端最高气温	39.0°C (1996.8.3)													
84m	极端最低气温	-1.7°C (1996.8.3)													
	日均温低于 0°C 天数	—													
北京	降水 (mm)	2.0	6.4	9.6	33.6	24.0	49.3	174.0	209.1	50.5	17.5	7.0	1.1	584.0	1961—1970
39° 48'	气温 (°C)	-4.7	-2.5	4.6	13.0	20.5	24.3	26.1	24.8	19.4	12.4	4.0	-3.0		
116° 28'	极端最高气温	40.6°C (1961.6.10)													
31.2m	极端最低气温	-27.4°C (1966.2.22)													
	日均温低于 0°C 天数	30.8	27.9	21.6	1.9	0	0	0	0	0	1.3	16.8	30.6	130.9	1961—1970
根河	降水 (mm)	2.9	2.8	7.4	17.2	32.5	70.6	107.2	106.5	57.2	10.7	6.7	5.8	427.4	1961—1970
50° 41'	气温 (°C)	-31.1	-27.0	-15.6	-1.6	7.6	13.9	16.7	13.9	6.2	-2.7	-18.1	-29.0	-5.7	1961—1970
121° 57'	极端最高气温	35.4°C (1961.6.21)													
979.9m	极端最低气温	-49.2°C (1966.2.22)													
	日均温低于 0°C 天数	31	28.2	31	29	21.2	5.3	0.1	1.2	1.7	30.2	30	31	255.2	1961—1970
锡林浩特	降水 (mm)	2.0	1.9	3.6	8.1	28.6	41.9	74.7	67.3	27.1	10.0	2.4	1.7	269.3	1961—1970
13° 57'	气温 (°C)	-20.3	-17.5	-7.1	4.5	13.0	18.1	20.8	18.8	11.6	3.3	-7.7	-16.6	1.8	1961—1970

116° 04'	极端最高气温	36.9℃	(1968.7.23)												
989.5m	极端最低气温	-36.9℃	(1967.12.27)												
	日均温低于0℃天数	31	28.2	30.8	21.7	6.2	0.2	0	0	6	24.6	29.9	31	209.6	1961-1970
玉树	降水 (mm)	4.3	2.3	7.2	11.6	48.0	106.3	103.8	96.5	85.0	19.7	2.9	0.8	488.4	1961-1970
33° 06'	气温 (℃)	-8.2	-4.9	-0.9	-3.8	7.9	10.4	12.5	11.5	8.6	2.9	-3.4	-7.3	2.7℃	1961-1970
96° 45'	极端最高气温	28.7℃(1968.7.23)													
3702.6m	极端最低气温	-26.1℃(1963.1.19)													
	日均温低于0℃天数	31	28.2	30.9	26.7	28.8	2	0.3	1.6	3.4	23.5	30	31	219.4	1961-1970
二连	降水 (mm)	1.3	1.1	1.8	5.2	11.3	17.4	32.5	40.0	13.0	6.1	1.4	0.5	131.6	1961-1970
43° 39'	气温 (℃)	-19.0	-15.5	-4.9	6.3	15.0	20.9	23.0	21.0	13.5	4.6	-6.9	-16.0	3.5	1961-1970
112° 00'	极端最高气温	39.6℃(1961.6.9)													
964.8m	极端最低气温	-38.1℃(1967.12.8)													
	日均温低于0℃天数	31	28.1	30.6	19.4	2.9	0	0	0	2.9	21.5	29.8	31	197.2	1961-1970
乌鲁木齐	降水 (mm)	5.6	4.0	18.8	22.6	25.1	29.7	16.4	18.9	14.2	17.2	15.2	7.4	535.9	1961-1970
43° 54'	气温 (℃)	-15.2	-12.2	0.7	10.8	18.9	23.4	25.7	23.8	17.4	8.2	-2.6	-12.0	7.3	1961-1970
87° 28'	极端最高气温	40.9℃(1966.6.18)													
653.5m	极端最低气温	-32.0℃(1968.12.31.)及(1969.1.30)													
	日均温低于0℃天数	31	28.2	20	5.2	0	0	0	0	0.1	6.1	26.2	31	147.8	1961-1970

