

学术学位 研究生核心课程指南(一)

(试 行)

国务院学位委员会第七届学科评议组 编

高等教育出版社·北京

08 地球环境演变研究	534
0710/0836 生物学及生物工程一级学科研究生核心课程指南	537
01 细胞生物学	537
02 分子遗传与表观遗传	539
03 生物化学与分子生物学	541
04 生物医学工程与转化研究	542
05 神经科学	544
06 科研写作、伦理与规范	546
07 分子与细胞免疫学	548
08 生物信息、生物统计与实验设计	550
09 生态与环境科学	555
10 微生物学及应用	557
11 生物信息、文献与生物统计	559
0711 系统科学一级学科研究生核心课程指南	565
01 系统科学概论	565
02 动力系统分析	567
03 多主体系统理论	568
04 复杂网络理论与应用	570
05 自组织理论	573
06 系统建模与评估	574
07 数据科学与机器学习	577
08 最优控制理论	579
09 非线性控制理论	581
10 博弈理论	583
11 现代交通流理论	584
12 系统估计	586
13 优化理论与方法	588
0712 科学技术史一级学科研究生核心课程指南	591
01 中国科学技术史	591
02 世界科学技术史	594
03 科技史理论与方法	597
0713 生态学一级学科研究生核心课程指南	601
01 高级生态学	601
02 进化生态学	603
03 行为生态学	605
04 群落生态学	607
05 生态系统生态学	609
06 理论生态学	611
07 生物多样性与保护生物学	613
08 可持续生态学	615
09 地理生态学 (Geographical Ecology)	618

10	恢复生态学	619
11	生态统计分析	621
12	生态学研究方法	623
0714	统计学一级学科研究生核心课程指南	626
01	高等统计学	626
02	高等概率论	628
03	高级计量经济学	630
04	国民核算与宏观经济统计分析	633
05	数据挖掘与机器学习	636
06	多元统计分析	637
07	时间序列分析	640

01 高级生态学

一、课程概述

本课程是针对生态学研究生开设的一门专业课,着重从生态学的理论、方法与手段和应用三个方面全面系统地讲授生态学知识。主要内容包括:① 不同层次生态学的理论知识,包括分子生态学、个体生态学、种群/群落生态学、景观与生态系统生态学、全球生态学;② 代谢生态学、生态学方法与手段;③ 不同方向的生态学应用知识,以及不同层面的生态服务与管理等。

二、先修课程

无。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握不同层次的生态学理论体系、研究方法以及研究前沿,能够提出、分析和解决研究中遇到的科学问题并掌握相关的方法,学会运用生态学基础理论与方法解决实际生态问题。

四、适用对象

适用于生态学专业一年级硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

采用课堂讲授、分组讨论与操作练习、研究生论坛、学术报告会等方式授课。

六、课程内容

根据需要,高级生态学可设置 36~54 学时、2~3 学分,课程内容可包括如下内容:

1. 绪论

包括生态学的学科体系与特点、当前主要研究内容、国内外发展动态。重点是使学生熟悉生态学当前的主要研究内容,了解该学科发展趋势。

2. 生态学方法与手段

包括生态学思维与方法论、现代方法与新技术、常用研究手段与实验方法。重点是使学生了解生态学的常用研究手段。

3. 生物与环境

关于植物与环境,可重点介绍以下内容:① 不同光合途径(C₃植物、C₄植物、CAM植物)的区别,光合作用测定的原理和方法,环境(光照强度、CO₂浓度、水分、温度、大气污染)对光合作用的影响,光合产物的分配和调节机制;② 植物个体的水分运输(土壤-植物-大气连续体、根系、茎、叶子中的水分),水分有效性和植物生长,植物个体和群落的水分平衡,植物水力生态学的主要测定方法与技术;③ 光照、温度、水分和矿物质营养对植物生长发育的影响及其作用机制,各种胁迫条件和污染条件下植物的生理生态响应及其机制。

关于动物与环境,可重点介绍以下内容:① 动物对温度的适应。包括动物对高低温的耐受极限与适应、个体大小与尺度、温度对动物行为与数量变化的影响、温度与动物分布;② 光周期与动物季节节律;③ 水及水气对动物的影响;④ 土壤与土壤动物等。

关于微生物与环境,主要讲述微生物在环境体系中的发展以及对人类活动的适应与反作用,并介绍病毒与传染病的知识,以及生态学措施与控制方法。

4. 分子生态学

基因组的遗传模式以及分子标记的类型,运用分子遗传标记进行种群遗传多样性、遗传结构、基因流、谱系结构等分析的方法与应用(包括遗传多样性分析、基因流分析及影响基因流的因素、居群分化及种群结构分析、遗传漂变和自然选择),筛选生态学关键性状、关联表型和基因型。

5. 种群/群落生态学

种群的空间分布格局、形成机制及判别方法,种群基本参数及生命表的建立,种群增长模型的估算与应用,种内与种间作用及其对种群动态和分布的影响;群落的结构与物种组成及其时空格局,群落构建机制,群落演替及其应用,群落生态学研究中的重要方法。

6. 生态系统与景观生态学

生态系统的结构(包括营养级组成、食物链与食物网),物质流及其代谢,能量流及其代谢,信息流及其代谢,生态系统代谢,生态系统功能的调控机制,生态系统结构与生态系统功能的关系,当前生态系统生态学的主要研究前沿;景观结构及其对生态过程的影响,景观生态学的主要研究方法与技术。

7. 全球生态学

全球变化的事实,生物生理过程、种群结构与动态、群落结构与动态以及生态系统结构和功能对全球变化的响应,生态系统对全球变化的适应与反馈,全球变化下的生态系统管理。

8. 应用生态学

可包括如下几方面内容:① 生物多样性的内涵与价值,生物多样性的时空格局及其形成和维持机制,生物多样性面临的威胁与保护措施,保护生态学等;② 恢复生态学的原理,受损生态系统(含陆生生态系统和水生生态系统)的恢复与修复方法,生态系统恢复过程中的评价方法与指标体系等;③ 生物入侵的概念,生物入侵的现状及其生态危害,入侵机制,入侵生物的防控,入侵风险评估等;④ 生态工程。

9. 生态服务与管理

生态设计与生态服务,生态规划;不同类型生态系统的管理,社会经济发展与生态政策调整,生态系统管理的评价体系等。

10. 生态学前沿专题

以专题性形式介绍生态学领域前沿进展。

七、考核要求

可通过小组讨论与课堂汇报(25%)、撰写课程论文(25%)、考试(开卷/闭卷)(25%)、野外实习(25%)等多种形式进行考核。

八、编写成员名单

方精云(北京大学)、周启星(南开大学)、吴文良(中国农业大学)、唐志尧(北京大学)、王志恒(北京大学)

02 进化生态学

一、课程概述

进化生态学(Evolutionary Ecology)是研究进化过程的生态机制以及生态特征与生态关系进化规律的学科。进化生态学是一门相对比较年轻的学科,是在种群遗传学(Population Genetics)、进化论(Evolution)和种群生态学(Population Ecology)发展到一定阶段相互交叉的产物,因此进化生态学包含了上述学科共同关注的科学问题、研究内容以及研究方法。进化生态学的主要研究内容包括:多样性如何形成种群层面的结构及其相关的生态机制与遗传基础;生态分化和物种形成的遗传与生态机制;生活史的多样性及其进化对策;生态系统中种间关系(竞争、捕食、寄生等)与协同进化;宏观进化的生态本质与生态系统演化等。本课程拟从如下几个大方面来进行介绍:① 进化生态学定义、形成历史、核心研究内容以及发展趋势;② 进化生态学理论基础与研究方法;③ 进化的驱动力及其与环境的关系;④ 生物的适应性进化与物种形成;⑤ 生态系统的演化与生态系统内的协同进化;⑥ 生物多样性形成与维持及其环境影响;⑦ 进化生态学的应用。

