种群 §2-1

概念：①一定区域内 ②同种生物 ③全部个体{幼 中 老}

（生物繁殖的基本单位+生物进化的基本单位）

一、种群的数量特征

1、种群密度：种群在单位面积或单位体积中的个体数称~（是种群最基本的数量特征）

种群密度的调查方法

(1) **样方法**：在被调查种群的分布范围内，随机选取若干个样方，通过计数每个样方内的个体数，求得每个样的种群密度，以所有样方种群密度的平均值作为种群密度的估算值。

双子叶草本植物个体数目易辨别，单子叶草本植物多为丛生或蔓生，不易辨别是一株还是多株。

a.适用对象：双子叶草本植物或活动范围小、活动能力弱的动物

样方法并非只适用于植物，对于活动能力弱、活动范围小的动物如昆虫卵、蚜虫、跳蝻等也可用样方法调查。

b.调查步骤：

- 准备 → 来到调查地点后，先大致观察一下地形
- 确定调查对象 → 选择要调查的物种，确定该物种的调查范围
- 选取样方 → 方法：五点取样法和等距取样法；关键：随机取样
- 计数 → 计数每个样方内所调查植物的数量
- 计算种群密度 → 计算所有样方种群密度的平均值
  - 计算方法：所有样方内个体数之和/所有样方面积（或体积）之和。


五点取样法


等距取样法

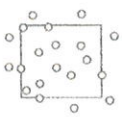
c.计数方法：样方内的个体全部计数，样方边界线上计数相邻两边及其顶点上的个体（计上不计下，计左不计右）

d.样方选取注意：~样方数目随调查地段的总体面积而定，一般来说，选取的样方越多，求得的种群密度越接近实际情况。
~样方大小视被调查的生物类型而定，一般来说，乔木为100平米，灌木为16平米，草本为1平米，样方的形状以正方形为宜。

e.常用取样方法：

五点取样法	等距取样法
当调查的总体为非长条形时，可用此法取样。在总体中按梅花形取5个样方，每个样方的长和宽要求一致。这种方法适用于调查对象分布均匀的情况	当调查的总体为长条形时，可用此法取样。先将调查总体分成若干等份，由抽样比率决定距离或间隔，然后按这一相等的距离或间隔抽取样方

f.误差原因分析：
~未做到"随机"取样。
~未找到"分布比较均匀"的地块，导致数量"过宽"或"过窄"。
~未对"多个"样方取平均值。
~样方边线上的个体未做到"计上不计下，计左不计右"


a.方形样方，其中边界线上的个体只计数样方相邻两边及其顶点上的个体。


b.圆形样方，虚线表示圆形样方的直径，其中边界上的个体只计数虚线一侧压线个体。

(2) **标记重捕法**：在被调查种群的活动范围内，捕获部分个体，做上标记后再放回原来的环境，过一段时间后进行重捕，根据重捕到的动物中标记个体数占总个体数的比例，估算种群密度。

a.适用对象：活动能力较强、活动范围较大的动物种群

b.调查步骤：

确定调查对象 → 捕获并标记个体（标记个体数计为M） → 重捕、计数（重捕总数计为n，重捕标记数计为m） → 计算种群数量：个体总数N / 初次捕获标记数M = 再次捕获个体数n / 重捕的标记个体数m

c.密度计算：将所得的个体总数（N）除以被调查种群的总活动面积，即得种群密度

d.注意事项：
- 被标记个体必须在种群中完全混合均匀。
- 在调查期间没有大规模的出生和死亡、迁入和迁出。
- 标记物和标记方法不会对动物的正常生命活动及其行为产生任何干扰。
- 标记不能过分醒目且标记必须能够维持一定时间，在调查期间不能消失。

e.误差原因分析：

$$\frac{\text{个体总数N}}{\text{初次捕获标记数M}}=\frac{\text{再次捕获个体数n}}{\text{重捕的标记个体数m}}$$

