

物候学在高校地球科学课堂中的应用与探索

晁 晖^{1,2}

¹成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

²成都理工大学自然资源部深时地理环境重建与应用重点实验室, 四川 成都

收稿日期: 2024年11月1日; 录用日期: 2024年12月4日; 发布日期: 2024年12月11日

摘 要

地球是人类赖以生存的家园, 地球科学课程旨在传授地球形成及演化过程中的基础知识, 其重要性不言而喻。随着科学技术的日新月异, 多学科交叉融合是高校学科教学的发展趋势, 物候学作为研究生物季节性现象与环境变化关系的学科, 对于理解生态系统和气候系统具有重要意义, 将其应用在地球科学课堂中, 能够有效地对地球科学将今论古地开展研究, 可以更好地探讨地球系统的演化进程, 加强高校学生对地球科学的认识, 有助于提升学生的综合素质和创新能力。本文梳理了地球科学教学的现状, 指出目前教学面临的问题, 将物候学融入地球科学教学, 从物候学研究对象出发, 利用现代信息技术辅助教学, 通过有效的课堂讲授与实践应用, 增强学生对地球生态系统“过去、现在、未来”动态的理解, 促进跨学科间交叉融合, 增强学生的观察力与分析力, 旨在为当今全球气候问题下的地球科学教学提供新的视角和教学方法, 以推动宜居地球的可持续发展研究。

关键词

地球系统科学, 气候变化, 生态系统, 学科融合

Application and Exploration of Phenology in the Class of Earth Sciences in Colleges and Universities

Hui Chao^{1,2}

¹School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

²MNR Key Laboratory of Deep-Time Geography and Environment Reconstruction and Applications, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

Received: Nov. 1st, 2024; accepted: Dec. 4th, 2024; published: Dec. 11th, 2024

文章引用: 晁晖. 物候学在高校地球科学课堂中的应用与探索[J]. 创新教育研究, 2024, 12(12): 198-204.

DOI: 10.12677/ces.2024.1212880

Abstract

The Earth serves as the indispensable home for human survival, and Earth science course endeavors to impart foundational knowledge regarding the Earth's formation and evolution, the importance of which is unequivocally clear. Amidst the swift advancements in science and technology, interdisciplinary integration has emerged as a pivotal trend in university subject teaching. Phenology, a discipline that delves into the interplay between seasonal biological phenomena and environmental shifts, holds immense significance in comprehending ecosystems and climate systems. Incorporating phenology into Earth science can effectively facilitate research on Earth science across different eras, enabling a deeper exploration of the Earth system's evolutionary trajectory. This integration fosters a stronger understanding of Earth science among university students and contributes to enhancing their overall quality and innovative capabilities. This article endeavors to encapsulate the current landscape of Earth science teaching, highlighting the challenges faced by contemporary educational practices. By integrating phenology into Earth science curricula, it embarks from the research object of phenology and leverages information technology to aid instruction. Through effective classroom instruction and practical applications, it amplifies students' grasp of the Earth's ecological system dynamics across "Past, Present, and Future" timelines. Furthermore, it promotes interdisciplinary cross-integration, sharpens students' observational and analytical skills, and aims to provide fresh perspectives and teaching methodologies for Earth science course amidst the pressing global climate issue. Ultimately, it strives to propel research towards sustainable development for a habitable Earth.

