

第一章 绪论

1. 生态学是研究生物与环境之间的相互关系的科学。

2. 农业生态学是研究农业生物之间、环境之间及生物与环境之间的相互关系及调控途径的科学。

主要内容包括生态学基本原理、农业生态系统功能及其调控、生态农业与可持续发展。

特点：实用性、综合性、层次性

任务：运用农业生态学的理论和方法，分析研究农业领域中的生态问题，研讨协调农业生态系统组分结构及其功能，提出相应的发展模式与技术途径，促进农业生产的持续高效发展。即包括农业生态系统的诊断与评价、农业区划与生态功能区划分、农业生态工程与技术研发、生态农业模式设计与优化。

3. 全球生态环境突出问题

全球气候变化与温室效应（指太阳短波辐射可以透过大气到达地面，而地面增温后发出的长波辐射却被空气中 CO_2 、 N_2O 和 CH_4 等温室气体吸收，从而使大气变暖的效应）全球气候变暖主要原因是空气中的温室气体浓度增加，形成温室效应。

生态多样性减少（生态多样性是生物及其环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的综合，包括动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与其生存环境形成的复杂的生态系统。包括遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性）

环境污染

土地荒漠化（荒漠化是指由于人类不合理活动和气候变化所导致的干旱区、半干旱区、及具有明显旱季的半湿润地区的土地退化，包括土地沙漠化、草地退化、旱作农田的退化和土壤肥力下降等）人类不合理经济活动是造成荒漠化的主要原因，人口增长对土地的压力是土地荒漠化的直接原因，干旱土地的过度放牧、粗放经营、盲目垦荒、水资源的不合理利用、过度砍伐森林及不合理开矿等是人类活动加速荒漠化扩展的主要表现。

4. 中国生态环境主要问题

大气污染 大气中污染物主要构成为二氧化硫、烟尘、粉尘和机动车尾气

水体污染

土壤污染 土壤主要污染物为镉镍铜砷汞铅、滴滴涕和多环芳烃

土地沙漠化 全国荒漠化土地 257.37 万平方公里，占国土 26.81%；沙化土地 168.78 公里，占 17.58%；具明显沙化趋势 27.92 万平方公里，占 2.91%

草原退化 主要原因：超载过牧、干旱沙化、鼠害，造成草原生产力和优质草减少

湿地减少

水土侵蚀

5. 中国农业生态系统面临的突出问题

水土资源短缺、农业面源污染加剧、农村与农田生态景观差、气候变化适应与减缓能力弱

第二章 生物种群与群落

种群生态

1. 种群是指在一定时间内占据特定空间的同一物种（或有机体）的集合体。
2. 基本特征：**空间分布特征（静态和动态）、遗传特征与生态对策及数量特征**

①**空间静态分布**（由于自然环境的多样性及种内、种间个体的竞争，每一种群在一定空间中都会呈现出特有的分布形式）：随机型（指种群内个体在空间的位置不受其他个体分布的影响即互相独立，同时每个个体在任一空间分布的概率是相等的，如蜘蛛）、均匀型（指种群内个体在空间呈等距分布，如玉米的种植和水稻的插秧）、成群型（既不随机也不均匀，形成密集的斑块）：有成群随机型和成群均匀型，成群型分布原因：（植物）繁殖特性、天然障碍、动物及人为活动；（动物）局部生境差异、气候节律性变化、配偶和生殖结果以及社会关系。**空间动态分布**（指种群内个体在位置上的变动情况）：迁移（动物）、扩散（植物和微生物）

种群的空间分布特征主要由种群对空间的需要及其对空间利用方式（分散利用与共同利用）决定。

分散利用是指以个体或家族生活方式的物种，占有特定的空间或领域，不允许同种的其他个体在其空间内生活的空间利用方式。意义在于：保证食物的需要和保护幼体；保证有营巢地和隐蔽所；调节种群密度。共同利用是指以集群为生活方式的种群对其空间资源的利用方式。意义在于改变小气候条件；共同取食和对空间资源的充分可利用；共同防御天敌；有利于动物的繁殖和幼体发育。

②**生态对策**（生态系统中的生物朝着不同方向进化的“对策”）

R 对策是生物个体小、寿命短、存活率低但增值率高，具有较大的扩散能力，适应于多种栖息环境，种群数量常出现大起大落的突发性波动进化对策，如农田昆虫、杂草、土壤微生物等。K 对策是生物个体大、寿命长、存活率高，适应于稳定的栖息环境，不具有较大扩散能力但具有较强的竞争能力，种群密度较稳定，常保持在最大环境容纳量 K 的水平的进化对策，如乔木、大型肉食动物等。