种群数量 $N=\frac{M\cdot n}{m}$

- 若由于某原因造成m偏小，如①标记物易脱落；②被标记个体的被捕获机会降低；③标记物导致被标记个体易于被捕食；④在被标记个体稀少处捕获，则N偏大
- 若由于某原因造成m偏大，如①被标记个体放回后还未充分融入该种群中就再次捕获；②在被标记个体密集处捕获，则N偏小
- 若在调查期间，调查区域有较多个体出生和死亡或迁入和迁出，也会造成估算值出现较大误差

（3）黑光灯诱捕法：对于有趋光性的昆虫，可以用黑光灯进行灯光诱捕来估算其种群密度。



黑光灯示意图

红外触发相机

（4）逐个计数法：在调查分布范围较小，个体较大的种群时，可以逐个计数。

（5）调查方法选择：

一看：个体数量
- 少 → 直接计数法
- 多 → 估算法 → 二看：是否为植物，以及动物活动能力强弱、活动范围大小
  - 植物和活动范围小、活动能力弱的动物 → 样方法
  - 活动范围大、活动能力强的动物 → 标记重捕法

2、出生率和死亡率：单位时间内新产生或死亡的个体数目占该种群个体总数的比值。

[注：影响种群密度，种群大小的直接（主要）因素。]

$$\text{出生率(死亡率)}=\frac{\text{单位时间内新产生的个体数(死亡的个体数)}}{\text{该种群个体总数}}\times 100\%。$$

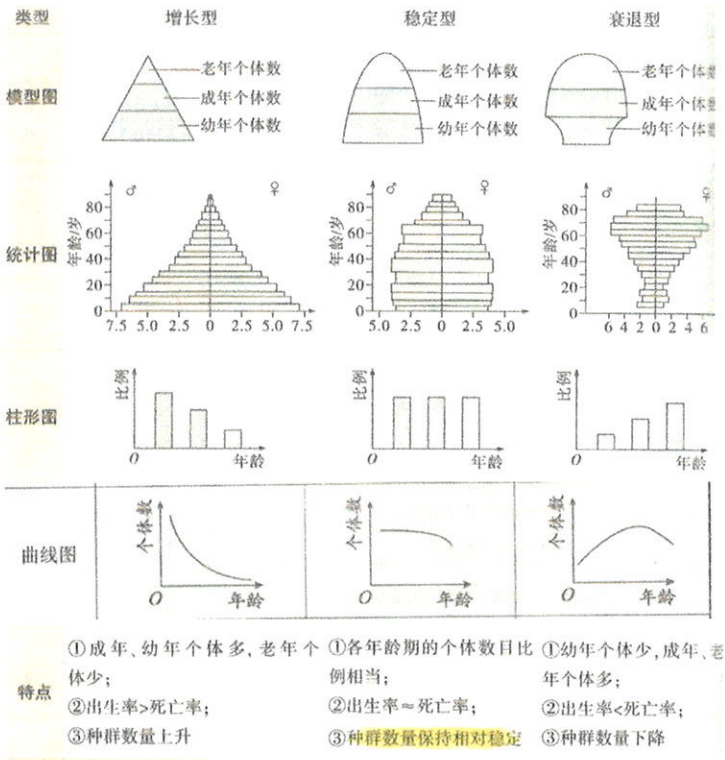
3、迁入率和迁出率：单位时间内迁入或迁出的个体，占该种群个体总数的比值。

[注：影响种群数量变动的直接因素。]

$$\text{迁入率(迁出率)}=\frac{\text{单位时间内迁入的个体数(迁出的个体数)}}{\text{该种群个体总数}}\times 100\%。$$

4、年龄结构：一个种群中各年龄期的个体数目的比例。

【注：预测种群数量的变化趋势。】



补：年龄结构为稳定型的种群，其数量不一定稳定：因为种群的出生率和死亡率不完全取决于年龄结构，还与气候、食物、天敌等因素有关，比如遇到强烈的气候变化，可导致种群数量急剧减少，并且种群数量还与迁入率和迁出率直接相关，所以年龄结构为稳定型的种群，其种群数量不一定稳定。