Keywords

Earth System Science, Climate Change, Ecosystem, Discipline Integration

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球气候变化的急速加剧，人们对自然环境变化的关注度日益提高。《2021~2030 地球科学发展战略》中提出，地球宜居性的科学内涵和规律是 21 世纪的前沿科学问题。地球科学是一门理论性、应用性都很强的自然科学。从理论性上来说，它承担着揭示自然界奥秘与规律的使命。从应用性上来看，它为生活在地球上的人类如何适应、利用、保护自然提供了科学的方法论。地球科学以全面性、整体性和多时空尺度为主要特征，体系化的研究应当着眼于地球系统不同构成部分之间的相互作用，多学科或跨学科的研究必不可少[1]。

传统地球科学课堂中缺少整体视野，主要集中在局部研究，没有充分地将其他学科分支内容容纳进来，无法让学生综合学习地球科学系统，动态地了解地球真相与规律的能力。目前，高校地球科学课堂正在逐渐向学科交融的多元化方向发展，如大数据与人工智能、信息科学及人文社科等等[2]。物候学作为一门研究生物与季节变化关系的科学，其研究成果对于理解和预测气候变化对地球系统的影响具有重要意义。最新发布《2024 年气候状况报告》再次对日益加剧的气候危机发出了严酷的警告，即使各国政府实现了排放目标，全球升温幅度也可能达到 2.7℃，这几乎是《巴黎协定》将气候变化控制在 1.5℃ 目标的两倍。不同生物物种对气候变化的适应能力不同，物候是气候变化的最佳指示器，被称为“矿井

中的金丝雀”[3]。物候学研究有助于揭示生态系统对气候变化的适应机制，了解哪些物种能够更好地适应气候变化，从而为生态保护提供科学依据。在地球科学教学中引入物候学，可以帮助学生建立起对自然界周期性现象的基本认知，增强其环境保护意识，并为未来的科学研究或相关职业发展打下坚实的基础。因此，探讨物候学在地球科学教学中的应用不仅有助于提升学生的科学素养，也是对传统教学模式的一种创新和拓展。

基于以上，本文旨在深入探讨物候学在地球科学教学中的具体应用方式和效果，以及如何有效地整合到现有教学体系中。通过调查和总结地球科学教学的现状，分析物候学在地球科学教学中的理论基础和实践意义，提出物候学教学改革的策略和建议，以期能够推动地球科学教学的多学科融合发展。

2. 地球科学课程教学现状

2.1. 地球科学课程教学内容

作为六大基础科学之一，地球科学是认识地球形成和演化的自然科学，主要以地球系统(包括大气圈、水圈、岩石圈、生物圈和日地空间)的过程与变化及其相互作用为研究对象。它包括大气科学、地理学、地质学、地球物理学和空间物理、地球化学、海洋科学等分支学科，以及在各分支学科基础上集成发展出来的地球系统科学。虽然看起来内容庞杂，但与我们生活的联系十分密切，甚至息息相关，从人们佩戴的黄金首饰，建筑用的沙、石、水泥，到吃的食物都来自地球资源。气候变化、天体运行等全球变化也时刻影响着人类在内的全球生态系统，不容小觑[4]。

1992年，联合国“环境与发展大会”又制定了《21世纪议程》，提出“走出困境，拯救地球，实现保护环境，谋求持续发展”，通过了“可持续发展战略”。目前，我国大部分高校已开设地球科学相关课程，如《地球科学概论》《地质学》《地质灾害学》等等，尤其是理工科院校，许多专业都与地球科学关系密切。德国、英国、美国等国家均已将地球科学纳入学科计划中，其中美国有超过20所大学开设地球科学教育，因此，地球科学是一门十分重要的基础科学。

2.2. 地球科学课程教学的必要性

地球是一个天然的巨型科学实验室，清醒认识地球在宇宙中的真实处境，客观认识人类在地球和生命演化过程中的历史阶段，掌握自然规律，是把握人类未来命运的唯一途径。为了能够更好地了解人类生存的家园，同步地球系统的变化以及人类对其的影响程度，需要加强对地球系统的理解与社会发展的相关工作[5]。近年来，甚至不断有地球科学专家、两会代表委员提出“加强中小学地球与宇宙科学教育”，建议将中学地理课升级为地球科学课。高校学生通过学习地球科学课程，将深刻影响学生的世界观、人生观和价值观。对于地球系统的研究，是实现人地和谐的关键。随着人口增长和经济发展，人类社会面临着一系列全球性的挑战，尤其是当下全球气候危机加剧，世界气象组织确认2023年全球气温比工业化前水平高出了1.45℃，再次打破历史纪录，自然灾害频发，学者们声称人类正在经历“第六次生物大灭绝”，种种迹象表明地球生态系统的多样性日益严峻[6]。