特征	R 对策生物	K 对策生物
环境条件	多变，不可预测，不确定	较稳定，可预测，比较确定
死亡率	大，为随机的非密度制约	小，为较有选择性的密度制约
群体密度	幼体存活率低，随时间变化大（凹形），无平衡点，通常处在环境的 K 值以下，属未饱和的生态系统，有生态真空，每年需生物重新定居	幼体存活率高，随时间变化不大（凸性），接近于环境的 K 值上下，属于饱和的生态系统，无须生物重新定居
种内和种间竞争	强弱不一，一般较弱	通常较为激烈，较强（紧张）
选择结果	种群迅速发展；提高最大增长率；繁殖早；体重轻（高繁殖）	种群缓慢发展；增强竞争能力；降低资源阈值；繁殖晚；体重大（高存活）
寿命	短，通常不到一年	长，通常多于一年
对子代投资	小，常缺乏抚育和保护机制	大，具有完善的抚育和保护机制
迁移能力	强，适于占领新的生境	弱，不易占领新的生境
能量分配	较多地分配给繁殖器官	较多用于逃避死亡和提高竞争能力

③**数量特征**：

种群的大小（一个种群全体数目的多少）和**密度**（单位空间内某个生物种的个体总数）：粗密度（单位总空间内的生物个体数或生物量）<生态密度（单位栖息空间内某种群的个体数量或生物量）

出生率（指种群以生产、孵化、分裂或出芽等方式产生新个体的能力，常用单位时间内产生新个体的数量表示）和**死亡率**（指单位时间内个体衰减的数量）

年龄结构（指某一种群不同年龄级的个体生物数目与种群个体总数的比例）：增长型、稳定型、衰退型

性比结构（雌雄异体的种群所有个体或某个年龄级的个体中雄性对雌性的比例）反映种群产生后代的能力

3. 种群的数量增长模型

①**离散增长**（几何级数增长）：种群的各个世代彼此不相重叠，种群增长是不连续的、分布的

$N_{t+1} = \lambda N_t$ 或 $N_t = N_0 \lambda^t$ ($\lambda > 1$ 种群数量上升, $\lambda = 1$ 数量稳定, $0 < \lambda < 1$ 数量下降, $\lambda = 0$ 没有繁殖将灭亡)

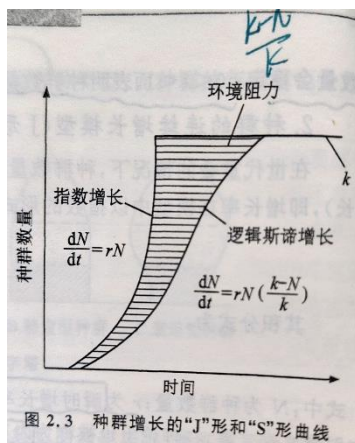
②连续增长（指数增长、J形增长）：世代重叠的情况下，种群数量以连续的方式变化

$\frac{dN}{dt}=rN \rightarrow$ 积分式 $N_t=N_0e^{rt}$ ($r>0$ 数量上升, $r=0$ 数量保持稳定, $r<0$ 数量下降, r 为瞬时增长率=瞬时出生率-瞬时死亡率, 在理论上也被称为内禀增长率)

内禀增长率是指在没有任何环境因素的限制条件下, 由种群内在因素决定的稳定的最大增殖速率, 也叫生物潜能或生殖潜能, 内禀增长率与种群的实际增长率之差可视为环境阻力, 环境阻力是限制种群内禀增长率实现的环境限制因素的总和。

③Logistic 增长 (S 形增长): 空间、食物等资源总是有限的, 且随着种群数量的不断增加, 环境对种群数量增长的影响也逐渐增加, 使得现实状态下种群数量的增长一般呈现出先缓慢增长后快速增长, 随后增长速度下降, 在达到饱和值后可能稳定在这一数量阶段, 有可能因为资源的压力而出现数量下降, 其增长曲线呈现 S 形

$\frac{dN}{dt}=rN((K-N)/K) \rightarrow$ 积分式 $N_t=K/(1+e^{-at})$ (K 为环境容纳量即在有限环境的条件下, 种群所能达到的稳定的最大数量; a 为参数取决于 N_0 , 表示曲线对原点的相对位置)



逻辑斯谛曲线划为五个时期: 开始期, 种群基础数量少, 数量增长缓慢; 加速期, 随个体数增加, 增长逐渐加快; 转折期, 当个体数达到饱和值的一半即 $K/2$ 时, 数量增长最快; 减速期, 当种群个体数超过 $K/2$ 后, 数量增长逐渐变慢; 饱和期, 种群数量达到 K 值而饱和。