二、先修课程

普通生物学或动物学和植物学、生态学、种群遗传学、进化生物学、生物统计学、遗传学、分子生物学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应该掌握进化生态学的概念与基本范畴、理论框架、核心科学问题及研究方法;了解进化驱动力及其与环境影响的关系、适应性进化与物种形成的生态机制;了解生态系统的演化过程以及系统内物种之间的协同进化(coevolution)及互作(inter-specific inter-

action);了解进化生态学在不同领域的应用;并通过案例分析让学生掌握本领域的最新研究进展,具备一定的进化生态学分析、研究和应用的能力。

四、适用对象

该课程适用于生态学专业硕士研究生和博士研究生的必修课或选修课程,研究方向为进化生态学和种群生态学的研究生应该作为必修课。

五、授课方式

授课方式采用互动式课堂教学、案例分析以及学生分组讨论等线下、线上相结合的方式。① 课堂教学:侧重于进化生态学的基本概念、核心问题、基础理论、基本研究方法、研究领域和相关研究进展;② 案例分析:由教学团队或邀请专家作进化生态学相关问题和经典研究案例的报告(线下),也可以线上的方式提供一些经典案例;③ 学生分组阅读文献、总结与讨论:将学生分成不同课题小组,针对拟定的不同核心问题或经典研究案例,进行相关文献查阅和总结,以小组为单位进行交流和讨论,由教师点评和总结。

六、课程内容

课程可包括如下模块。

1. 进化生态学简介

主要内容:① 进化生态学的定义(广义与狭义),核心研究内容;② 进化生态学的形成历史与理论构建;③ 进化生态学研究方法;④ 进化生态学及相关学科的关系以及发展趋势等内容。

2. 理论基础

主要内容:① Castle-Hardy-Weinberg 定理;② 种群生态、种群遗传和分子进化研究方法;③ 相关生物统计方法。

3. 进化驱动

主要内容:① 基因突变及其进化效应;② 基因组多态性及其进化效应;③ 自然选择及其进化效应;④ 迁移与基因流的进化结果;⑤ 遗传漂变及其进化意义;⑥ 进化驱动与环境的关系。

4. 适应性进化与物种形成

主要内容:① 适应及适合度的概念;② 繁育系统与生活史进化;③ 物种概念与生殖隔离;④ 分化与物种形成;⑤ 人类世下生物的适应与分化。

5. 生态系统演化与物种协同进化

主要内容:① 群落以及群落演替;② 生态系统及其演化;③ 生态系统内物种之间的协同进化(coevolution)以及种间互作(interspecific interaction)。

6. 生物多样性的形成与维持

主要内容:① 生物多样性及其不同层次——遗传(基因)、物种与生态系统多样性的形成过程;② 遗传多样性的形成与维持;③ 遗传多样性的检测与分析方法;④ 遗传多样性、遗传结构与环境的关系。

7. 进化生态学的应用

主要内容:① 生物多样性的评估、保护与管理;② 有害病原菌及昆虫抗药性进化与治理;

- ③ 转基因漂移及其生态风险评价与管理;④ 人工定向快速进化——农作物与家畜的遗传改良;
⑤ 生物入侵与生物控制。

■ 重点、难点:掌握进化生态学的理论基础和研究方法;理解进化的驱动力以及与环境的关系;掌握适应性与物种起源的进化与生态机制;了解生态系统演化以及协同进化的原理;认识生物多样性形成与维持的环境影响过程;学会进化生态学的应用及其方法。难点在于将多个学科的知识融会贯通于本学科。

七、考核要求

课程考核包括平时作业与测验、小组报告和讨论中的表现,以及期末考试。平时作业与测验:检查和考核学生对进化生态学的基本概念、基本原理以及研究方法的理解;小组报告和讨论:通过项目或研究案例分析,考核学生团队对进化生态学的综合理解与合作解决问题的能力,以及口头表达能力;期末考试:以撰写课程论文方式考核学生个人对课程核心要点的理解。

八、编写成员名单

卢宝荣(复旦大学)、顾红雅(北京大学)、张大勇(北京师范大学)、肖洒(兰州大学)、王崇云(云南大学)、邱英雄(浙江大学)

03 行为生态学

一、课程概述

行为生态学(Behavioral Ecology)是行为学与生态学的交叉领域,主要研究动物生态学中的生态习性、行为机制和动物行为的生态学意义及进化意义。动物的行为具有种特异性,同时受到遗传和环境因素的影响。因此,行为生态学是不仅涉及行为学和生态学,而且也涉及生理学、心理学、遗传学、细胞生物学、分子生物学与进化论、社会学和经济学,是一门综合性学科。近年来,人类活动造成的生物多样性丧失已成为非常严重的生态问题。动物行为学家开展了大量行为与物种保护关系的研究,了解动物行为生态与进化的基础理论、研究方法、实践应用和前沿研究进展,对促进物种多样性保护与科学管理至关重要。本课程拟包括如下几个模块:① 行为生态学的基础理论、发展现状与发展趋势;② 行为的个体发育与神经生理机制;③ 动物行为的起源与适应性进化;④ 人类行为的进化;⑤ 行为生态学研究方法及实验设计的原理与技术。

二、先修课程

生态学、动物学、进化生态学、景观生态学、生态系统生态学、保护生物学、生物统计学与模型构建等。

三、课程目标

通过本门课程的学习,学生应掌握动物行为生态学的核心概念、基本原理以及新的研究方法
与手段,了解现代动物行为生态学的研究重点、前沿热点及研究进展,并通过分析与实践研究
实例,提高综合分析问题与独立进行实验设计与科学研究的能力。

四、适用对象

本课程适用于生态学专业硕士研究生和博士研究生必修课或选修课,研究方向为动物生态
学的研究生应该是必修课。

五、授课方式

授课方式采用课堂教学、专家做专题报告、学生分组讨论并自主针对科学问题进行实验设
计相结合的方式。其中,注重师生互动与小组活动,倡导理论与实践相结合、课内与课外学习相
结合,尤其加强学生自主讨论环节以培养其自主学习能力。

课堂教学中,采用多媒体教学。授课教师在吃透教材内容的基础上,广泛阅读相关专业资
料,紧跟本学科的发展。与自身从事的科研工作相结合,在备课过程中随时补充新内容,使学
生及时了解本学科的前沿研究内容与发展动向。

学生自主讨论中,鼓励学生通过网络、图书馆自主查阅课程中涉及的学习资源,以小组为单
位开展文献阅读、实验设计等学习活动,充分发挥自身的学习能动性。鼓励学生针对课程教
学主题与相关论题提出自己的观点,有自己独到的见解,并形成研究性学习小论文或小组调
研报告,同时,以做PPT演讲或交研讨报告形式将学习成果在全班范围内进行展示。