地球科学是一个大题目，纵横几万里，上下数亿年，几乎辐射到自然科学的其他各个领域。对地球的认识同世界各民族的起源、历史、文化乃至这个世界文明的进展，都是紧密联系在一起。通过深入了解地球科学，有助于学生正确理解现今环境危机，并认同国家为解决资源短缺、环境污染、生态破坏等问题采取的措施，主动践行资源节约、环境友好的生活方式，促进人与自然的和谐相处，从根本上推动生态文明建设，积极打造宜居地球。系统的地球科学知识不仅要让学生们知晓地球过去，更是需要预测不远的未来。

2.3. 地球科学课程教学面临的问题

丰富多彩的地球科学课程，应重视科学原理和方法、地球科学与生活的联系、自然和生态灾害产生的原因以及全球变化等内容，致力于培养学生综合分析和动手实践的能力。让学生广泛接触大自然，才能领略地球与宇宙的神奇，有助于培养学生观察现象、发现问题的能力，以及训练生存技能、提高创新创造的能力。地球科学的范围很广，涵盖地质学、海洋学、气象学和天文学等领域，以陨石撞击地球为例：高温高压撞击地球的结果，势必引起地形与地质的变化；飞扬在大气中的粉尘微粒会遮蔽阳光，从而降低大气和海水温度。因此，看似简单的天文事件，却引起地质、气象和海洋的变化，可见各领域关系密切、环环相扣[7]。

然而，地球科学课程目前仍多局限于传统教学形式，通过课堂教师讲授介绍知识点，整体课程形式较为平面单一，难以激发学生的专业兴趣和积极性。在教授内容上也主要集中于局限的各门各类的研究，并没有综合地球系统各部分之间的耦合关系开展深入探讨。进入 21 世纪，地球科学发展到“地球系统”的新阶段，强调地球岩石圈、水圈、大气圈和生物圈之间的相互作用，进而从整体地球系统的视野，对地球各圈层的相互作用过程和机理进行研究，更是需要注意与人类活动密切的气候效应与地质营力，逐渐促进人类对地球的科学认知，增强人类适应全球环境变化的能力，并服务于可持续发展[8]。

因此，面对复杂多变的地球系统，跨学科整合是地球科学教学的一个重要方向。通过将地球科学与气候学、生态学、地理信息系统等方向相结合，能够帮助学生可以从多个角度理解复杂的地球系统。

3. 地球科学课程中的物候学应用

3.1. 物候学的定义与发展

物候学是一门研究生物季节性现象(如植物开花、迁徙鸟类出现的时间)与环境因素(主要是气候因素)之间关系的科学[9]。它起源于古代人们对自然周期的观察和记录，如古诗词中囊括了丰富的物候学知识[10]。随着时间的发展，物候学逐渐成为一个系统的学科，竺可桢先生主编的《物候学》一书的出版代表我国现代物候学正式起步[9]，其结合了生态学、气候学和地理信息系统等多学科知识，通过量化的方法来监测和预测生物季节性事件的变化。Phenology 一词最早由比利时植物学家 Charles Morren 于 1849 年提出[11]。现代物候学已经成为研究全球气候变化的热点议题[12]。物候学的研究方法多样，从传统的野外观察和记录，到现代的数据分析和模型模拟。野外观察通常涉及对特定物种的物候期进行长期跟踪，收集关于始花、结果、迁徙等关键物候事件的数据。