逻辑斯谛方程的重要意义: 两个相互作用的种群增长模型的基础, 也是渔业、林业、农业生产中确定最大持续产量的主要模型

4. 种群的数量动态

季节消长、年际间周期性波动、不规则波动 (原因是种群的生活环境极不稳定或环境不固定, 如昆虫)、种群暴发、种群平衡 (种群较长期地维持在几乎同一水平上)、种群的衰落与死亡 (种群长期处于不利条件下如人类过度捕猎或栖息地被破坏, 数量会出现持久性下降)、生态入侵 (人类有意识或无意识地把某种生物带入适宜其栖息和繁衍的地区, 种群不断扩大, 分布区逐渐稳定低扩展的过程)

5. 种群波动的原因

非密度制约 (与种群大小无关, 受到温度、降水、污染等非生物因素的影响)

密度制约 (由于种群内各个体自身的关系, 其密度的变化影响着种群数量的波动): 种内密度制约 (种内竞争食物和领地、心理抑制); 种间密度制约 (反馈控制、病原菌和寄生物)

6. 种群波动的调节

种间调节: 指捕食、寄生和种间竞争等因子对种群密度的制约过程

①强调食物在决定种群动态中的作用②强调寄生物和宿主的相互作用③强调食草动物与植物的相互关系④种间竞争食物或空间资源

种内调节: 指种内成员间因行为、生理和遗传上的差异而产生的一种内源性调节方式

①强调种群内个体间的异质性对种群的作用②强调种群出生率死亡率、生长、性成熟、迁入和迁出等特征和参数受密度制约③强调种群的自动调节 (行为、生理、遗传调节) 是物种对环境的适应性反应

7. 种间相互关系

正相互作用: 互利共生 (豆科植物与根瘤菌)、偏利共生 (地衣苔藓)、原始协作 (鸵鸟与马、寄居蟹)

负相互作用: 竞争 (直接干涉型: 动物间的格斗; 资源利用型: 水稻与草)、捕食、寄生 (菟丝子)

化感作用: 所有植物含微生物之间的生化相生相克作用, 一般认为是由植物体分泌的化学物质对自身或其他种群产生影响的现象。既有抑制也有促进作用 (向日葵对蓖麻、番茄对黄瓜等有抑制作用)

群落生态

8. 生物群落：指生存于特定区域或生境（生物与环境长期相互作用的结果使具有特定生态特性的生物种只能在特定的环境中生存，该特定的环境即为该生物种的生境）内的各种生物种群的集合体。

9. 生物群落的结构特征

(1) 群落的物种结构：指群落由一定数量的种群构成，每一个种群又具有一定的数量和物质生产量以此决定该种群在群落中的地位和作用。

① 物种构成：生态优势种、亚优势种、伴生种、偶见种或稀有种

个体数量指标：重量、数量、体积、盖度（投影盖度、基部盖度）、密度和相对密度、高度和高度比、频度

综合数量指标：重要值（相对密度+相对频度+相对盖度）→优势度（用来表示某种生物在群落中作用和地位大小的指标，也就是确定优势种的定量指标）

② 物种多样性：指生物群落中种的丰富度（种群种类的多少）

香农-威纳指数 $H = -\sum n_i/N \times \ln(n_i/N)$ 或 $H = -\sum P_i \times \ln P_i$

H 为采集的信息含量即物种的多样性指数，皮特/个体； n_i 为属于第 i 个物种的个体数；N 为物种数； P_i 为属于第 i 物种在全部采样中的比例。H 越大则未确定量越大，适用于在大群落中的随机采样且物种数已知的情况。

辛普森指数 $D = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2$

D 为辛普森指数； P_i 为群落中物种 i 个体所占的比例；s 为种类数目。适用于计算普遍物种时较为准确，其阈值由低多样化（0）到高多样化（ $1-1/s$ ）

(2) 群落的水平结构：群落内由于环境因素在不同地点上的不均匀性和生物本身特性的差异，而在水平方向上分化形成不同的生物小型组合。

影响因素：群落中环境分布不均匀；物种的繁殖特点；种间相互关系。

在农业生产中的农、林、牧、渔以及各业内部的面积比例及其格局是农业生态系统的水平结构。

调控农业生物群落的水平结构：①在不同的生境中因地制宜地选择合适的物种，宜农则农，宜林则林，宜牧则牧；②在同一生境中配置最佳密度，并通过饲养、栽培手段控制密度的发展。

(3) 群落的垂直结构：指生物在空间的垂直分布上所发生的成层现象（群落于环境条件相互适应的结果，保证了群落中各物种在单位空间中能充分地利用环境资源）。

① 陆生植物的成层结构是不同高度或不同生活型的植物在空间上垂直排列的结果：决定地上部分分层的环境因素主要是光照、温度和湿度；决定地下分层的主要因素是土壤的物理和化学性质，特别是水分和养分。