实验三 大麦对杂草的他感作用

一、原理

他感作用 (allelopathy) 是描述生物有机体之间相互化学作用的一个术语, 意指一个生物有机体向环境释放毒素以抑制其他生物的发 芽、生长或繁殖。这种相互作用亦发生在动物 (特别是淡水生物, Ryther, 1954), 植物、细菌和真菌的联合体之间。他感作用的机制是当前很多研究的课题, 而这一现象早在 19 世纪早叶即已发现。De Candolle 卓绝的工作在 1830 年就证明, 连续栽种一种谷物的农业系的歉收, 并非营养衰竭之故。“土壤疾病”的研究不能解答, 有些植物在同一位置年复一年地栽种之后, 为什么长势显著衰退? 即使补施化肥, 也无疾病的征兆, 仍然如引? De Canlolle 确信, 致病土壤的产生是因为植物根部分泌毒素。1900 年初的几个实验进一步证实了这一论断, 实验方法是把幼苗栽种在含有可能是他感植物的根部冲刷液土壤中, 记录这些幼苗与对照幼苗之间的生长差异。

后来, 有大量的研究证实了他感作用的普遍存在, 控制他感作用对农业计划的重要性, 及其许多作用机制问题 (Rice, 1974; Garb, 1961; 等, 1968; Muller, 1970; Whittaker 和 Feenny, 1971)。

室内实验是调查一种谷物大麦 (*Hordeum vulgare*), 对各种杂草的萌芽、生长的抑制效应。在野外调查他感作用不大容易, 但有一种最常见的现象是一种真菌, 食用小皮伞 (*Marasmius oreades*) 对草坪禾草的抑制作用。这能在很多学校或公园的草坪见到。

二、实验设备

温室内: 50×50 厘米种子盆至少 10 厘米深的土 (John Innes 2 号混合肥); 大麦种子和一种杂草种子如繁缕 (*Stellaria media*)。实验室地内: 剪刀; 20×10 厘米纸袋; 镊子; 精确度 0.01 克的台称; 有机玻璃尺; 两脚规。

三、实验准备

本实验的每一种处理均需要 3 组学生准备一个下午, 一周后还要一个短时间工作。计划内的基本实验是两个种 (即大麦和繁缕) 以 1: 1 混合培养, 并设立两个种单独培养的对照。整个实验中, 基本实验可作很多外理, 例如, 选择大麦和繁缕的不同混全比例, 用其它杂草种子 [例如用千里光 (*Senecio vulgaris*)] 代替繁缕, 或交错播种时序, 以致大麦和繁缕能高出一头, 也可安排一系列的播种密度, 这一切都不需要额外的准备。因为实验操作依赖于学生人数, 为此组织者应据此选择实验处理的系列。随后, 仅需详细记录大麦和繁缕 1: 1 混合的简单情况, 但其它扩大实验也应给予必要的观察记录。

1. 夏季末收集大量的繁缕穗子。把种子从查壳中碾出后贮藏在干燥阴凉的地方。

2. 实验前 2 至 3 周准备种子盆 (这是为了基本实验; 除非物种改变, 所选择的混合培养不需要其他对照)。种子盆内装入 10 厘米深的混合肥, 把土表整平。

3. 土壤表面划上 10×10 格子 (即 5×5 厘米方格), 每方格中心分别放一粒大麦或繁缕种子。排列的变化可以是一排大麦一排繁缕, 随机混合或者每个成块随机混合。

4. 撒上少量泥土覆盖种子, 用孔眼很细的莲蓬头洒水壶或喷雾器浇水。每只盆子上详细记上实验设计, 如查学生参加准备, 则标上姓名。

5. 把实验植物放在约 20℃ (保持 12 小时光照) 的环境下培养 2-4 周。

为了进一步对照, 大麦和繁缕以同样的密度 (即每 5×5 厘米方块种一粒种子) 单独培育, 用流过大麦的水浇洒繁缕。这种水可以把照片显影盘 (比种子盆大) 放在大麦种子盆下面进行收集。也可以用水培养大麦, 每天换水, 用换下的水浇灌繁缕。这一对照排除了物理干扰的可能。

四、实验步骤

1、每两个学生给一只种子盆

2、记录盆内植株特性的数量。根据杂草种类选择特性，下列这些征状一般是合适的。

萌芽百分率；

平均叶长；

平均节间距，包括茎和根的节间距；

平均高度；

每株植物的平均花数；

3、平均干重是由地上枝的平均干重来测得，因为细根很难分离。沿地面切下 10 棵植株（若是混合盆，则是每种切 10 棵），洗净吸干后放入纸袋。纸袋应预先称重并用铅笔在袋上注明。当只需要 10 棵植株的总重时，可把植株全切碎，以便放入一个纸袋。