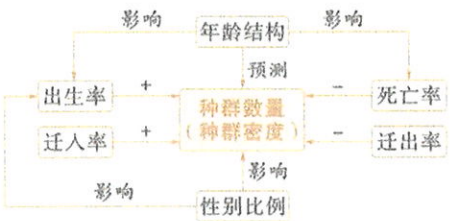
5、性别比例：种群中雌雄个体（由为可育个体）数目的比例

【注：通过影响种群的出生率来影响种群密度。】

（1）类型：雌=雄——多见于高等动物，种群密度相对稳定。
雌>雄——多见于人工控制的种群，种群密度增长快。
雄>雌——多见于营社会性生活的昆虫，种群密度增长慢。

eg:利用人工合成的性引诱剂诱杀某种害虫的雄性个体，破坏害虫正常的性别比例，使该害虫的种群密度明显降低。

6、种群的数量特征之间的关系



“+”“−”表示增加、减少

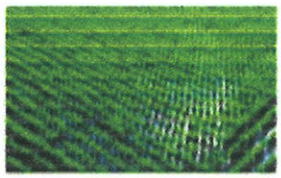
（1）种群密度是种群最基本的数量特征。
（2）种群数量不等于种群密度：种群密度是种群在单位面积或单位体积中的个体数。
（3）决定种群密度变化的直接因素：出生率和死亡率、迁入率和迁出率。
（4）影响种群密度的间接因素：年龄结构和性别比例。
（5）年龄结构既影响出生率，又能影响死亡率，而性别比例仅影响出生率。（年龄结构通过影响出生率和死亡率间接影响种群密度。性别比例通过影响出生率，间接影响种群密度。）
（6）影响种群密度的因素还有气候、食物、天敌、传染病等。

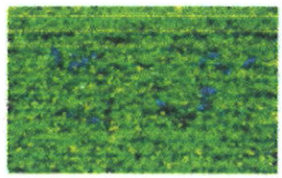
补：为何种群的出生率（或迁入率）大，其种群密度不一定增大？

种群密度是由出生率和死亡率、迁入率和迁出率直接决定的，但种群的出生率（或迁入率）大，其种群密度不一定增大。当出生率（或迁入率）>死亡率（或迁出率）时，种群密度才会增大。例如我国人口的增长是由出生率>死亡率造成的，不能单纯说是由出生率大造成的。

二、种群的空间特征

1、均匀分布　2、随机分布　3、集群分布


水稻的空间分布


某种杂草的空间分布


蝗虫的空间分布

三、种群的数量变化

1、建构种群增长模型的方法及步骤：

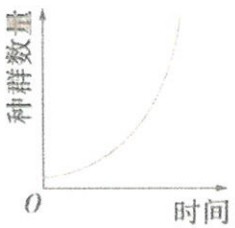
研究方法	研究实例
观察研究对象，提出问题	细菌每20 min分裂一次，怎样计算细菌繁殖n代后的数量？
提出合理的假设	在资源和生存空间没有限制的条件下，细菌种群的增长不会受种群密度增加的影响
根据实验数据，用适当的数学形式对事物的性质进行表达	方程式：$N_n=2^n$（N代表细菌数量，n表示繁殖代数）
通过进一步实验或观察等，对模型进行检验或修正	观察、统计细菌数量，对自己所建立的模型进行检验或修正

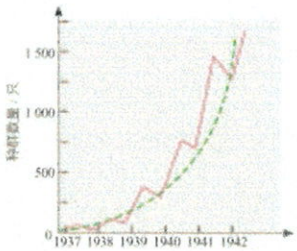
2、种群的“J”形增长

(1) 概念：自然界有类似细菌在理想条件下种群增长的形式，如果以时间为横轴坐标，种群数量为纵坐标画出曲线来表示，曲线则大致是“J”形。像这种类型的种群增长称为“J”形增长。