邀请2~3位从事动物行为生态学相关研究的知名专家和教授为学生进行专题讲座,让学
生深入了解本领域的研究进展。

六、课程内容

课程可包括如下模块。

1. 行为生态学基本概念、理论与研究方法

主要内容:行为生态学的定义、主要研究内容、发展历史与发展趋势、行为生态学与相关学
科的关系、主要研究方法等。着重理解行为生态学作为新兴学科的定义、内涵、方法及发展,并
注意区分行为生态学、动物行为学及动物生态学之间的联系与区别,同时掌握最适性理论、进
化稳定对策、比较研究法等经典理论与方法。

2. 动物行为的发育与控制机制

主要内容:动物行为的个体发育,控制行为的形态、生理与神经结构,行为调节机制等内
容。着重理解神经、激素等生理结构对行为的控制与调节。

3. 动物各种代表性行为的生态特征、生态学意义及进化

主要内容:捕食行为、通信行为、繁殖行为、性选择行为、育幼行为及社群交流行为等主
要行为类型的特征、功能、起源、遗传与适应性进化等。着重理解各种行为与亲缘选择、内
在适合度等的关系,了解各种行为类型的进化驱动力及相关假说和理论,理解最优觅食、性
选择与竞争、

通信信号调节、利他主义等特殊行为的适应性进化机制。

4. 人类行为的进化

主要内容:动物行为与人类行为的比较研究、人类行为的适应性进化、文化进化理论、进化心理学。着重理解动物行为生态学研究对人类行为起源与进化的启示。

七、考核要求

课程考核包括平时成绩与期末考试。其中,平时成绩可通过教师评价+学生自评+小组互评的方式,包括教师评价课堂与课后作业;学生自主讨论学习成果,学习成果可以小论文或小组调研报告的方式呈现;PPT 演讲内容与表现;课程学习总结,如课程学习心得与自评、学习与教学建议等。期末考试由教师评价,可以采取试卷方式或撰写期末论文方式进行考核。

八、编写成员名单

冯江(吉林农业大学)、方盛国(浙江大学)、李保国(西北大学)

04 群落生态学

一、课程概述

生物群落是指在一定时空范围内的物种集合。群落生态学则是研究生物群落与环境相互关系以及在不同的时空尺度上研究群落中物种之间相互作用的生态学分支。群落生态学不仅有助于我们理解生物多样性的起源、维持和时空分布,其中所强调的种间相互作用也是我们理解生态系统功能和服务的基础。所以,群落生态学是生态学的核心内容和一个重要分支学科。本门课程旨在使学生理解群落生态学的基本概念和理论体系,掌握群落生态学中常用的研究方法 with 思路,运用相关知识指导生物多样性保护、生态系统管理和生态修复等应用问题。

二、先修课程

建议选修本课程前应具备植物学、动物学、微生物学、种群生态学、自然地理学和生物统计学等知识,但不作为硬性选修条件。

三、课程目标

本课程的目标包括如下四个方面:

- ① 使学生掌握生物群落的概念、群落结构和物种组成与环境的关系以及种间相互作用的系统知识。
- ② 使学生基本掌握群落生态学研究的方法论。
- ③ 培养学生从群落生态学角度进行创新性思维的能力。

④ 培养学生利用群落生态学的知识解决生物多样性保护、生态系统管理与生态修复等方面的重大应用问题。

四、适用对象

适用于生态学和环境科学的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课堂或网络讲授、专题小组讨论、翻转课堂以及野外实习等相结合。通过专题小组讨论、翻转课堂形式,调动学生学习的主动性,激发学生的学习和研究兴趣。大自然是生态学的最好课堂,野外实习可激发学生灵感,提升对概念和理论的理解和熟悉开展群落生态学野外的实验方法。

六、课程内容

课程内容可根据所在学科的科研特点进行安排,以实现寓科研于教学和人才培养、科研与教学相长。群落生态学赋值 2 个学分,共计 36 课时;课程的主要内容建议至少包括如下几个方面。

1. 群落生态学概论(2~4 学时)

重点介绍生物群落的概念、性质和特征,群落生态学的发展历史、代表人物和主要研究前沿;难点是有关群落性质的机体论与个体论。可根据需要,向学生提供群落生态学的经典文献。

2. 群落结构(4~6 学时)

重点讲述群落的水平与垂直结构,群落内的种群结构、个体大小、年龄组成、性别组成、功能群组成等,群落内的营养结构与食物网组成,群落结构的时间动态和空间变化及其驱动因素。难点是影响群落结构的因素以及食物网与营养结构。

3. 群落物种组成(2~4 学时)

重点讲述群落的物种组成及其数量特征,生物多样性的测度方法及空间分布规律。难点是影响生物多样性格局的因素与机制。

4. 群落构建(4~6 学时)

重点内容包括群落构建的相关理论与法则(如生态位理论、中性理论、平衡理论与非平衡理论、竞争排除、负密度制约、种库理论等),影响群落构建的生物与非生物因素,群落构建研究中的方法论(如群落谱系分析、物种共存实验、零模型等)。难点包括物种共存的机制以及种间相互作用在群落构建中的作用。

5. 群落动态(2~4 学时)

重点介绍群落的原生与次生演替及其驱动因素与过程,生物、非生物以及人类因素对群落动态的影响。难点是理解与预测全球环境变化背景下的生物群落动态。

6. 群落遗传(2~4 学时)

重点讲述种内遗传变异、种群微进化、物种功能性状及其变异以及系统发育关系对群落特征的影响,集合群落的进化等;难点是在群落水平上整合生态学与进化知识来理解简单与复杂的群落过程。

7. 群落分类(2~4 学时)

重点内容是世界生物群系的类型、特征与地理分布,群落的分类原则与方法,尤其是数量分类与排序;难点是用定量方法描述群落类型与环境的关系。

8. 群落调查与监测方法及实践(2~6 学时)

重点内容包括动物、植物、微生物等不同类型群落的调查方法及与之相关的取样技术,不同类型群落长期监测样地的建立规范、主要监测内容(如群落结构和物种组成、物候、更新、生长等)及监测方法,无人机、激光雷达、多光谱遥感、观测调查方法、联网监测等新技术和新方法的原理及其在群落调查与监测中的应用。介绍国内外主要群落监测网络、在线数据资源等。可根据需要,开展群落调查与监测的野外实习与实践。

9. 群落生态学的应用(4~6 学时)

重点介绍群落生态学在生物多样性保护、生态学管理以及生态修复等方面的应用;难点是根据群落生态学原理和理论提出解决应用问题的方案。

七、考核要求

平时成绩占 40%,可通过考勤、课堂小组讨论或汇报等形式考核;期中和期末考试占 60%,可通过考试(开卷/闭卷)或论文形式考核。

八、编写成员名单

李博(复旦大学)、邓建明(兰州大学)、唐志尧(北京大学)、王志恒(北京大学)

05 生态系统生态学

一、课程概述

生态系统生态学(Ecosystem Ecology)是生态学的一个重要分支学科,是生态学一级学科研究生培养课程体系中的核心课程之一。它以生态系统为研究对象,以生态系统内部组分及与外部环境之间的能量流动、物质循环和信息传递为主线,研究生态系统的组成、结构、过程和功能的时空动态及其生态后果的原理和应用的科学。生态系统的思想由来已久,但直至 20 世纪下半叶,因人口和人类活动强度的剧增而导致全球范围生态环境问题的突显,才受到学术界和公众的高度重视,从而推动了生态系统生态学研究 and 知识体系的快速发展。人们意识到,揭示生态系统的结构与功能运行规律,维持并持续发挥生态系统的服务功能,对人类和地球的可持续发展有极其重要的意义。

