

英国全球生态学研究简介

彭少麟

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

全球生态学(global ecology)是继细胞、个体、种群、群落、生态系统水平,以更为宏观的尺度来研究人类与其环境相互关系的生态学分支学科。由于人类过度活动的影响——化石燃料的过度使用、污染、森林破坏等,使环境问题已成为威胁人类生存的安全问题,特别是温室效应、酸雨和臭氧层变薄等已成为当今世界大气环境的三大无法回避的问题。由于全球生态学研究的是全球环境退化的程度、后果和对策,因而越来越为各国的生态学家所重视。

中国生态学代表团在访英期间,考察了 London, Lancaster, Manchester, Edinburgh, Liverpool, Bolton 等城市和地区的十多个很有代表性的生态学研究单位(大学或研究所)。每个单位都有相应的与全球环境变化有关的研究项目。例如 Sheffield 大学比较植物生态学协会(Unit of Comparative Plant Ecology)实施的 ISP(Integrated Screening Programme),其中的二十几个课题中就有一半是与全球环境变化有关的。诸多的研究项目中,通过实验室内模拟的、野外长期定点追踪观测的、样地环境条件控制的多种研究手段,以期揭示全球环境变化的可能过程和后果,为保持地球的良性生态平衡寻找对策。这些研究项目中,最有代表性的是由国家投资实施的“全球环境研究的陆地初步计划(Terrestrial Initiative in Global Environmental Research)”。由于项目缩写为 TIGER,故简称为“老虎”计划。

“老虎”计划是一个包括陆地和淡水科学方面的多学科项目,主要包含四个方面的研究内容:陆地碳循环、温室痕迹气体、水和能量平衡、生态系统的压力等。每个专项研究内容由科学家专家工作组管理,再由他们组成的委员会来掌握整个项目。这些专家包括了生物学家、气候学家、环境物理学家、模拟和数学家。他们主要来自自然环境委员会的研究所、大学和其它研究组织。其野外研究主要集中在 Teesdale 和靠近 Oxford 的样地,海外样地包括巴西和喀麦隆的热带森林和萨赫勒地区(Sahel)的混交林植被。英国学术界认为该项目是对国际地圈—生物圈计划(IGBP)和世界气候项目的重要贡献,它为处理许多全球问题提供了一个专门知识库。该计划研究内容的科学背景和主要课题如下。

1 陆地碳循环

1.1 研究的科学背景

由于人为扰动对自然碳循环的影响,导致了温室效应的增强。这种扰动主要来自于化石燃料

作者访英报告的一部分

1993-09-11 收稿; 1994-12-12 修回

的燃烧和毁林。这些人为活动造成了每年 6×10^{10} 多吨碳进入大气层。虽然这相对于土壤 (55×10^{10} 吨碳)而言是很少的,但它却使大气中的 CO_2 含量比工业时代以前的含量增加近 30%。

每年约有 10×10^{10} 吨碳循环于地表和大气之间,光合作用从大气中吸收碳来“建成”植被和另外的所有生命,同时通过分解和呼吸作用将碳归还大气。

人类需要掌握诸如温带土壤和热带森林生物群落碳循环速率的估计方法,而且需要增强对全球变暖和 CO_2 浓度升高将怎样影响碳循环速率方面的理解,并进而将其表达为能预报全球变化的模型。

1.2 研究的主要课题

1.2.1 在碳循环中的微生物过程

- (1)用细胞和分子遗传技术测定细菌引起的碳循环
- (2)微生物活动和土壤中温室效应气体浓度的关系
- (3)甲烷氧化细菌的活动过程和效应的研究
- (4) CO_2 增加对真菌繁殖和分解的影响

1.2.2 植被和土壤的碳贮存和转换

- (1)了解有机物库(叶、凋落物、土壤)对 CO_2 增加的反应。
- (2)在控制的环境下,进行长期实验,以研究 CO_2 增加对植物生长、分解和群落结构的效应。
- (3)在高地土壤进行实验,揭示在碳转换和对土壤有机物反应过程中全球变暖的效应。
- (4)模拟变暖和 CO_2 增加在草地和森林的碳交换上的效应。

1.2.3 热带森林中的碳流

- (1)在巴西和喀麦隆森林样地的地上和地下碳流估价。
- (2)从光学的和雷达的测定数据估计林地不同更新状态的面积。
- (3)建立一个植被类型的地理信息系统(GIS),探索由气候和土地利用的变化引起的效应。
- (4)探索无脊椎动物多样性如何在无干扰、全收获和更新林等不同情况下影响碳流。

1.2.4 在区域尺度上模拟 CO_2 的交换

- (1)建立一个 $1/2^\circ \times 1/2^\circ$ 尺度的土壤植物过程的取样区域模型。
- (2)用特定的统计学和转换边界层模型来研究对气候变化的反应。
- (3)土壤和植被作为主要的全球 CO_2 下降因素的作用。

2 温室效应气体的源和沉降机理

2.1 研究的科学背景

甲烷和氮氧化物是两种增加温室效应热的气体。这两种气体都有陆地来源,且近来在大气中的浓度急剧上升。两种气体均由微生物产生:甲烷来自湿地,氮氧化物则主要来自农业土壤,它们使温室效应约增加 20%。

大气中的甲烷被氧化成 CO_2 的反应速率是由大气的氧化能力所决定的。

两种气体的收支平衡被大量的不确定因素所影响。我们迫切需要了解两个气体在微水平上的

产生过程。需要掌握在区域的和全球的尺度上对大气中竞争性化学反应的进一步研究的技术。

2.2 研究的主要课题

2.2.1 过程和产生率

- (1) 调查影响甲烷产生、氧化和积累的微生物过程和产生率的限制因素。
- (2) 在控制的条件下,测定甲烷流量和在野外土壤剖面样地上的反应。
- (3) 根据微气象学测定,模拟不同的土壤结构条件对氮氧化物产生的影响。