森林群落的分层与光的利用有关，乔木层、灌木层、草本层和地被层。

② 陆地动物群落的分层主要与食物有关，其次与不同层次的微气候条件有关

③ 水生生物的分层现象与阳光、温度、食物和溶氧量等因素有关

(4) 群落的时间结构：由自然环境因素的时间节律所引起群落各物种在时间结构上相应的周期变化。

在农业生产中应用：农作物复种、套种对季节的充分利用；家畜中的套养、轮牧；植物病虫害的预测预报

(5) 环境梯度（纬度梯度、高度梯度对温度、水分影响）→群落分布的地带性：由于生物与环境相互作用的结果，不同的环境梯度内生活的生物种或生态优势种不同，从而形成不同特征群落的带状分布的现象。

(6) 群落交错区（两个或多个群落或生态系统之间的过渡区域）与边缘效应（由于群落交错区生境条件的特殊性、异质性和不稳定性，使得毗邻群落的生物可能聚集在这一生境重叠的交错区域中，不但增大了交错区中物种的多样性和种群密度，而且增大了某些物种的活动强度和生产力的现象，有正有负）

生态交错区的应用：沿海滩涂和三角洲地带的集约利用；森林草原交接带的保护；城区郊区-城郊型农业重要地位；三北防护林缓冲与阻断作用；时间结构上也有生态交错，如春夏之交

(7) 群落的营养结构

营养关系：食物链（指群落或生态系统中的各生物组分取食与被取食的关系彼此连接起来的一个序列）与食物网（食物链之间交错纵横，彼此相连构成的一种网状结构）

多元重复补偿指在生态系统中，有一个以上的组分具有完全相同或相近功能，这样在外来干扰使其中一个或几个组分破坏的情况下，另外一个或多组分可以在功能上给与补偿，从而相对地保持系统的稳定的现象

10. 群落演替：生态系统内的生物群落随着时间的推移，一些物种消失，另一些物种侵入，出现了生物群落及其环境向着一定方向有顺序地发展变化的过程。

(1) 顶级群落：当群落演替到与环境处于平衡状态时，演替最佳共生功能就不再进行，即以相对稳定的群落为发展顶点，这时群落所获得的每单位有效能量可维持最大的生物量（或信息量）并在生物之间保持最佳共生功能。主要特征：系统内外部，生物与非生物环境之间达平衡的稳定系统；结构和物种组成已相对恒定；有机物质的年生产量与群落的消耗量和输出量之和达到平衡，没有生产量的净积累，其现存量上下波动不大；顶级群落如无外来干扰，可以自我延续地存在下去。

(2) 演替类型：按起始条件分为原生演替和次生演替；从演替初期到成熟期经历先锋期、过渡期、顶级期

①原生演替：在从未有过任何生命存在的裸地或深层水体开始的演替（裸露的岩石表面→旱生演替；湖底或河底→水生演替）

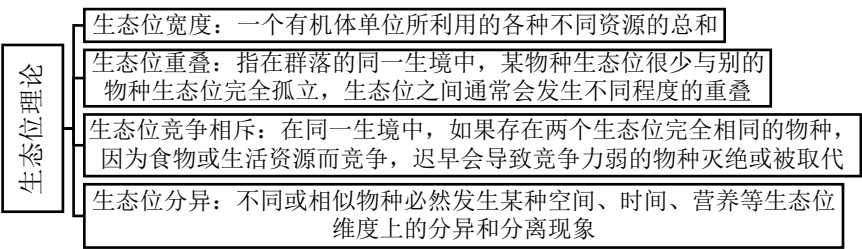
②次生演替：在原有植被已被破坏，但存在有土壤和植物繁殖体的地方开始的演替。一般来说群落越接近顶级，对破坏的抵抗力越强，但破坏后恢复能力越差

(3) 控制演替的因素：①植物繁殖体的迁移、散布和动物的活动性②群落内部环境的变化③种内和种间关系的改变④外界环境条件的变化⑤人类的活动

11. 生态位：生物在完成其正常生命周期时所表现出来的对环境综合适宜的特征，是一种生物在物种和生态系统中的功能和地位。（基础生态位：在没有竞争和捕食条件下生物的潜在生态位或最大生态位；实际生态位：通过对环境因子的竞争，该物种实际占有的部分生态位）

群落的生态位是客观存在的实体，是包括了空间结构、时间结构、营养结构等在内的多个变量因子综合体构成多维超几何结构。

多物种组成的群落比单一物种群落更有效地利用环境资源，维持较高生产力并且有较高稳定性。



农业生产中，人类应从分布形态行为年龄营养时间空间等多方面对农业生物的物种组成进行合理的组配，使经济、生态和社会效益统一起来以获得很高的生态位效能，提高整个农业生态系统的生产力。