本课程主要讲授如下内容:生态系统生态学发展与研究法;生态系统结构与功能过程及调控;生态系统时空动态与干扰;生态系统管理与可持续性;主要生态系统的特征与管理。

二、先修课程

普通生态学、普通生物学(含植物学、植物生理学、动物学等)、微生物学、土壤学(含地质)、气象气候学、统计学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应该掌握生态系统生态学的基本理论知识体系和研究方法;了解该领域的研究动态和前沿问题;有一定的实践能力,能运用生态系统生态学原理和方法,解决有关生态系统健康、可持续管理等方面的问题。

四、适用对象

本课程是生态学专业硕士和博士研究生必修课,也可以作为生态学相关专业的硕士和博士研究生选修课。

五、授课方式

授课方式采用理论教学、野外实践、虚拟仿真、专题研讨相结合的方式。具体如下:① 理论教学:以课堂理论教学为重点,采取形式多样的教学方式(包括专题讲座、论坛互动、案例分析等),重点讲授生态系统生态学的基本理论和研究方法,介绍该领域的研究动态和前沿问题。② 野外实践:通过野外实践教学,认识和了解典型生态系统的基本特征和功能,掌握相关内容的野外观测和调查研究方法。③ 虚拟仿真:利用现代计算机、信息网络、多媒体等技术手段,针对生态系统的多样性、复杂性、时空动态性等特点,开展虚拟仿真教学。④ 专题研讨:根据学生的研究领域或兴趣,针对生态系统生态学热点问题,将学生分成若干课题小组,开展专题问题调研(包括文献查阅、访谈调研、野外试验等),通过汇报展示和交流讨论,增进学生对该问题的消化理解,激发学生对生态学的研究兴趣,提升学生的科研实践创新能力。

六、课程内容

本课程主要内容包括如下5部分。

1. 生态系统生态学发展与研究法

主要内容:生态系统生态学的概念内涵、发展历史、研究方法与技术等。

2. 生态系统结构与功能过程及调控

主要内容:生态系统组分与结构(食物网与营养动态)、生态系统生产力与生物地球化学循环(碳氮循环等)、生物多样性与生态系统功能等。

3. 生态系统时空动态与干扰

主要内容:干扰与生态系统分布格局、干扰与生态系统发展、生态系统对全球变化响应与反馈、生态系统动态模型等。

4. 生态系统管理与可持续性

主要内容:生态系统服务、生态系统健康、生态系统可持续性经营等。

5. 特定生态系统特征与管理

根据各个院校及学科的实际情况,有选择地讲授主要生态系统的特点、存在问题及解决方案。主要生态系统类型包括:森林生态系统、湿地生态系统、草地生态系统、农田生态系统、海洋生态系统、淡水生态系统等。

■ 重点、难点:课程重点是掌握生态系统的组成与结构特征、生态系统的物质循环和能量流动关键过程及对全球变化的响应适应机制。课程难点是跟踪生态系统生态学的国际研究前沿,以系统思维方式,理解生态系统的格局与过程的内在联系和机制;针对目前存在并日益加剧的生态与环境问题,运用生态系统生态学的原理和方法,探索不同生态系统服务功能的维持和可持续管理的途径和方案。

七、考核要求

本课程考核包括平时成绩、野外实习与调研报告、期末考试3部分。平时成绩由课堂出勤、问题回答讨论、课堂作业、课外阅读等组成。调研报告考核主要通过学生PPT演讲、对问题的回答和讨论情况,评判学生对所选专题的理解程度。期末考试可以采取试卷方式或撰写学期论文的方式进行考核。

八、编写成员名单

方精云(北京大学)、王传宽(东北林业大学)、阮宏华(南京林业大学)、王少鹏(北京大学)、朱彪(北京大学)

06 理论生态学

一、课程概述

生态学的研究对象是自然模式,即自然界中各种类型的生物在分布、多度和动态等方面所表现出来的规律。由于自然系统的极端复杂性,从大量的观察描述中识别模式经常是一个非常困难的挑战,但更重要的是需要理解这些自然模式是怎样产生的,或者说,是哪些生物学与生态学过程导致了人们所观察到的自然模式?试图回答这样的问题是理论生态学研究的一个核心目的。

理论生态学是生态学研究的一种途径,其目标是形成假说以解释观察到的模式或做出可被检验的预测,即形成生态学理论。所有的理论研究都是建立在逻辑推理基础之上的,而严谨的逻辑推理又往往需要借助数学模型和计算机模拟等有力工具。本课程通过讲授个体、种群、群落乃至生态系统水平上针对生态学过程所建立的最基本的数学模型,增强学生对生态学理论研究重要性的整体认识以及对理论生态学研究方法的认识,包括如何针对具体的生态学问题构建模型、如何分析模型、如何把模型结果用于解释或预测自然现象等。

二、先修课程

普通生态学、进化生物学、高等数学(微积分、线性代数)、计算机基础、概率论与数理统计等。

三、课程目标

本课程讲授更强调理论概念与思维的培养,而非数学推导的细节。通过本课程的学习,学生应掌握基础的生态学模型,包括生活史进化和博弈理论(生活史对策、性比率理论、进化稳定对策、合作的进化)、种群水平(逻辑斯蒂模型,种群动态矩阵模型、Lotka-Volterra 竞争与捕食模型、寄生模型)、群落和生态系统水平(演替、生态位理论、中性模型、食物网、稳定性、集合群落、岛屿生物地理学)的模型,明白理论生态学研究的目标就是形成可以解释和预测自然模式的假说,具备一定的逻辑推理和建模能力。

四、适用对象

本课程适用于生态学专业硕士研究生和博士研究生必修课或选修课,研究方向为理论生态学的研究生应该是必修课。

五、授课方式

授课方式采用课堂教学、专家做专题报告、学生汇报以及计算机实习相结合的方式。具体如下:① 课堂教学(重点):侧重于理论生态学的基本概念、基础知识、基本方法和相关研究进展,每堂课的最后留有 10 分钟的时间为学生答疑或让学生彼此交流心得;② 专家做专题报告:邀请 2~3 位该领域内的知名专家和教授为学生进行专题讲座,加深学生对理论生态学的认识;③ 学生汇报:将学生分成若干课题小组,让他们查阅相关文献,寻找理论生态学中的典型案例,并进行深入剖析,以 PPT 的形式进行汇报交流;④ 计算机实习:为了更直观地展示单种群动态和竞争与捕食模型的动力学性质,可以安排一次计算机实习,采用简单直观易学的软件(如 NetLogo、Matlab、R、Python 等)。

六、课程内容

课程可包括如下模块。

1. 理论生态学简介

主要内容:① 自然模式与过程的关系;② 观察-理论-实验:生态学研究的三个互补途径;③ 理论生态学的发展历史与发展趋势;④ 尺度问题;⑤ 数学建模与计算机模拟的基本原则;⑥ 理论研究的重要性。