(2) 出现条件：理想状态（a.食物、空间条件充裕；b.气候适宜；c.没有天敌和其他竞争物种等。）

(3) 增长模型：





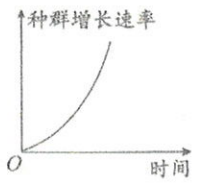
a. 公式：

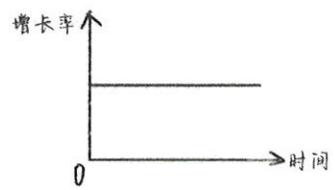
N_0为该种群的起始数量，t为时间，N_t表示t年后该种群的数量，λ表示该种群数量是一年前种群数量的倍数。

t年后种群数量为$N_t=N_0\lambda^t$

- λ > 1 → 种群数量上升
- λ = 1 → 种群数量稳定
- 0 < λ < 1 → 种群数量下降
- λ = 0 → 种群在下一代灭绝

b.增长速率和增长率曲线图：





c. 增长特点：种群的增长率或增长倍数保持不变，种群数量持续增长，没有上限。自然生态系统中一般不可能存在。

d. 适用范围：只适用于实验条件下和种群迁入新环境中最初一段时间内的增长

补：增长率与增长速率

(1) 种群增长率$=\frac{\text{一定时间内增长的数量}}{\text{初始数量}}\times100\%$。增长率表示种群的增长能力，具有重要的生物学意义，其数值越大，种群的增长能力越强，种群受到干扰后返回平衡状态所需的时间越短。

(2) λ和“J”形曲线增长率的关系推导：假设第t年的种群数量为N_t，第t+1年的种群数量为N_{t+1}，则$\lambda=\frac{N_{t+1}}{N_t}$，增长率$=\frac{N_{t+1}-N_t}{N_t}=\lambda-1$，故可认为“J”形曲线的增长率恒定不变。

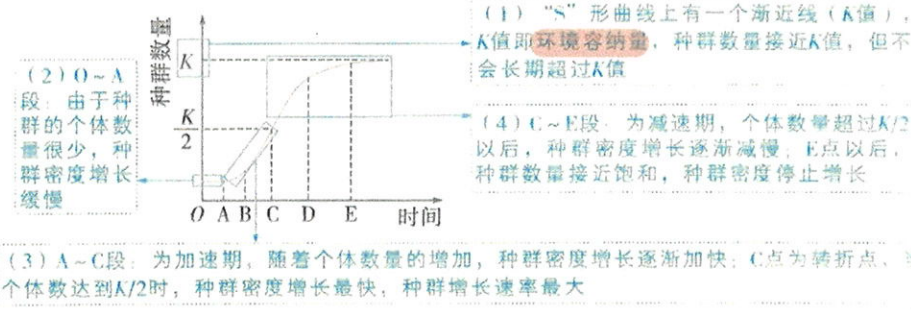
(3) 种群增长速率$=\frac{\text{一定时间内增长的数量}}{\text{时间}}\times100\%$。增长速率在种群的增长曲线上表现为曲线的斜率dN/dt，具有重要的实践意义，如在渔业上指导如何持续获得较大的产量。

3、种群的“S”形增长

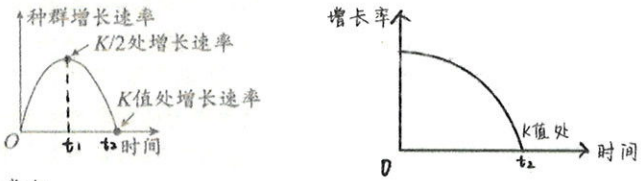
(1) 概念：种群经过一定时间的增长后，数量趋于稳定，增长曲线呈“S”形。这种类型的种群增长称为“S”形增长。

(2) 出现条件原因：现实状态（①食物、空间等资源有限；②受其他生物因素、非生物因素制约）

(3) 增长模型及特点：



a. 增长速率和增长率曲线图



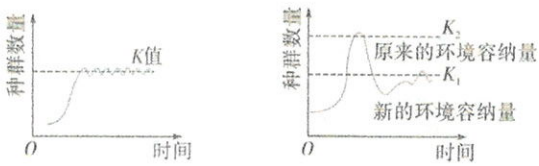
b. 适用范围：一般为自然种群的增长

(4) 环境容纳量：一定的环境条件所能维持的种群最大数量称为环境容纳量，又称K值。（种群数量达到K值以后保持相对稳定。）

(5) K值变动：

a. 同一种生物的K值不是固定不变的，会受到环境的影响。在环境不遭受破坏的情况下，种群数量会在K值附近上下波动；当种群数量偏离K值的时候，会通过负反馈机制使种群数量回到一定范围内。（甲图）