数据分析则使用统计学方法来揭示物候数据与气候因子之间的相关性。Xue 等利用 VS 模型模拟了 1962~2016 年中国亚热带季风气候区树木的径向生长，模拟结果表明，树木年轮主要记录了春季的温度信号[13]。此外，随着技术的发展，遥感技术和地理信息系统也被广泛应用于物候学研究中，使得在大尺度上监测物候变化成为可能。如我国首颗陆地生态系统碳监测卫星“句芒”号，是世界首颗森林碳汇主被动联合观测的遥感卫星，能够实现森林植被生物量、气溶胶分布、叶绿素荧光的高精度定量遥感测量，为缓解气候变化做出贡献。通过这些方法的综合运用，研究者能够更好地理解和预测物候现象及其对环境变化的响应。

3.2. 物候学与地球科学融合建设

物候学作为连接生物学、气候学和环境科学的桥梁，其在地球科学课程中占据了不可忽视的地位。物候学与地球科学是两个紧密相关的领域，它们共同关注自然界中生物和环境之间的相互作用和关系。物候学通过对生物物候现象的观察和记录，揭示生物与环境之间的影响机制。地球科学则是一个综合性的学科，它研究地球的物理、化学和生物过程，以及它们之间的相互作用。地球系统中的各个要素(如气

候、地质、生物、环境等)之间存在着复杂的相互作用,通过观测和分析生物物候现象,能够很好地以物候学为媒介将各要素串联起来,有助于理解地球系统各组成部分之间的相互作用和变化过程。因此,在高校地球科学教学中加强物候学与地球科学融合的理论基础探讨,可以帮助学生更好地理解 and 解释地球系统的整体性和复杂性,为地球科学的发展提供新的视角和思路。

在传统地球科学教学中,教学焦点往往集中于地球历史时期的生物与环境,但是大学生们对于数百万年前的地球系统的了解和认识程度都非常有限,仅能停留在表面的认知。物候学则以现代生物为主要研究对象,包括植物物候(如植物的开花、结果等现象),动物物候(如候鸟、昆虫及其他动物的迁徙、冬眠等现象)和各种水文、气象现象,如初霜、结冰、初雪等现象。物候学以日常可见的生物开展教学,可以更加贴近生活,更容易引发学生的兴趣和好奇心,这样的研究有助于他们更好地理解物候学知识,并结合地球科学其他分支,从而更为深入全面地理解地球系统。

以植物物候为例,就是明确植物的发芽、展叶、开花、叶变色和落叶等,是植物长期适应气候与环境的季节性变化而形成的生长发育节律。而传统的地球科学教学中,对于植物,更侧重于其发展演化历程,例如世界上第一朵花是辽宁古果,出现在距今 1.45 亿年前,但是它的茎叶相对纤细,仍表现出水生植物的特征[14]。尽管辽宁古果的科学意义深刻,但是因为仅有化石存在,无法给予学生立体的认知,而结合现代物候中水生植物如浮萍等根系发育微弱的特征,则可以更加容易理解辽宁古果的进化意义。

当下,全球变暖已成为热点话题,气候危机不容小觑,伴随着人类的到来,地球科学研究对象已拓展至人地和谐共处。物候时期是我国关于人类气候变化最早的文字记录,完善了我国的历史时期气候变化[15]。将物候学与地球科学有效结合起来,学生不仅能够了解现代生物与环境相互作用的复杂性,也可以帮助学生提高对地史时期的生态系统运行机理和过程的理解。这种跨学科的知识对于培养学生的系统思维和解决复杂环境问题的能力至关重要。

3.3. 物候学在地球科学中的应用形式

物候学教学的主要目标是使学生掌握物候现象的基本概念、观测方法和分析技能,并能够将这些知识应用于实际问题的解决中。在将物候学应用在地球科学教学中时,教学原则应强调实践性、互动性和跨学科整合,鼓励学生通过参与实际的物候观测项目来深化理解,并通过团队合作学习促进知识的交流和应用。