12. 生物的生态适应性是生物在生存竞争中为适合环境，在形态和功能上形成特定性状的一种现象。

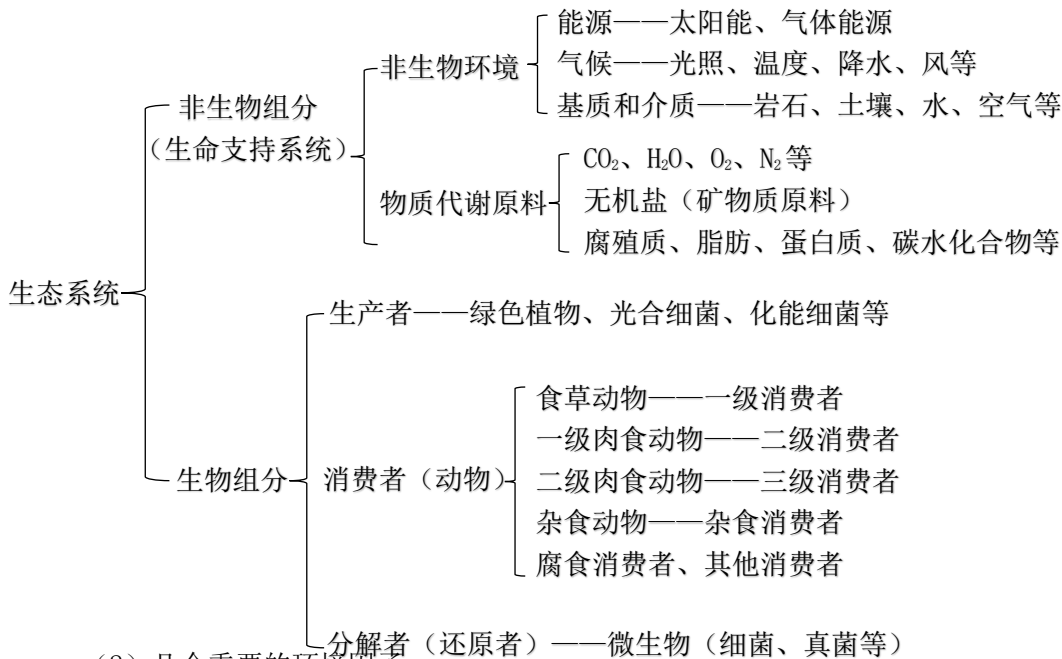
趋异适应：同种生物由于分布地区的差异，长期接受不同环境条件的综合影响，不同个体群之间在形态生理等方面产生生态变异的现象	趋同适应：不同种类生物由于长期生活在相同的环境中，通过变异、选择和适宜，在器官形态学等方面出现很相似的现象，使不同种的生物在形态、生理和发育上表现出很强的一致性或相似性
生态型（ecotype 种以下即同种生物）： 同种生物的不同个体群长期生存在不同的生态环境和人工培育条件下发生趋异适应，并经过自然和人工选择而分化形成的在生态、形态和生理特性不同的基因型类群	生活型（lifeform 种以上即不同种）： 不同种生物由于长期生存在相同的环境下 发生趋同适应，并经过选择后形成的具有类似生态、形态和生理特性的物种类群
气候生态型：早中晚稻；长短日照作物 土壤生态型：水旱稻；喜肥、耐瘠作物 生物生态型：在与其相关的生物环境因子作用下形成的生态型现象，例如不同作物及其品种对病虫害、草的适应性差别	动物栖息类群：水生、两栖、陆生、飞行 植物按布朗-布朗咯的分 10 类： 浮游植物（大气、水中、冰雪）、土壤微生物（好气、嫌气）、内生（石内、植物体内、动物体内）、一年生、水生、地下芽、地面芽、地上芽、高位芽、树上附生植物

13. 种群和群落原理在农业生产中的应用：①作物间套作共生系统：林粮间作共生系统；农田复种间套作系统；②作物-微生物共生系统；③种养结合：稻鱼、稻鸭共生系统；果园和农田养蜂；家畜的套养、轮牧；④生物防治：利用种间负相互作用关系、作物间的化感作用进行生物防治；利用轮作、间混作等种植方式控制病、虫、草害；通过收获和播种时间调整可防止或减少病、虫、草害；⑤生态治理与恢复：对撂荒地植被演替的控制；农田土壤肥力变化与作物演替的利用；仿群落演替的人工模拟群落；建立仿自然群落演替群落结构的人工群落。

第三章 农业生态系统

农业生态系统概述

15. 生态系统：在一定空间内的全部生物与非生物环境相互作用形成的统一体。指在一定的时间和空间内，生物群落与非生物环境之间相互联系相互作用并具有一定结构及完成一定功能的统一体。