b. 当生物的生存环境遭受破坏，K值会下降；当生物的生存环境改善，K值会上升。（乙图）



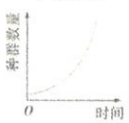
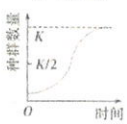
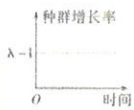
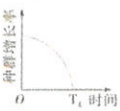
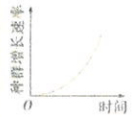
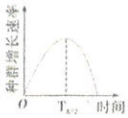
(6) K值和K/2值应用

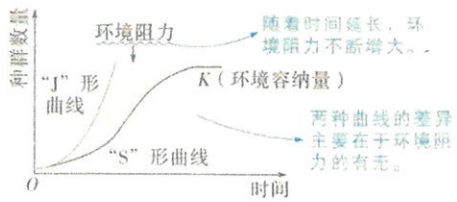
a. K值应用：①野生资源保护（保护野生物的生活环境，减小生活阻力，增大K值）
②有害生物的防治（增大环境阻力，降低其环境容纳量，降低其K值）

b. K/2值应用：①资源的合理开发与利用：种群数量达K/2时，种群增长速率最大，再生能力最强，因此维持被开发资源的种群数量在K/2值处，可实现既有较大收获量又可保持种群高速增长
②有害生物的防治：及时控制有害生物种群数量，严防达到K/2值，防止泛滥成灾。

(7) 环境容纳量与种群最大数量的关系：环境容纳量不等于种群所能达到的最大数量。种群能达到的最大值是种群在某一时间点出现的最大值，该值存在的时间很短，大于环境容纳量。

4、“J”形与“S”形曲线的比较

种类	“J”形曲线	“S”形曲线
曲线模型		
产生条件	理想状态：食物、空间条件充裕；气候适宜；没有敌害、疾病	现实状态：食物、空间有限；各种生态因素综合作用
种群增长率	 通常认为“J”形曲线的增长率恒定不变	 由于资源和环境条件有限，种群增长率一直减小，种群数量达到K值时，其增长率为0
种群增长速率	 “J”形曲线的增长速率一直增大	 增长速率先增大，后减小，在种群数量达到K/2时最大，在种群数量达到K值时为0
种类	“J”形曲线	“S”形曲线
K值	无K值	有K值



注：

1. “J”形曲线是在一种理想条件下的种群增长曲线，进入后种群数量很快就呈指数增长，不存在适应过程；而“S”形曲线的前部分是种群对新环境的适应阶段。

2. 自然条件下，种群“S”形“J”形曲线的起点一定不能从“0”开始，即种群数量不能为0。

四、影响种群数量变化的因素

1、生物因素和非生物因素

(1) 生物因素：

①种类
- 种内关系：随种群数量增长，种内竞争加剧，会影响种群数量进一步增长。
- 种间关系
  - 捕食：除顶级捕食者外，每种动植物都可能是其他某种生物的捕食对象，每种动物都需要以其他生物为食 → 例如：猞猁以雪兔为食，雪兔减少，猞猁的死亡率升高，出生率下降
  - 竞争：植物之间竞争阳光和养分，动物之间竞争猎物 → 例如：混合培养的双小核草履虫和大草履虫；非洲狮与猎豹竞争猎物
  - 寄生：病原体和寄生虫等会影响种群的出生率和死亡率等 → 例如：澳大利亚引入黏液瘤病毒使漫山遍野的野兔的数量得到控制
  - 食物：如果食物匮乏，动物种群会出现出生率降低、死亡率升高的现象 → 例如：食物的多少会影响松鼠的繁殖能力
- 人为因素：种植业和养殖业的发展，砍伐森林，猎捕动物，环境污染等。

