

实验二 Logistic方程参数的估计和曲线的拟合

——浮萍种群在有限资源条件下的增长模型

原理

- 自然种群不可能长期而连续地按几何级数增长。
- 有限空间 → 密度上升 → 竞争增加 → 实际增长率降低 → 停止增长
- 最早由比利时学者Verhilst(1838)提出。

Logistic方程及其参量

将种群在有限环境下的S增长曲线进行拟合的方程称为Logistic方程：

$$dN/dt=rN[(K-N)/K]$$

其积分式为：

$$N_t=K/(1+e^{a-rt})$$

式中： K为环境容纳量

N为种群的数量

e=2.71828为一个常数，即自然对数的底

r为种群的瞬时增长率

t为时间

Logistic增长模型的重要意义

- 是两个相互作用种群增长模型的基础
- 在实践领域中确定最大持续产量的主要模型
- 模型中的两个参数 r 、 K 是生物进化对策理论中的重要概念

建立Logistic模型的前提

- 环境条件允许种群有一个最大值，即环境容纳量 K
- 种群增长率的降低随种群密度上升而成比例的增加
- 种群密度的增加对其增长率的降低作用无时滞效应
- 种群无迁出和迁入现象

实验步骤

- 准备浮萍培养液——Datko改良培养液
- 确定浮萍的最初密度：4个/三角瓶
- 25℃恒温光照培养
- 定时观测：每隔2天，在同一时间点进行观测，计数
- Logistic方程参数的估计

求K值的三种方法

- 目测法：根据观测数据，在坐标纸上描点，由此可看出种群增长趋势，并估计渐近线在什么范围，确定K值
- 平均法：利用到达平衡点开始的一天及以后几天的数据，计算平均值
- 三点法：

三点法即根据等时间间隔的**3**组观察值，利用下列公式求出K值

其中**N1**、**N2**、**N3**是等距离横坐标上所对应纵坐标的数值，即等时间间隔的**3**组种群数量观察值，要求时间间隔尽量大些。

绘制Logistic增长曲线，Logistic增长的积分方程为：

$$K = \frac{2N_1N_2N_3 - N_2^2(N_1 + N_3)}{N_1N_3 - N_2^2}$$

可变形为：

$$N_t = \frac{K}{1 + e^{a - rt}}$$

两边取对数，得出： $\ln \frac{K - N}{N} = a - rt$

- 设 $y=\ln(K-N)/N$, $b=-r$, $x=t$ 。则可将Logistic方程写为 $y=a+bx$ 。利用直线回归的统计方法求得参数代入Logistic方程, 可得到理论值。
- 将理论值与实际值进行t检验, 确定无显著性差异, 则Logistic方程拟合成立。