(2) 几个重要的环境因子

①光（光质：生理有效辐射 蓝紫光 400-510nm，红橙光 610-720nm；光强：孤立木比林内木树冠大、树干粗、分支多、根系发达、叶片硬，阳生叶比阴生叶叶片厚而小、角质层厚、栅栏组织发达、气孔数多、叶脉密；光照时间）

植物光周期现象：诱导花芽的形成和开始休眠

长日照植物指日照时间长于一定数值一般 14 小时以上才能开花的植物，而且光照时间越长开花越早。

短日照植物指只有在光照长度小于某临界时数才能开花，如延长光照时数就不开花。

日中性植物指开花不受光照长度的影响，在任何日照下都能正常开花结实。

引种时应注意明确引种目的：①收获生殖器官还是营养器官；②了解所引种品种是长或短日照还是日中性植物；③了解原产地和引种地的日照长短差异如南方夏季光照时间短，北方夏季光照时间长。

短日照 { 北中南引：提前开花，应选择晚熟品种
南种北引：延迟开花，应选择早熟品种

长日照 { 北种南引：延迟开花，应选择早熟品种
南种北引：提前开花，应选择晚熟品种

②温度

③水分

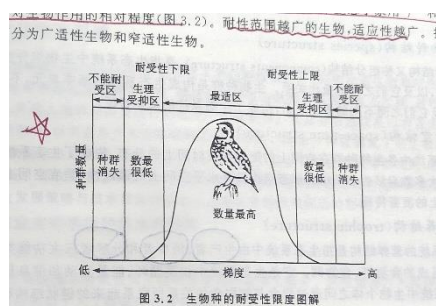
④土壤：许多生物栖息的场所；生物进化的过渡环境；植物生长的基质和营养库；污染物转化的重要场所

(3) 生态因子作用的一般特征：综合性、同等重要性和不可替代性、主导性、直接性和间接性、阶段性、限制性：在诸类生态因子中，任何一个因子要超过或接近有机体忍受程度的极限时就可能成为生物生存和繁殖的一个限制因子，对生物起决定性作用。

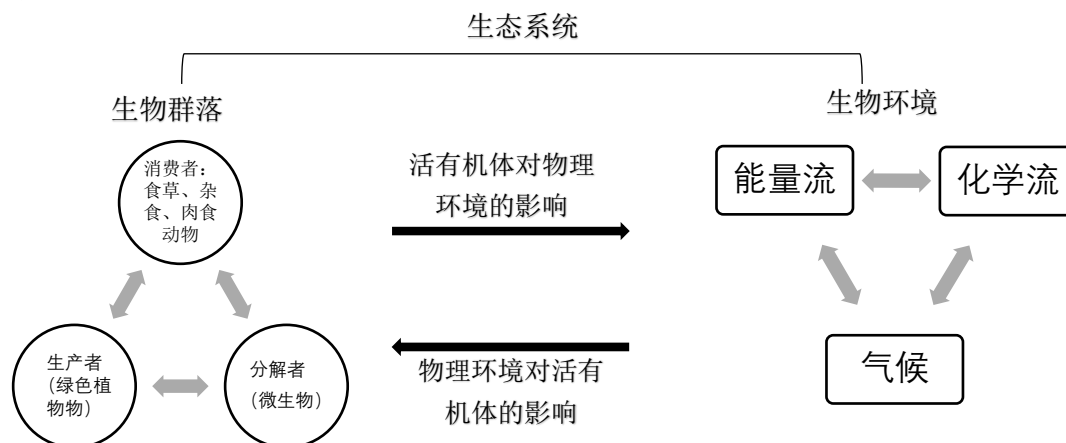
最低因子定律也称李比希定律：植物的生长取决于那些处于最少量状态的营养成分（最小因子不是绝对的）

耐性定律：一种生物的生长于繁殖，要依赖一种综合环境全部因子的存在，只要其中一种因子的量或质不足或过多，超过了该种生物的耐性限度或称阈值，则该物种就不能存在，甚至灭绝。

生态幅：每一种物种对环境因子适应范围的大小主要取决于各个种的遗传特性



(4) 生态系统的结构：生态系统中组成成分在时间、空间上的分布和各组分间的能量、物质、信息流的方式与特点，包括物种结构、时空结构、营养结构



①物种结构：生态系统中生物组分由哪些生物种群所组成，以及它们之间的量比关系。

②时空结构：生态系统中各生物种群在空间的配置和在时间的分布构成了生态系统形态结构的特征。大多数自然生态系统的形态结构具有在水平空间上的镶嵌性、垂直空间上的成层性和时间分布上的演替特征。

③营养结构：生态系统中由生产者、消费者和分解者三大功能类群以食物营养关系所组成的食物链（生态系统中生物个体间通过取食与被取食的关系所联系起来的链状结构）、食物网（当生物个体间的取食与被取食对象不止一个时，食物链间发生交叉形成网状的营养关系），是生态系统中物质循环、能量流动和信息传递的主要途径。