4、纸袋放在 60℃烘箱干燥一周。

5、纸袋从烘箱取出，冷却后称重。

6、植株平均干重可由下式计算

$[(\text{植株}+\text{纸袋})\text{重}-\text{纸袋重}]/10$

7、对单独培养，与大麦一道培养以及用大麦冲洗水浇洒的繁缕要分别进行形态和重量特性的比较。

8、能作归类的数据，如萌发/不萌发，用 2×2 列联表进行比较统计。连续性变化数据，如叶长度，可用 t-测验来检验比较试验的显著性（参阅 Parker,1979）。

实验四 P—V 曲线的制作

一、目的和意义

P—V 曲线即压力—容积曲线 (Pressure volume curve), 是通过压力室测定植物样品水势和出水量而绘制成的曲线。研究工作中可根据 P—V 曲线求得多种水分参数。P—V 曲线技术在植物水分状况的研究中已广泛应用, 特别是在木本植物的水分状况研究中占有重要的地位。本实验的目的是掌握 P—V 曲线的制作过程, 并能对曲线中的各水分参数进行分析。

二、基本原理

目前所采用的压力室技术是 Scholander 等人在 1964 年创立的。他们在压力室中测定带叶枝条时发现, 植物组织的相对含水率与所施加的压力之间存在着一种特殊关系, 将平衡时的压力 P 对相应的压出来的水量 V 作图, 便得到了两者之间的关系图, 即 P—V 曲线: 开始为曲线, 压出一定量的水之后, 则呈直线关系。1972 年 Tyree 和 Hammel 对其原理加以全面论述。根据 Vant Hoff 原理: 溶液的渗透势与溶解一定量溶质的溶液的体积成反比。可用此公式来阐明 P—V 曲线直线部分压力 (即渗透势) 与体积 (即渗透水含量) 之间关系:

$$\begin{aligned} 1/P &= V / (RTN_s - F_{(V)}) \\ &= (V_0 - V_e) / (RTN_s - F_{(V)}) \end{aligned}$$

其中: P: 压力室中的平衡压;

R: 气体常数;

V₀: 饱和状态下共质体水含量;

T: 绝对温度;

V_e: 压出来的水量;

N_s: 枝条活细胞中总渗透克分子数;

挤出一定量的水以后, F_(V) 变为零, 则公式 (1) 变成:

$$1/P = (V_0 - V_e) / RTN_s = 1/\pi \quad (2)$$

其中: π : 枝条体积渗透势

因为 RTN_s 为常量, 则 1/P 与 V₀—V_e 呈直线关系, 则平衡压 P=渗透势 π 。根据这一原理可以绘制出各种不同的 P—V 曲线。

三、测定方法

目前, 主要有两种测定方法。一般所采用的是 Hammel 法, 即在每一平衡压时, 收集挤出来的水 (V_e) 进行称重的方法。另一种称为 Richards 法, 即在测定每一平衡压的前后对枝条或叶片进行称重的方法。它的最大优点是节省时间, Tyree 对比了这两种方法在测定植物水分参数中的系统误差后, 指出 Richards 法易产生误差, 但增加平衡时间或减低增压速度可提高其精度, 但这样就失去了它的“省时”优势。

下面就以 Hammel 法为例, 说明 P—V 曲线的测定过程。这种方法应用比较普遍。

一) 仪器设备: 压力室, 分析天平 (万分之一), 吸水纸、聚乙烯小管, 烘箱。材料: 木本植物小枝

二) 测定步骤:

1、于傍晚或清晨在树木的中部向阳面采集一年生小枝, 立即封入黑色塑料袋带回实验室后, 将其基部浸入水中, 上覆黑色塑料袋, 浸泡一昼夜以上, 以使小枝水势恢复到近饱和状态的 -0.1Mpa 左右。

2、将已恢复到近水分饱和状态的小枝取出后, 迅速用吸水纸吸干基部和叶表面附着的多余水分, 称取其饱和鲜重。

3、平衡压的测定：将已吸水饱和的枝条装入钢筒。以 0.2MP/min 左右的速度缓慢加压，直到木质部切口出现水液为止。记录当时所施加的压力；随即减压 0.05Mpa，并确认水液已退回。此后再缓慢地反复升压与减压，直至平衡压确定到误差不超过±0.007Mpa，记录此平衡压。