②特点：不同物种的种群之间存在捕食与被捕食、相互竞争、寄生和被寄生的关系，它们之间的相互关系主要是通过影响种群的出生率和死亡率来影响种群的数量变化。

(2) 非生物因素：

①种类
- 阳光 → 影响植物的生长发育 → 例如：森林中林下植物的种群密度主要取决于林冠层的郁闭度 → 林冠层遮蔽地面的程度。
- 温度 → 影响生物的生命活动，进而影响生物的生存 → 例如：蚊类等昆虫在冬季一般全部死亡
- 水 → 参与细胞代谢，生命活动离不开水 → 例如：干旱会使动植物缺水而死亡；干旱会使东亚飞蝗爆发式增长 → 同一非生物因素对不同种群的影响有所不同。

②特点：非生物因素对种群数量变化的影响往往是综合性的。例如，春夏时节动植物种群普遍迅速增长，除气温升高外，日照延长、降水增多也是重要原因。

2、密度制约因素和非密度制约因素

(1) 概念：①密度制约因素：一般来说，食物和天敌等生物因素对种群数量的作用强度与该种群的密度有关，这些因素称为密度制约因素。
②非密度制约因素：气温和干旱等气候因素以及地震、火灾等自然灾害，对种群的作用强度与该种群的密度无关，因此被称为非密度制约因素。

(2) 辨析：

项目	说明	影响程度与种群密度有无关系	举例
密度制约因素	密度制约因素对种群数量变化的影响是通过反馈调节而实现的	有密切关系	竞争、捕食、寄生、疾病和种内调节等生物因素
非密度制约因素	非密度制约因素虽然没有反馈作用，但它们对种群数量变化的影响是通过密度制约的反馈机制来调节的	无密切关系	温度、降水、风等气候因素，环境污染，pH变化等环境因素

(3) 两种因素对种群数量的影响：①种群的相对稳定和有规则的波动与密度制约因素的作用有关；生物种群数量的不规则变动往往与非密度制约因素有关。
②无论密度制约因素还是非密度制约因素，它们都是通过影响种群的出生率、死亡率或迁入率、迁出率而起着控制种群数量的作用。

3、分析影响种群数量变化的因素

三看法
- 一看：因素类型
  - 生物因素和非生物因素中的光照强度 → 能影响种群数量变化；其作用强度与种群密度相关
  - 非生物因素中的气温、干旱和自然灾害等 → 能影响种群数量变化；其作用强度与种群密度无关
- 二看：生物类型
  - 相同点：温度、水和竞争者是影响几乎所有生物种群数量变化的因素
  - 不同点：光照、食草动物影响植物种群数量变化；食物、天敌、病原体影响动物种群数量变化；有机物影响腐生微生物种群数量变化
- 三看：影响途径
  - 光照强度 → 影响植物光合作用，间接影响种群数量变化
  - 温度、水 → 影响细胞代谢，间接影响种群数量变化

4、种群研究的应用

①濒危动物的保护
②生物资源的合理利用
③有害生物的防治

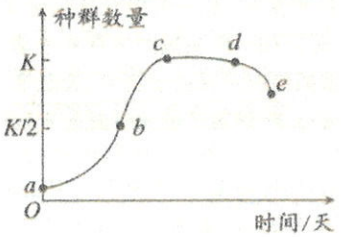
五、探究培养液中酵母菌种群的数量的变化

1、原理 ①用液体培养基培养酵母菌，种群的数量增长受培养液的成分、培养的空间、pH、温度等因素的影响。
②在理想环境中，酵母菌种群呈“J”形增长；在有限的环境条件下，酵母菌种群呈“S”形增长。在恒定培养液中当酵母菌种群数量达到K值后，还会转而下降直至全部死亡（营养物质消耗、代谢产物积累及pH变化所致）。
③可采用抽样检测的方法对酵母菌进行计数。

2、操作流程

(1)酵母菌培养	(无菌条件下)将酵母菌接种到培养液中混合均匀并培养
(2)振荡培养基	酵母菌均匀分布于培养基中
(3)观察并计数	每天将含有酵母菌的培养液滴在计数板上，计数一个小方格内的酵母菌数量，再以此为根据，估算试管中的酵母菌总数
(4)重复(2)(3)步骤	连续观察7天，统计数目 将所得数值用曲线表示出来，得出酵母菌种群数量变化规律