2. 生活史进化

主要内容:① 最优化研究法;② 最佳成熟年龄;③ 最佳繁殖力;④ 后代大小与数量;⑤ 随机环境与生活史策略。

3. 进化博弈论

主要内容:① 鹰鸽对策与进化稳定对策(ESS);② 公地悲剧与囚徒困境;③ 合作行为的进化;④ 性比率与性别分配理论。

4. 种群模型

主要内容:① 种群增长模型;② 集合种群动态;③ 种间竞争:Lotka-Volterra 模型、Tilman 资源竞争模型、Chesson 物种共存模型(生态位差异与适合度差异);④ 捕食-猎物系统动态;⑤ 寄生与寄主系统动态与疾病传播。

5. 群落与生态系统模型

主要内容:① 演替理论;② 集合群落动态;③ 中性理论;④ 食物网模型及复杂性与稳定性;⑤ 多样性与生态系统功能;⑥ 岛屿生物地理学与种-面积曲线。

课程内容的重点与难点:理解自然模式与生态过程的关系,能从理论视角分析解决具体生态学问题;掌握生态建模的基本原则和方法,理解尺度的重要性,对发展生态学总体理论框架有一定的认识;锻炼提高逻辑推理能力,具备批判性思考和创造性地解决问题的能力。

七、考核要求

课程考核包括平时成绩和期末考试。在平时成绩考核时,可要求学生通过 PPT 演示和讨论方式展示对某一专题的理解;期末考试可以采取试卷方式或撰写期末论文方式进行考核。

八、编写成员名单

张大勇(北京师范大学)、王少鹏(北京大学)、储诚进(中山大学)、肖洒(兰州大学)、王瑞武(西北工业大学)、赵磊(中国农业大学)

07 生物多样性与保护生物学

一、课程概述

生物多样性(Biodiversity)是人类赖以生存以及社会发展的基础,是生态文明建设和民族永续发展的基本保障。由于人类活动的影响,全球生物多样性(包括遗传、物种和生态系统)正在锐减,而且这一趋势在未来将不断加速,当前的物种灭绝速率比自然背景值高约 1000 倍,因此有学者甚至认为,地球正在面临着“第六次物种大灭绝”。生物多样性的保护与可持续利用已成为全球共识,也催生了保护生物学(Conservation Biology),并且不断发展。保护生物学的目的是研究生物多样性的形成、演化、退化以及恢复机制,对人类活动的响应,提供有效保护生物多样性的方案。生物多样性的形成与维持机制是 21 世纪亟待解决的 25 个重大科学问题之一,也是保护生物学的理论基石。实现人与自然和谐共存是保护生物学的目标。本课程将从如下几个大的方面来进行教学:① 概述。生物多样性和保护生物学的概念与内涵,保护生物学的发展历史、自然保护伦理、面临挑战、应对问题和研究热点;② 理论与方法。生物多样性的形成、演化与维持机制,保护生物学的基本原理与研究方法;③ 现状与威胁。生物多样性的全球分布、主要威胁及机理,气候变化对生物多样性的影响,生物多样性与人类健康的关联;④ 相关立法与公

约。生物多样性保护与可持续利用相关法律与法规,国际公约及执行,联合国可持续发展目标;
⑤ 应用。生物多样性保护的策略、管理与实践案例。

二、先修课程

生物学、植物学或动物学、生态学、遗传学、种群生物学、种群遗传学、繁殖生物学、进化生物学、分类学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应该掌握保护生物学的概念与范畴、理论体系、核心科学问题、保护与管理的理念与方法、研究进展;了解生物多样性的定义、内涵与价值,生物多样性的形成(三个层次)、时空分布格局及其成因;了解物种及物种形成、物种灭绝、遗传变异与保护以及生物多样性面临的威胁及其评估;了解生物多样性保护理论与实践、生物多样性监测、生物多样性资源及其利用等案例分析;了解生物多样性可持续利用以及保护生物学的相关法律、法规与国际公约。使学生全面了解自然保护的理念和多元视角,掌握保护生物学相关原理和方法,并用理论和实践去指导和实施保护行动;具备一定的生物多样性评估、研究和保护应用的能力。

四、适用对象

本课程适用于生态学专业硕士研究生和博士研究生的必修课或选修课,研究方向为生物多样性和保护生物学的研究生应该作为必修课。

五、授课方式

授课方式采用互动式课堂教学、案例分析、学生分组讨论以及参观生物多样性保护点等方式进行。① 课堂教学:侧重于生物多样性与保护生物学的基本概念、核心问题、基础理论、基本评估和研究方法、关注领域和相关研究进展;② 案例分析:由教学团队或邀请专家作生物多样性研究和保护生物学经典研究案例的报告;③ 学生分组讨论:将学生分成不同课题小组,针对拟定的核心问题的经典研究案例或热点问题,进行相关文献查阅和总结,以小组为单位交流和讨论,由教师点评和总结;④ 观摩实践(有条件的情况下):参观典型的生物多样性保护基地,进行观摩与实践等。

六、课程内容

课程可包括如下模块。

1. 概论

主要内容:① 保护生物学简介,包括定义与内涵、发展简史、研究内容、基本原理与研究方法、发展方向以及自然保护伦理等;② 生物多样性简介,包括概念与内涵、生物多样性的多维性(三个层次)、价值以及与人类发展的关系、面临的挑战等。

2. 生物多样性的形成、维持及研究方法

主要内容:① 物种概念与分类系统,生物进化与物种形成过程,物种的濒危与灭绝,生物多样性信息学;② 遗传(基因)多样性的形成、维持与丧失过程,遗传多样性的时空变化,遗传多样性的检测方法;③ 生态系统多样性,生态系统的类型及稳定性,生物多样性与生态系统功能,生

态系统多样性的度量。

3. 生物多样性的地理分布及人类的生态影响

主要内容:① 物种多样性分布的地理格局及原因;② 全球气候变化及其对生物多样性分布的影响,生物多样性对气候变化的响应;③ 人类活动对生物多样性的影响,人类健康与生物多样性的关联;④ 环境伦理与生态文明。

4. 生物多样性及其保护相关法律

主要内容:① 建立生物多样性及保护相关法律的重要性;② 国际法,包括生物多样性公约、濒危野生动植物物种国际贸易公约、生物遗传资源获取与惠益分享等;③ 我国的法规,包括环境保护基本法、野生生物物种保护法;自然资源法等,并且学习法律法规在执行时面临的挑战和空缺。

5. 生物多样性保护策略与实践

主要内容:① 生物多样性保护策略,物种种群和栖息地保护、生态系统和景观尺度保护、生态服务功能维护、物种迁地保护;② 生物多样性面临的威胁及其评估,生物多样性监测生物多样性资源的可持续利用;③ 生物多样性保护的管理,自然保护区;④ 生物多样性保护与社会发展、社区生计、传统文化、市场机制以及公众参与。

■ 重点、难点:掌握生物多样性与保护生物学的理论基础、研究方法与应用实践;了解物种多样性的价值、分布格局及与环境的相互影响;认识生物多样性与生态系统功能的关系;掌握生物多样性形成、维持与丧失机制及其检测与评估方法;了解人类活动对生物多样性影响以及生物多样性保护相关法律法规。难点在于将多学科的知识融会贯通并应用于本学科。