4、校正平衡压：减压 0.1Mpa、5min 后重复上述步骤，确定平衡压。

5、测定出水量与水势：试样切口上装置一事先称重，内放吸水纸的聚乙烯小管（约 5cm 长，直径约 0.8cm），用 Hammel 逐步升压法逐步升压，在每次压力下集取被压出的水液，取出小管称其出水量。继续升压重复上述操作，直至每次吸收的水量与平衡压呈直线增加，在测定了 10—14 次后，取出样枝再测定其鲜重，并于 105℃ 下烘干 12 小时测定干重。

四、绘制方法

主要有两种。常用的方法是用平衡压的倒数 1/P 对挤出水量 V_e 或相对含水率 RWC 或水分饱和亏 $WSDL=1-RWC$ 作图。称为 Hammel 法，1978 年，Richter 提出了另一种绘制方法，用平衡压 P 对 RWC 的倒数 $1/RWC$ 的倒数 $1/RWC$ 作图。但应用最普遍的是 Hammel 法。用 Hammel 法绘制的曲型 P—V 曲线及其所得参数，如图 4-1 所示。

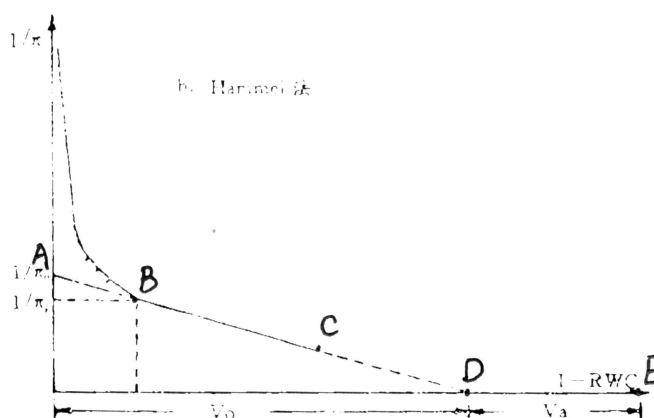


图 4-1 P—V 曲线的绘制方法：

图中 π 为水势、 π_0 为饱和渗透势、 π_p 为膨压为零时的渗透势、 V_0 为共质体水相对含量、 V_a 为非共质体水相对含量、RWC 为相对含水率。

- 1、 V_t ：饱和含水量，横轴的 E 点 ($W_t - W_d$)
- 2、 V_0 ：饱和渗透水含量，D 点
- 3、 M_{rp} ：初始质壁分离时的相对含水量 $M_{rp} = (V_t + V_p - V_0) V_t$
- 4、 M_{rop} ：初始质壁分离时的相对渗透水含量 (M_{rop}) = V_p / V_0

M_{rp} 与 M_{rop} 被认为是鉴定植物抗旱性的指标，二者值越低表明植物耐水分胁迫能力越强。

- 5、 V_p ：初始质壁分离时的渗透水含量。P—V 曲线中的 B—D 段

6、 ϕ_π^0 ：初始质壁分离时的渗透势，P—V 曲线中 B 点对应的纵坐标 ϕ_π 值，这是植物抗旱能力的最佳指标。 ϕ_π^0 越低，表明植物抗旱能力越强。

7、 ϕ_π^{100} ：饱和含水时的最大渗透势，P—V 曲线中 BC 曲线延伸与纵坐标交点 A 水势值， ϕ_π^{100} 表明了植物在生长过程中细胞内可溶性物质所能达到的浓度， ϕ_π^{100} 值越低，细胞

浓度越大，吸水保水能力强。

参考文献

- 1、杨持主编. 生态学实验与实习. 高等教育出版社, 2003
- 2、内蒙古大学生物系编著. 植物生态学实验. 高等教育出版社, 1986
- 3、S. D 雷坦, G L. A. 弗顿伊著. 吴千红译. 生态学野外及实验室实验手册. 科学出版社, 1986
- 4、柴宝峰, 王高本, 李洪建. 三树种 P—V 曲线水分参数的比较研究. 水土保持通报, 1996, (16).
- 5、蒋士梅, 杨茂仁. P—V 曲线的制作及其在树木抗旱性研究中运用的讨论. 内蒙古林业科技, 1994, (2).
- 6、孙群等合编. 植物生理学研究技术 西北农林科技大学研究生试用教材 2004.9
- 7、Tyree, M. T. and Hammel, H. T. 1972 The measurement of the turgor pressure and the water relations of plants by the pressure-bomb technique J.Exp Bot.23:267—282。