3、结果分析



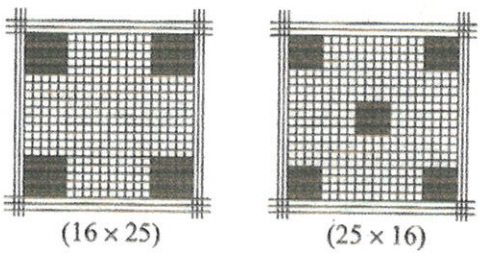
(1) 开始一段时间内，酵母菌的增长符合“S”形曲线增长模型。
(2) de段曲线下降的原因可能有营养物质随着消耗逐渐减少，有害产物逐渐积累，培养液的pH等理化性质发生改变等。

4、血细胞计数板及其使用

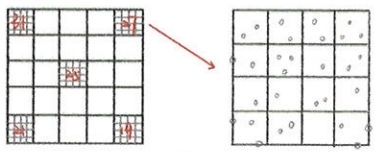
(1)血细胞计数板：通常有两种规格，一种是一个大方格分成16个中方格，每个中方格又分成25个小方格；另一种是一个大方格分成25个中方格，每个中方格又分成16个小方格。但无论哪种规格的计数板，每个大方格都有16×25=400个小方格，且一个大方格长和宽各为1mm，深度为0.1mm，容积为0.1 mm^3。 $0.1mm^3 \times 10^{-3} = 1cm^3 = 1ml$

(2)计数方法：对于16×25的计数板而言，计四角的4个中方格共计100个小方格中的个体数量；而对于25×16的计数板而言，计四角和正中间的(共5个)中方格共计80个小方格中的个体数量。（如下图所示）

(3)计算方法：①16×25型的计数板：酵母细胞个数/mL=(100个小方格细胞总数/100)×400×10 000×稀释倍数。
②25×16型的计数板：酵母细胞个数/ml =(80个小方格细胞总数/80)×400×10 000×稀释倍数。

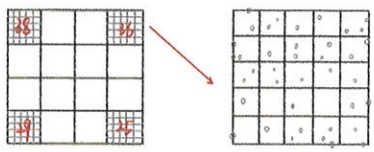


e.g.
(25×16型)



$\frac{31+27+25+21+19}{5\times16} \times (25\times16) \times 10^4 \times$ 稀释倍数

e.g.
(16×25型)



$\frac{38+36+24+25}{4\times25} \times (16\times25) \times 10^4 \times$ 稀释倍数

(4)实验及误差分析：
a. 本实验不需要设置对照实验，因为不同时间取样已形成前后自身对照。
b. 从试管中吸出培养液进行计数前，需将试管轻轻振荡几次，目的是使培养液中的酵母菌均匀分布，减少误差。
c. 制片时，先将盖玻片放在计数室上，用吸管吸取培养液，滴于盖玻片边缘，让培养液自行渗入。

标志重捕法的计算：初捕标记数量M / 总数N = 重补标记数量m / 重捕总数n

1、重捕前，由于标志物明显，被天敌捕获或者标记方法不当使其死亡，导致m减小，N偏大

调查某草原田鼠的数量时，在0.01平方千米的调查区内，放置100个捕鼠笼，一夜间捕获田鼠43只，将捕获的田鼠经标记后在原地释放。数日后，在同一地方再放置同样数量的捕鼠笼，这次共捕获36只，其中有上次标记过的个体12只。请回答下列问题：

(1)若该调查区内田鼠种群个体总数为N，则$N=$129只。若调查中使用的标记物比较醒目，田鼠被标记后被其天敌捕食的概率增大，则第二次捕获后计算得出的种群数量_____(填“大于”“小于”或“等于”)实际数量。