七、考核要求

课程考核包括平时作业与测验、小组报告和讨论、野外实习报告和期末考试。① 平时作业与测验:检查和考核学生对生物多样性保护的基本概念、基本原理和研究方法的理解;② 小组报告和讨论:通过指定项目或研究案例分析,考核学生团队对生物多样性保护的综理解解与合作解决问题能力以及表达能力;③ 野外实习报告:通过访问种子(基因)库、植物园、动物园和保护基地等,撰写相关实习报告;④ 期末考试:以撰写论文方式考核学生个人对本门课程核心要点和实践的理解。

八、编写成员名单

卢宝荣(复旦大学)、方盛国(浙江大学)、吕植(北京大学)、王志恒(北京大学)

08 可持续生态学

一、课程概述

可持续生态学(Sustainability Ecology)是将人类及其社会经济活动纳入生态系统研究范畴而

形成的自然科学与社会科学的交叉学科,是以生态学为基础,以社会可持续发展为目标,通过跨学科的方法研究社会系统与自然系统之间耦合与反馈关系的一门学科。无论在理论性和应用性方面,可持续生态学学科体系尚处在快速发展时期。本课程分为以下几个模块:① 理论基础和研究范式;② 可持续生态学的应用,包括宏观尺度生态系统的可持续发展、生态城市与可持续发展、乡村生态与可持续发展、生态产业与可持续发展;③ 研究展望。

二、先修课程

普通生物学、基础生态学、生态系统生态学、生态经济学、自然地理学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,培养学生跨学科的思维范式和以此研究分析和解决实际问题的能力,涉及生态学、经济学、公共管理、社会学等学科;以问题为导向,训练学生如何应用相关理论分析和解决具体的实际问题,包括全球及区域等宏观尺度、城市、乡村以及产业等领域;注重介绍本学科前沿性的研究进展。

四、适用对象

本课程适用于生态学硕士研究生和博士研究生的必修课或选修课,研究方向为可持续生态学的研究生应该作为必修课。

五、授课方式

授课方式采用翻转课堂教学、专家做专题报告、学生分组讨论汇报和野外实习相结合的方式进行。① 翻转课堂教学:侧重于可持续生态学的基本概念、核心问题、理论基础和研究方法、研究领域和相关研究进展;② 专家做案例分析报告:邀请2~3位该领域内的知名专家学者针对特定案例,进行深入解析,加深学生对可持续生态学基础理论和研究方法的认识;③ 学生分组讨论报告:将学生分成若干小组,针对拟定的不同核心问题或经典案例,查阅相关文献,并进行分析总结,以PPT报告形式进行交流和讨论,任课教师进行点评;④ 野外实习:为更好地将课堂上的内容与可持续生态实践结合起来,课程中可以安排1~2次野外实践活动,感受可持续生态学研究案例的魅力,学习相关野外调查方法与实验技术。

六、课程内容

本课程拟从如下三个模块进行介绍:① 理论基础和研究范式;② 可持续生态学的应用,包括宏观尺度生态系统的可持续发展、生态城市与可持续发展、乡村生态与可持续发展、生态产业与可持续发展;③ 研究展望。第一模块“理论基础与研究范式”是本课程的讲授重点,应占约50%学时;第二个模块定位于实际问题的案例分析;第三模块介绍学科发展趋势与前景。

1. 可持续生态学简介

主要包括:① 定义;② 形成和发展背景;③ 核心研究内容;④ 理论构建。

2. 可持续生态学基础理论

基础理论包括:基于“时”“空”“量”“构”“序”的生态关联以及生态整合的“社会-经济-自然”复合生态系统理论、可持续发展最终目标和遵循原则、可持续发展理论的“外部响应”和“内部响应”、可持续发展思想和模式等。

3. 可持续生态学的研究范式

主要包括指标和指数、基于产品的评估方法以及基于动态模型的综合评估方法等。

4. 宏观尺度生态系统的可持续发展

主要包括:① 全国尺度的生态文明建设;② 实施联合国 2030 年可持续发展议程;③ 区域生态安全格局构建;④ 区域生态风险与生态补偿机制;⑤ 全球气候变化的生态适应。

5. 生态城市与可持续发展

主要包括:① 城市生态系统承载力评估;② 生态城市设计与规划;③ 生态文明和可持续发展示范区建设。

6. 乡村生态与可持续发展

主要包括:① 中国乡村主要发展历程和存在的主要问题;② 乡村发展中的可持续生态学问题;③ 乡村振兴中的典型案例解析。

7. 生态产业与可持续发展

主要包括:① 生态工业与可持续发展;② 生态农业与可持续发展。

8. 可持续生态学研究展望

主要包括:① 可持续生态学中的基础理论和社会实践方法;② 落实联合国可持续发展目标的生态学研究;③ 多尺度生态风险与安全格局构建研究;④ 城市化与乡村振兴的可持续发展研究;⑤ “未来地球”国际科学计划中有关可持续发展的生态学研究。

■ 重点、难点:掌握可持续生态学的基础理论和研究方法;理解和掌握可持续生态学在生态安全、生态城市和生态产业中的理论研究与实际应用;追踪和引领可持续生态学的国际发展前沿,加深和拓展可持续生态学的基础理论研究,并针对目前存在且日益加剧的生态与环境问题,运用可持续生态学的原理和方法,探索可持续发展的途径和方案。

七、考核要求

考核包括平时成绩、调研报告、期末考试 3 部分。平时成绩由课堂出勤、问题回答、小组讨论、课堂作业、课外阅读等组成。调研报告考核主要通过学生 PPT 演讲、对问题的回答和讨论情况,考核学生对可持续生态学的综合理解与解决问题能力。期末考试可采取试卷方式或撰写学期论文的方式进行考核。

八、编写成员名单

吴文良(中国农业大学)、李凤民(兰州大学)、李文军(北京大学)

09 地理生态学 (Geographical Ecology)

一、课程概述

地理生态学是一门生态学与地理学之间的新兴边缘科学。从最早研究物种地理分布格局与竞争关系,到研究各类生态系统的空间分布、结构、行为或功能、演替或演化等规律以及与地理环境之间的相互关系、协调或优化方法与改善途径。本课程拟从如下几个方面来介绍:① 地理生态学的形成与发展,研究目的与意义,研究方法与手段;② 地球的内部结构与表面形态,地球物质循环特征及其生态学意义,地球表层的能量收支与流动;③ 地球非生物系统及其生态演化,地球生物系统及其生态演替,人工生态系统及其管理与调控;④ 大气环境发展与全球气候变化;⑤ 协同进化与生态文明。

二、先修课程

普通生态学、地理学、环境学导论等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握地理生态学的理论知识及相关的研究方法与手段,了解本方向的最新研究动态与发展趋势;能够提出地理生态学实践中遇到的相关科技问题,并具备一定的处理与解决问题的能力。

四、适用对象

适用于生态学专业的研究生(包括博士生和硕士生)。

五、授课方式

课程采用课堂讲授、专题研讨、翻转课堂、野外实习考察与实践相结合的方式。其中,现场考察应占有较大比重。通过课堂讲授,使学生了解相关的理论知识;通过专题讨论和翻转课堂,培养学生独立思考和准确表达知识的能力以及团队合作精神;通过野外考察,发掘、提升探寻生态地理分异与相关规律的能力,并通过实习实践,使学生对地理生态学相关原理与方法具有更清晰的感性认识,激发学生从事相关研究与实践的兴趣。