为了培养学生的观察力和分析力,可以制定定期的户外观察活动和实验室内的数据分析练习。通过直接观察自然界中的物候现象,学会如何记录数据并识别模式。此外,教师可以利用案例研究方法,指导学生分析历史物候数据,理解气候变化对生物周期性事件的影响,进而推断地质历史时期气候变化与生态系统之间的关系。

笔者所在学校已长期开设物候学课程,成功地将其应用在地球科学教学中,一次案例如下:

教学名称: 植物的异常开花

教学目标:

- 1) 让学生了解植物异常开花现象与季节变化的关系。
- 2) 培养学生的观察能力和实践能力。

学情分析: 面向全校大一大二年级开始的通识课。

教学计划:

- 1) **引入:** 通过多媒体展示校园内不同种类的花,指出有一些花存在异常开花的现象,引起学生的兴趣。
- 2) **观察与记录:** 以小组为单位,学生根据往年正常的花期,分组寻找今年出现异常花期的植物,记录下植物异常开花的时间,结合自己的认识,给出原因。

3) **分析与讨论**: 小组内讨论并分享观察结论。

4) **总结与反馈**: 教师总结学生的观察结果, 并引导学生理解植物花期异常的原因, 讲解其中的物候知识, 并说明与其相关的地球系统运行的机制。

教学资源:

1) 多媒体课件: 收集校园内的植物照片或视频, 用于课堂展示。

2) 文献: 下载相关背景的文献推荐给学生进行学习。

3) 观察工具: 记录本、笔等。

教学总结: 今年成都受天气持续高温影响, 使植物花期发生变化, 如本应在 9 月开花的桂花出现延迟开花, 而一些春季开花的植物, 如桃花、蓝花楹等, 在秋季再度开花。这是植物在应对异常气候时的一种“应激反应”, 属于物候异常现象, 其根本原因则是全球气候变暖所致。

教学反思: 本节课学生反响普遍较好, 在学习物候知识的同时, 与当今全球气候背景建立联系, 让学生们从身边事物出发, 根据亲身观察实践, 利用信息检索技术, 形成能够独立思考和解决问题的能力。不过, 仍存在一定需要改进之处, 由于本课程学生为低年级学生, 专业知识体系相对薄弱, 因此授课教师在课堂引入时应需要增加生动性和趣味性, 激发学生的专业兴趣, 并且应引导学生如何查询专业网站进行信息检索和梳理。

本次案例是物候学知识应用在地球科学中的一次典型代表, 教师首先提出学生身边熟悉的植物, 在引起学生兴趣后, 让他们亲身实践进行观察分析, 并自己寻求答案, 最后由老师进行总结, 揭示出物候现象背后隐藏的地球系统作用机制, 植物的异常花期是因为气温上升带来的直接影响。

气候变化对地球科学教学提出了新的挑战。教师需要不断更新教学内容, 反映最新的气候变化研究成果。同时, 教学对策应包括培养学生的批判性思维能力, 使他们能够评估不同来源的信息, 并理解科学不确定性对决策的影响。鼓励学生解决实际问题, 提高学习的主动性和参与度, 如观察记录本地植物开花时间, 分析与气候的相关性。预测未来植物花期是否会因气候环境变化受到影响。

信息技术的使用可以极大地丰富教学手段。例如, 利用在线数据库和应用程序, 学生可以访问全球范围内的物候数据, 如中国物候观测网、国家地球系统科学数据中心、全球未来物候模拟数据集等等, 数据下载后可进行比较分析。同时, 地理信息系统软件可以帮助学生可视化物候数据, 更好地理解空间分布和时间序列的变化。课程内容安排上注重从简单到复杂, 逐步引导学生建立完整的知识体系, 最后教授如何使用统计软件进行数据分析和模型建立。从获取数据、处理数据、分析数据到建立模型, 完整的学习流程能够全面提升学生解决问题的能力。