2.2.2 在野外和区域尺度上的发散

- (1) 在大范围地表上的化学反应强度的测定和比较。
- (2) 调查主导的温室气体的化学转移过程。
- (3) 调查英国植物散发的非甲烷碳氢化合物。

2.2.3 全球的测定和模拟

- (1) 建立一个预测大气甲烷产量转移和破坏的模型。
- (2) 作为全球网络的一部分,对甲烷等多种痕量气体进行定时地大气取样。

3 水和能量收支的影响

3.1 研究的科学背景

无论是作为一种限制植物生长的液体,还是作为一种很重要的温室气体,或作为一种在地球辐射平衡中扮演一个关键角色的固体,水通过它的三态几乎对所有的物理化学过程都起作用。

在地球上平均每平方米收到近 340W 的太阳辐射,其中一些长波辐射又被近地表空气中的“温室型”气体吸收而回到地表。地表的辐射收入大约有每平方米 100W。通过转换和蒸发的热量损失支付了这部分收入。在能量和水的物理交换中,环境与陆地表面是动态相互作用着。

气候和大气变化影响辐射平衡、土壤湿度状况和植被。植物及其湿度状况与大气及可利用的能量一起控制着水碳的循环。需要预测植物怎样影响水分效应和怎样对天气系统的反馈,理解能量平衡、水分效应与植被的相互作用,以及了解植物光合作用对碳的吸收。

3.2 研究的主要课题

3.2.1 水和能量的相互作用

- (1) 对可耕地作物、撩荒的平原及灌丛地表与边界层的测定。
- (2) 结合地表特征的空间变异性,对热量与水蒸汽,从小范围到大范围内的流动进行外推模拟。
- (3) 运用遥感数据对辐射预算和地表粗糙度进行预测模拟。
- (4) 萨赫勒地区、巴西和喀麦隆的热带森林生物量,加拿大北部森林的碳、水和能量混合平衡。

3.2.2 研究水和能量在土壤-植被-大气中转换

- (1) 运用中尺度的气象学、水文学模型及亚坐标尺度过程将区域与全球模型进行结合。
- (2) 热和水蒸汽流对由 CO₂ 导致的植被变化所引起的树冠层物候学、生理学和结构的变化的敏感度研究。

3.2.3 大陆尺度上的水文模型

- (1)对地图方格在10到100km之内或之间变动量的水文过程的描述。
- (2)将地表排水和地表地形学的遥感数据与制图学整合成为大尺度模型。
- (3)发展模型组件,以连接宏观模型来描述生态系统功能。

4 全球变化对生态系统的影响

4.1 研究的科学背景

植物和动物在适宜的气候带中生长旺盛。虽然气候可能决定了一种植物分布的潜在范围,但不能用来预报生态系统的变化,必须考虑那些替代和更换物种的各种因子(诸如气候变化的速度、迁移率和竞争策略)的作用。

必须考虑到近期没有负作用的新环境的一个特征:CO₂浓度的增加实际上起了一种对许多植物施肥的作用。这将影响植物个体和妨碍植物间的竞争、草食者的食物质量、分解率和土壤有机质,事实上包括整个食物网。有必要调查陆地生态系统中CO₂增加的效应和环境的改变。首先的工作是对于英国的植物和野生动物的负效应的调查;其次是调查通过CO₂、微量气体和放射物输入和输出的改变在全球系统上产生的反馈。

研究对生态系统影响的目标是:预测个体细胞、单个植物和动物、区域、全球和生物圈的生物系统变化的容量。

4.2 研究的主要课题

4.2.1 有机体对CO₂和气候发生变化的反应

(1)通过多方面星际研究所得到的气温上升与大气CO₂积累之间的相互效应情况,了解植物对其短期、中期和长期的反应。

(2)昆虫对环境温度及食物质量与可获性变化的反应。

(3)淡水浮游植物固碳的季节变动。

4.2.2 植物和动物种群的反应

(1)沿纬度和海拔横切面进行的野外种群研究和移种实验。

(2)植物与昆虫在受控制环境中的实验。

(3)根据实验结果和长期种群与气候数据,得出植物、昆虫和淡水浮游生物的种群动态模型。

(4)在植物迁移中建立的生态遗传学与生殖生物学研究。

4.2.3 相互作用物种的反应

(1)"老虎"计划南部定位点韦屯(Wytham)一个低洼林地中的食物链(橡树/美国梧桐-毛虫/蚜虫-鸟)。

(2)"老虎"计划北部定位点莫浩斯(Moor House)/阿泊提岱尔(Upper Teesdale)一个山地荒野里,处于欧洲蕨/石楠边界处的植被与相关的昆虫。

4.2.4 对生态系统结构与功能的影响

(1)对高地和低洼地石灰质草地、相关的土壤过程和无脊椎动物种类进行降雨、温度和营养供

应的控制实验。

(2)通过长期观察气候与养份对湖泊中浮游生物种群的影响,进行动态分析并建模。

4.2.5 模拟英国与全球范围变化对植物的影响

(1)在欧洲范围内土壤特征、水文学、土地使用和物种分布的数据基础。

(2)用 GIS 对物种的分布能力和由土地使用带来的对种分布的限制进行建模。

(3)全球范围内自然资源、生物群落特征与人类影响的数据设置。

(4)根据主要功能类型对生物群落的长期动态特性进行建模。

迄今“老虎”计划已通过了一百多项研究决定。有些研究,例如模拟全球变暖和 CO_2 浓度增高的效应已有些初步的结论。了解该项目的研究内容和进展,对我国深入开展这方面的研究,无疑具有重要的意义。