六、课程内容

1. 概述

主要讲述本学科形成与发展,目的与意义等。

2. 研究方法 with 手段

包括方法论、遥感与地理信息技术的应用、定位试验站的选定与观测资料的分析、现代技术手段等。

3. 地球的内部结构与表面形态

4. 地球物质循环特征及其生态学意义

包括地质大循环、生物小循环(生物地球化学循环)、水循环等。

5. 地球表层的能量收支与流动

包括煤和石油的开采与利用,太阳能、地热能、生物能、风能和潮汐能等的利用,等等。

6. 地球非生物系统及其生态演化

包括土壤的组成、分类和分布特征及其生态演化,沙丘与沙漠的形成与生态演化,山岳生态系统及其演化,平原生态系统及其演化,河流生态系统及其演化,湖泊生态系统及其演化,海洋生态系统及其演化,极地生态系统及其演化,等等。

7. 地球生物系统及其生态演替

包括物种分布格局,生物地理群落及其生态演替,生态平衡的演化与意义,森林生态系统与演替,草原生态系统与演替,荒漠生态系统与演替,仙人掌的耐旱机制与生态演化,骆驼的耐渴机制与生态演化,等等。

8. 人工生态系统及其管理与调控

包括农业(农田、牧业、人工林、渔业等)生态系统形成与发展,工业生态系统形成与管理,城市生态系统形成与调控,人类生态系统发展与对策,等等。

9. 大气环境发展与全球气候变化

10. 协同进化

包括生物与生物之间、人与生物之间、人种之间、不同民族与部落之间等的协同进化与生态文明。

■ 重点:地球非生物系统及其生态演化;地球生物系统及其生态演替;人工生态系统及其管理与调控。

■ 难点:人工生态系统及其管理与调控;协同进化与生态文明。

七、考核要求

可通过理论知识考试(开卷或闭卷,30%)、小组讨论与课堂汇报(20%)、野外考察心得或课程论文(50%)等多种形式进行考核。

八、编写成员名单

周启星(南开大学)、张大勇(北京师范大学)、王志恒(北京大学)、方精云(北京大学)

10 恢复生态学

一、课程概述

恢复生态学(Restoration Ecology)是研究生态系统受损的原因、受损生态系统恢复的原理与

技术的科学。自 1987 年诞生以来发展迅速。20 世纪以来,人口急剧增长、资源过度利用和环境污染带来了一系列的生态环境问题(如森林、草地退化,生物多样性的丧失,全球气候变暖等),严重威胁到人类社会的可持续发展。因此,受损生态系统的恢复与重建已成为当今社会的重要课题,具有强烈的实践意义。导致生态系统受损主要有两大人为因素,一是从自然界中过度获取、资源过度利用引起的生态退化,二是向自然界中抛弃过多没有利用完全的物质、超过自然界的净化能力引起的环境污染。本课程聚焦破解这两大生态环境问题,拟从如下几个方面来介绍:① 恢复生态学的基础理论、发展现状与发展趋势;② 生态系统受损的成因及其类型;③ 主要受损生态系统类型的生态恢复;④ 主要污染环境的生态修复;⑤ 不同空间尺度的生态恢复;⑥ 生态恢复与社会、经济和文化;⑦ 主要生态工程的原理、类型与技术方法。

二、先修课程

普通生态学、自然地理学、3S 技术、植被生态学、景观生态学、生态系统生态学、污染生态学或生态毒理学、生态安全等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握恢复生态学的基本理论与知识,对不同类型生态系统的恢复有一个总体的认识;掌握本领域的最新研究动态;具备一定的分析和处理当前受损生态系统恢复过程中出现的问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于生态学专业硕士研究生和博士研究生必修课或选修课,研究方向为恢复生态学的研究生应该是必修课。

五、授课方式

授课方式采用课堂教学、专家做专题报告、学生汇报以及野外实习相结合的方式。具体如下:① 课堂教学(重点):侧重于恢复生态学的基本概念、基础知识、基本方法和相关研究进展,每堂课的最后留有 10 分钟的时间为学生答疑或让学生彼此交流心得;② 专家做专题报告:邀请 2~3 位该领域内的知名专家和教授为学生进行专题讲座,加深学生对恢复生态学的认识;③ 学生汇报:将学生分成若干课题小组,让他们查阅相关文献,寻找恢复生态学中的典型案例,并进行深入剖析,以 PPT 的形式进行汇报交流;④ 野外实践:为了更好地将课堂上的内容与生态恢复实践结合起来,可以安排一次野外实践活动,学习恢复生态学野外调查与实验技术。

六、课程内容

1. 恢复生态学简介

主要内容:恢复生态学的定义、主要研究内容、发展历史与发展趋势、恢复生态学与相关学科的关系、生态恢复的技术背景等。

2. 恢复生态学的基本理论体系

主要内容:① 生态恢复自我设计理论,相应的生态系统演替理论,及其生态恢复应用理论;② 生态恢复他人设计理论,相应的恢复生态学理论;③ 生态恢复参照系理论;④ 污染条件下生物的适应与进化理论;⑤ 其他学科相关理论。

3. 各种类型退化生态系统的生态恢复与生态修复

主要内容:退化森林、草地、湿地、农田、城市等生态系统,可包括不同生态系统的概念与特点、结构与功能、退化原因与恢复过程;主要恢复工程与修复案例,包括由于污染产生的退化生态系统的修复等。

4. 污染条件下生物的适应与生态修复

主要内容:环境污染在生态系统中的迁移、积累、富集和生态效应,生物对污染的抗性、耐性与适应,生物对污染环境的修复,污染环境生态系统中生态系统功能重建。

5. 景观、区域与全球生态恢复

主要内容:景观尺度上生态恢复的格局与过程、区域尺度上的生态恢复、全球变化与生态恢复等内容。

6. 生态恢复的社会、经济与文化

主要内容:生态恢复的社会学、生态恢复对可持续发展的贡献、生态恢复的经济学。

■ 重点、难点:理解受损生态系统的特征以及驱动力;掌握不同类型和不同受损成因的生态系统恢复的原则和方法;认识生态系统恢复过程对环境的影响及加速恢复的策略;理解不同空间尺度下生态恢复原理与过程。

七、考核要求

考核包括平时成绩、参观考察报告和期末考试。在平时成绩考核时,可要求学生通过 PPT 演示和讨论方式展示对某一专题的理解;要求学生在参观考察典型恢复案例后撰写考察报告;期末考试可以采取试卷方式或撰写期末论文方式进行考核。

八、编写成员名单

彭少麟(中山大学)、段昌群(云南大学)、周启星(南开大学)

11 生态统计分析

一、课程概述

生态统计分析(Statistical Analysis in Ecology)是利用数理统计的原理和方法分析和解释生态学数据的一门学科。人类认识大自然、获取生态学知识的一个最重要途径是开展野外调查和控制实验,并基于统计分析从相应的生态学数据中提炼信息。因此,面向生态学数据的统计分析是开展生态学研究、认识自然界规律的不可或缺的手段。

本课程在讲授数理统计基本原理的基础上,重点介绍现代生态学研究常用的统计方法,包括实验设计与方法分析、线性模型、多元统计分析、贝叶斯方法等。针对生态学数据统计分析中的常见误区,将做特别讲解。

二、先修课程

普通生态学、高等数学、概率统计、统计软件基础(比如 R 软件)等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握生态学研究中的常用统计方法的原理和实践;针对特定生态学问题,能设计合理的取样和实验方案;面向生态学数据,能选择合适的统计方法,使用统计软件实现并合理解释数据分析结果。