(2)要使上面所计算的种群个体总数和实际相符，理论上在调查期必须满足的条件是_____(填字母)。

A. 没有较多个体迁出调查区

B. 没有较多个体死亡

C. 没有较多个体出生

D. 没有较多个体迁入调查区

[2023河南高二下期末联考]样方法、标记重捕法都是估算种群密度常用的方法，下列有关叙述错误的是（B）

A. 若标记个体没有混匀即进行重捕，则最终的调查结果可能偏大也可能偏小

B. 用标记重捕法调查某种鱼的种群密度时，若渔网网孔过大，则会导致调查结果偏大

C. 采用标记重捕法时，若标记物使标记个体容易被天敌捕食，则将导致调查结果偏大

D. 用样方法调查草地中蒲公英的数量时，未统计在样方线上的个体将导致调查结果偏小

2、重捕前，由于标志物明显，被天敌捕获或者标记方法不当使其死亡，但该种群繁殖能力较强，其种群数量稳定不变，则M减小，N偏小

[2022河北名校联盟高二下月考]某研究小组对湖泊周边1公顷范围内褐家鼠的种群密度进行了调查，第一次捕获并标记了393只褐家鼠。已知标记物不影响褐家鼠的生存和活动，但褐家鼠有记忆，再次被捕的概率会降低。检测到第一次标记的褐家鼠有93只在重捕前由于竞争、天敌等自然因素死亡，但该段时间内有褐家鼠出生，故种群总数量稳定。第二次捕获了340只褐家鼠，其中带有标记的褐家鼠85只。下列相关叙述正确的是（A）300×340÷85

A. 通过计算可得该地区1公顷范围内褐家鼠的种群数量大约为1 200只

B. 调查期间，该地区1公顷范围内褐家鼠的死亡率大于其出生率

C. 调查期间，褐家鼠种群的数量波动一定会引起环境容纳量发生改变

D. 按照上述数据计算得出的该地区1公顷范围内褐家鼠的种群数量比实际值小

[山东2021·11,2分]调查1公顷范围内某种鼠的种群密度时，第一次捕获并标记39只鼠，第二次捕获34只鼠，其中有标记的鼠15只。标记物不影响鼠的生存和活动并可用于探测鼠的状态，若探测到第一次标记的鼠在重捕前有5只由于竞争、天敌等自然因素死亡，但因该段时间内有鼠出生而种群总数量稳定，则该区域该种鼠的实际种群密度最接近于(结果取整数)（B）

A. 66只/公顷　　B. 77只/公顷

C. 83只/公顷　　D. 88只/公顷

39×34÷15

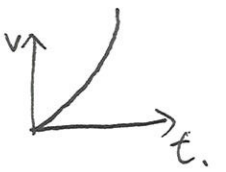
3、重捕后，由于人为操作不当，使带标记的或不带标记的个体死亡，导致m减小，n减小，N基本不变

(3)现运用标记重捕法对1公顷石榴园内的山鼠种群密度进行调查，首捕数为80只，标记后放回。重捕数为60只，其中标记个体为10只，由于操作不当，重捕个体中带标记的个体死亡2只，则石榴园内的山鼠密度约为480_____只/公顷。

80×60÷10

种群.

- 种群的数量特征.
  - 样方法、标记重捕法、黑光灯 捕法、逐个记数、~~性~~ 性别比例、红外摄像机、鸣叫.
  - 出生率、死亡率(直).
  - 迁入率、迁出率(直).
  - 年龄结构(间接).
  - 性别比例(间接).
- 种群空间特征: 集群分布、随机分布、均匀分布.
- 种群数量变化
  - J(理想型) ~~$N_t = N_0 \lambda t$~~ $N_t = N_0 \cdot \lambda^t$
    - $\lambda > 1$ ↗
    - $0 < \lambda < 1$ ↘
    - $\lambda = 0$ 下一代灭绝.
  - S(自然) ⟶ $\frac{k}{2}$ (V_{max}) k(环境容纳量) ≠ 种群最大数量.





- 影响种群数量变化的因素
  - 生物: 种内竞争. 种间关系.
  - 非生物: 温度 光 水、
  - 密度: 食物 天敌.
  - 非密度: 气候 自然灾害.
- 酵母菌种群数量变化.