4. 总结

物候学在地球科学课程教学中的引入不仅丰富了地球科学课程的内容, 也为学生提供了一个观察和理解自然界的新视角。将物候学融入地球科学教学能有效提升学生的观察力、分析力和实践能力, 同时增强他们对地球生态系统各圈层动态的理解。融合式教学不仅有助于激发学生的学习兴趣, 培养他们的环境责任感, 并为他们未来在环境科学、生态保护等领域的职业生涯奠定基础。

物候学应用在地球科学教学中可以紧密结合现代的生态环境和物种多样性, 使教学内容贴近学生的生活实际, 让学生可以将课堂上学到的理论知识应用到现实世界中, 并且基于物候学的角度, 更加全面地理解地球科学的重要性和实用价值。通过借助现代信息技术工具, 如移动应用和在线平台, 提高教学的互动性和趣味性, 加深对地球系统“过去、现在、未来”的认识和理解, 强化地球科学教学的实际意义。

基金项目

自然资源部深时地理环境重建与应用重点实验室开放基金资助项目, DGERA20221101; 成都信息工

程大学人才引进项目, KYTZ202201。

参考文献

- [1] 郑永飞, 郭正堂, 焦念志, 等. 地球系统科学研究态势[J]. 中国科学: 地球科学, 2024, 54(10): 3065-3090.
- [2] 章凤奇, 石许华, 杨小平, 等. 高等学校《地球科学导论》课程教学改革与探索[J]. 高校地质学报, 2022, 28(3): 342-346.
- [3] Brenskelle, L., Stucky, B.J., Deck, J., Walls, R. and Guralnick, R.P. (2019) Integrating Herbarium Specimen Observations into Global Phenology Data Systems. *Applications in Plant Sciences*, 7, e01231. <https://doi.org/10.1002/aps3.1231>
- [4] Lade, S.J., Steffen, W., de Vries, W., Carpenter, S.R., Donges, J.F., Gerten, D., *et al.* (2019) Human Impacts on Planetary Boundaries Amplified by Earth System Interactions. *Nature Sustainability*, 3, 119-128. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0454-4>
- [5] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2022) Next Generation Earth Systems Science at the National Science Foundation. Washington DC: National Academies Press.
- [6] 李骁, 吴纪华, 李博. 为生物多样性与人类未来而战[J]. 科学通报, 2019, 64(23): 2374-2378.
- [7] Cornell, S., Prentice, I.C., House, J. and Downy, C. (2012) Understanding the Earth System: Global Change Science for Application. Cambridge University Press.
- [8] 汪品先, 田军, 黄恩清, 等. 地球系统与演变[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 514-543.
- [9] 竺可桢, 宛敏渭. 物候学[M]. 北京: 科学普及出版社, 1963: 1.
- [10] 杨帆. 唐宋诗比较视野下的宋代物候诗学研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2019.
- [11] Hopp, R.J. (1974) Plant Phenology Observation Networks. In: Lieth, H., Ed., *Phenology and Seasonality Modeling*, Springer, 25-43. https://doi.org/10.1007/978-3-642-51863-8_3
- [12] Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D.J., Imeson, A., Liu, C.Z., Menzel, A., *et al.* (2007) Assessment of Observed Changes and Responses in Natural and Managed Systems. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E., Eds., *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 79-131.
- [13] Xue, H., Shi, F., Gennaretti, F., Fu, Y.H., He, B., Wu, X., *et al.* (2023) Evidence of Advancing Spring Xylem Phenology in Chinese Forests under Global Warming. *Science China Earth Sciences*, 66, 2187-2199. <https://doi.org/10.1007/s11430-022-1149-x>
- [14] 王梅. 辽宁古果——世界最早的花[J]. 辽宁地质, 2000(1): 81.
- [15] 竺可桢. 中国近五千年来的气候变迁的初步研究[J]. 中国科学, 1973(2): 168-189.