四、适用对象

本课程适用于生态学专业硕士研究生和博士研究生必修课或选修课。

五、授课方式

授课方式采用课堂教学、上机实践、学生汇报等方式。

- ① 课堂教学(重点):侧重于生态统计方法的基本概念和理论、基本方法及其软件实现;
- ② 上机实践(重点):每堂课留 10~20 分钟上机练习,并通过课下作业训练学生的实践能力;
- ③ 学生汇报:将学生分成若干课题小组,就生态学研究相关的某一统计方法做 PPT 展示,通过自学和汇报促进学习和交流。

六、课程内容

1. 概率统计基础

主要内容:① 概率统计学的基本原理和发展简史;② 概率论基础知识,包括概率定义、随机变量及其分布、中心极限定理和大数定律;③ 统计学基本原理,包括估计方法、假设检验等;④ 非参数检验,包括秩检验、自抽样算法等;⑤ 统计软件基础。

2. 实验设计与方差分析

主要内容:① 实验设计的基本要素,包括因子设计和随机化设计;② 生态学中常用实验设计,包括完全随机设计、随机区组设计、裂区设计等;③ 抽样调查方法,包括简单随机抽样、系统抽样、分层抽样等;④ 方差分析(ANOVA),对应不同实验设计的方差分析方法;⑤ 协方差分析(ANCOVA);以上方法的统计软件实现。

3. 线性回归模型

主要内容:① 一元回归模型的原理,包括回归系数的估计和检验、模拟拟合优度、模型预测等;② 多元回归模型,包括逐步回归和模型选择;③ 广义线性模型(GLM)、广义可加模型(GAM)等;④ 线性混合效应模型,包括随机效应的概念、随机截距模型、随机截距和斜率模型等;以上方法的统计软件实现。

4. 多元统计分析

主要内容:① 结构方程模型(SEM),包括协方差估计方法和逐步估计方法、带有随机效应的SEM等;② 主成分分析、因子分析、对应分析等;③ 聚类分析和判别分析;④ 机器学习方法;以上方法的统计软件实现。

5. 贝叶斯统计

主要内容:① 贝叶斯统计基本思想及其在生态学中的应用;② 贝叶斯模型构建、分析与统计软件实现。

■ 重点、难点:统计推断的基本原理;针对不同生态学问题和数据,如何选择合适的统计方法,正确解释分析结果;在应用统计方法中需注意的几个问题:I类错误和II类错误、统计功效问题、自变量共线性问题、数据独立性与方差非齐性问题、统计显著性与生物学/生态学显著性问题、伪重复(pseudo-replication)和自由度的问题、滥用p值的问题。

七、考核要求

课程考核包括平时成绩、课堂报告和期末大作业。

① 平时成绩:通过课外作业和课上练习,考察在统计软件(比如R软件)中使用特定统计方法分析数据的能力;

② 课堂报告:学生从文献和参考书中自主学习,介绍某一新的统计方法,或与课上内容相关的问题和争论,比如生态学文献中有问题的统计分析;

③ 期末大作业:学生自主选题,结合其研究兴趣和课题,将课堂上学习的统计方法应用于实际问题的解决。

八、编写成员名单

张大勇(北京师范大学)、王少鹏(北京大学)、李欣海(中国科学院动物研究所)

12 生态学研究方法

一、课程概述

生态学的研究方法涉及面十分广泛。纵向来看,从微观分子生物学方法、中观个体生理生态学及种群生物学方法,到宏观的群落生态系统乃至全球生态学等研究方法;横向来看,生态学研究融合了生命科学、地球科学、化学、数学及信息科学等多学科方法;从方法论来看,观测与取样分析、室内和野外控制实验、模型模拟等方法交叉或贯通使用。本课程向学生介绍当前生态学研究中的常用技术与方法,使学生对生态学研究的方法手段有一个全面的了解,熟悉不同方法的理论背景、适用范围、优缺点以及当前发展趋势,建立起提出、分析和解决问题的思维框架和实际操作能力,从而使学生能根据各自研究问题选择适当技术与方法,促进不同学科技术的

交叉使用。课程内容涵盖常用统计方法、野外调查与监测技术、控制实验原理与设计、实验室分析方法、模型模拟、3S 技术以及有关种群、群落、生态系统、景观及全球生态学等方向的相关研究方法等,不同二级学科方向可根据需要对内容进行选择。本课程可作为生态学专业研究生的必修课。

二、先修课程

普通生态学、动物学、植物学、微生物学、数量生态学、地球科学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解当前生态学研究中的常用技术与方法,熟悉不同方法的理论背景、适用范围、优缺点以及当前发展趋势,掌握相关方法的应用。同时,学生在相关方法的实际应用中,把握生态学从结构(不同对象层次)、功能(生命及生态功能)、进化(时间上的动态变化)三个维度开展研究的方法论特征,加深对生态学概念、理论的认识,获得一定的研究实践经验。

四、适用对象

适用于生态学专业硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

结合课堂多媒体教学、课堂讨论、实践操作等方式,使学生在在学习相关技术和方法理论的同时,掌握其实际操作和应用。由于生态学研究中使用的技术与方法较多,为扩大学生对不同方法的了解,可以通过翻转课堂方式,由学生选择与其研究内容相关的 1~2 种方法,向全班介绍并展开讨论。

六、课程内容

1. 常用数据分析与模型方法

主要内容:相关、回归与方差分析;结构方程模型;空间数据分析方法(如空间自相关、空间自回归等);种群增长模型;群落分类与排序方法;种间互作分析;零模型分析;整合分析(meta analysis);群落谱系分析。

2. 野外调查与监测技术

主要内容:野外调查(观测)布点和取样技术;脊椎动物野外调查与监测方法;土壤无脊椎动物采集、分离与鉴定方法;水生生物生态调查与观测方法;植物群落调查方法;植物功能性状取样方法与测定技术;生态系统过程测定技术与方法;生物体内典型污染物监测方法、环境样品(土样、水样、大气样品等)分析,环境因子及生态监测等。

3. 控制实验原理与设计

主要内容:控制实验设计的原则、实验设计概述、常见的控制实验设计类型;全球变化控制实验的原理与设计(包括温度控制实验、降水控制实验、养分添加实验、CO₂ 施肥实验、太阳辐射控制实验、放牧等干扰控制实验等);生物多样性控制实验的原理与设计;室内控制模拟实验设

计方法。

4. 模型模拟方法

主要内容:生态系统建模方法;动态植被模型原理与方法;物种分布模型原理与方法;林窗模型原理与方法;碳循环模型原理与方法。

5. 实验室分析技术

主要内容:质谱分析原理与方法;色谱分析原理与方法;同位素技术在生态学中的应用及分析方法;分子生态方法与环境 DNA 技术;组学技术在生态学中的应用;微生物及宏基因组技术。

6. 3S 技术

主要内容:生态遥感方法;地理信息系统相关技术与方法;无人机航拍技术;激光雷达技术与数据处理方法等。

七、考核要求

考核方式可包括平时成绩、课堂讨论与翻转课堂讲授、课程论文、实践操作和期末考试等方式。

八、编写成员名单

达良俊(华东师范大学)、段昌群(云南大学)、王志恒(北京大学)