(5) 生态系统的功能：能量流动、物质循环、信息传递

①能量流动：太阳能通过光合作用被生产者吸收，任何通过食物链传递给消费者，最终以热能散失形成能量的单向流动。

②物质循环：涉及生态系统中各种元素和化合物的循环利用，如水循环、碳循环和氮循环等，这些循环过程维持了生态系统的物质平衡，支持生命的延续。

③信息传递：包括生物间的化学信号、视觉信号和声音信号等，这些信息交流帮助生物适应环境，寻找食物源避免捕食者。

(6) 生态系统的主要类型

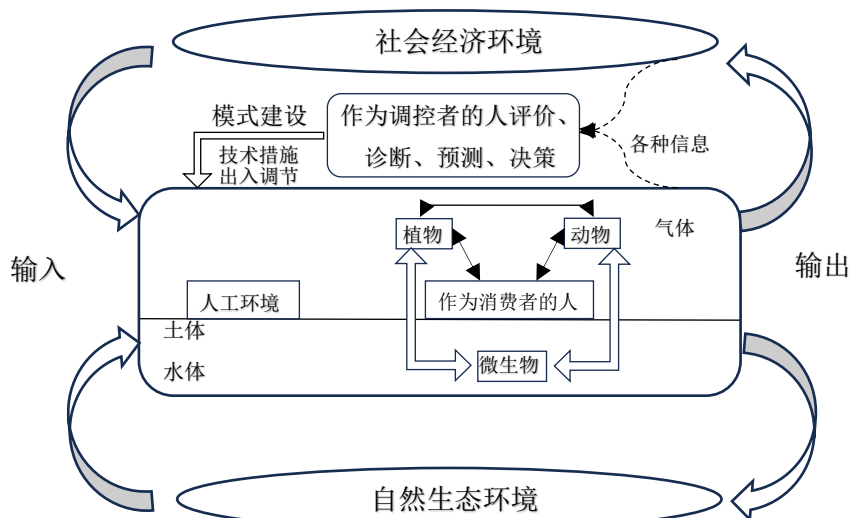
- 按环境特性：海洋生态系统、森林生态系统、草原生态系统、淡水生态系统
- 按人类干预程度：自然生态系统、人工生态系统、半自然生态系统

生物圈：地球上全部生物及其生活区域，包含了边界大小不同、种类各式各样的生态系统。

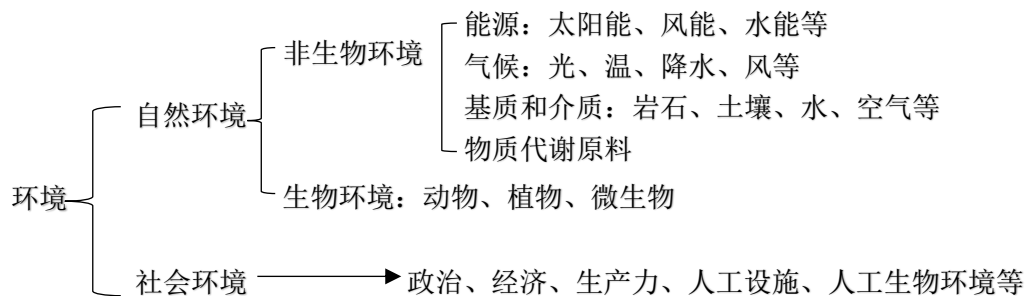
16. 农业生态系统：在人类的积极参与下，利用农业生物和非生物环境之间以及农业种群之间的相互关系，通过合理的生态结构和高效的生态机能，进行能量转化和物质循环，并按人类社会需要进行物质生产的综合体。以农业生物为主要成分、受人类调控、以农业生产为主要目标的生态系统。

(1) 组成成分

生物组分较自然生态系统增加了人类（农事活动者和操作者的主体、系统调控者、主体消费者），生物是以人类驯化的农业生物为主。



人工环境包括生产、加工、储藏设备和生活设施，例如温室、禽舍、水库、渠道、防护林带、仓库住房等



(2) 农业生态系统的基本结构

①组分结构：农林牧渔、加工各行业之间的量比关系，以及各行业内部的物种组成及量比关系。

②时间结构：农业生物类群在时间上的分布与发展演替。

水平结构：一定区域内，各种农业生物类群在水平空间上的组合与分布，亦即由农田、人工草地、人工林、池塘等类型的景观单元所组成的农业景观结构。农业生物会因为自然和社会条件在水平方向的差异而形成带状分布、同心圆式分布或块状镶嵌分布。

垂直结构又称立体结构：农业生物类群在同一土地单元内，垂直空间上的组合与分布。农业生物因适应环境的垂直变化而形成各类层带立体结构，即在一定面积土地或水域区域上，根据自然资源的特点和不同农业生物特征特性，在垂直方向上建立由多物种共存、多层次配置、多级物质循环利用的立体种植、养殖等的生态系统。

③营养结构：受到人类的控制，不仅具有自然生态系统类同的输入输出途径，还有人类有意识增加的输入输出。人类为了扩大农业生态系统的生产力和经济效益，常采用食物链“加环”来改造营养结构；为了防止有害物质沿食物链富集而危害人类的健康与生存，而采用食物链“解列”法中断食物链与人类的连接从而减少对人类健康的危害。

(3) 建立合理的农业生态系统：合理的农业生态系统结构应最终获得最高的系统产量和优质多样的产品，获得较高的经济效益、较好的社会效益和良好的生态效益，有利于农业生产的可持续发展。

特征：①资源优势得到充分发挥并保持永续利用；②系统保持生态平衡（在一定时空内，生态系统各部分的结构能处于相互适应的动态平衡中，表现为结构、功能、输入与输出平衡）；③系统具有多样性与稳定性。

(4) 农业生态系统的基本功能：能量转换、物质转化、信息转换和价值转换形成相应的物质流、能量流、信息流和价值流

(5) 农业生态系统与自然生态系统的比较

①组成成分；②农业生态系统结构简化，自我稳定性差；③农业生态系统增加了价值流动；④农业生态系统更开放，存在物质、能量的较大输入输出流；⑤农业生态系统净生产力高；⑥生产目标不同：自然→不断充实系统自身，促进系统向更高水平发展或高水平的平衡；农业→将众多的农业资源更加高效地转化为人类需要的各种农副产品；⑦农业生态系统受自然与社会经济“双重”规律制约

典型农业生态系统

农田生态系统——生产粮食作物和经济作物

草地生态系统——生产饲用作物并放牧草食家畜

果园和经济林生态系统——生产果品和木材

畜牧生态系统——生产肉、奶、蛋

水生生态系统——生产淡水和海洋水产品

复合农业生态系统——以上多个系统相结合，以多种产品为目标

第四章 农业生态系统的物质循环

物质循环概述

17. 物质循环：指各种化学元素和营养物质在不同层次的生态系统内，乃至整个生物圈里沿着特定的途径从环境到生物体，从生物体再到环境，不断地进行流动和循环的过程。

(1) 类型

①按循环经历途径与周期分类

地质大循环：物质或元素经生物体的吸收作用，从环境进入生物有机体内，然后生物有机体以死体、残体或排泄物形式将物质或元素返回环境，进入五大自然圈层（大气、水、岩石、土壤和生物圈）的循环。具有范围大、周期长、影响面广等特点，几乎没有物质的输出与输入，是闭合式的循环。

生物小循环：环境中元素经生物体吸收，在生态系统被相继利用，然后经分解者的作用回到环境后，很快再为生产者吸收、利用的循环过程。具有范围小、时间短和速度快等特点，是开放式的循环。

②按物质循环过程中存在的主要形式分类

气相型循环：元素或化合物可以转化为气体形式，通过大气进行扩散，弥漫了陆地或海洋上空，这样再很短时间内可以实现大气库和生物库直接交换，或通过大气库与土壤库的交换后再与生物库交换，从而被生物重新利用。很迅速，如碳氮氧水氯氟溴等。

沉积型循环：如磷硫碘钙镁铁锰铜硅等，该循环缓慢的、非全球性的，易受到干扰成为不完全的循环，受到生物作业的负反馈调节，变化较小。主要贮存库：岩石圈、土壤圈

18. 相关术语

(1)库：物质在运动过程中被暂时固定、贮存的场所。

贮存库：容量相对较大，物质交换活动缓慢，一般为非生物组分的环境库；

交换库：容量相对较小，与外界物质交换活跃。

一般将产生和释放物质的库（即输出大于输入）称源，将吸收和固定物质的库（即输入大于输出）称汇。

(2)流：物质在库与库之间循环转换的过程。

没有库，环境资源不能被吸收、固定和转化为各种产物；没有流，库与库之间就不能联系沟通，则会使物质循环短路，生态系统必将瓦解。

(3)周转率（用于生物生长称更新率）：系统达到稳定状态后，某一组分（库）中的物质在单位时间内所流出的量（ F_o ）或流入的量（ F_i ）（生物的生长量 P ）与库存总量（ S ）的比值。周转期是周转率的倒数，表示改组分的物质全部更换平均需要的时间。

周转率 $R = F_o/S = F_i/S$, 周转期 $T = 1/R$

(4)循环效率：循环物质（ F_c ）与输入物质（ F_i ）的比例即 $Ec = F_c/F_i$ ， Ec 越高，系统技能越强。