

·学科进展·

# 中国东部主要农业生态系统与全球变化 相互作用机理研究

彭少麟

(中国科学院广州分院, 广州 510070)

**[摘要]** 本文综述了国家自然科学基金重大项目“中国东部主要农业生态系统与全球变化相互作用机理研究”的立项背景、主要研究内容、国内外研究概况及发展趋势、预期的成果等。

**[关键词]** 中国东部, 农业生态系统, 全球变化, 中国南北样带

国家自然科学基金重大项目“中国东部主要农业生态系统与全球变化相互作用机理研究”于1998年第4季度正式启动。本项研究是多学科的交叉,项目组织了生态学、地理学、农学、林学、气候学、土壤学、水文学以及遥感等多学科多专业分6个课题进行联合攻关。整个研究以中国东部直线距离长超过3700 km、宽10个经度的南北样带为平台,以典型农业生态系统(农、林、草)为对象,设20个站点(包括匹配经费支持的站),采用点(斑块、局地)、片(景观、类型区)、区域3个不同层次相结合的方法,研究不同尺度农业生态系统与全球变化的相互作用。应用生态建模、遥感、GIS等新技术,在宏观上揭示全球变化条件下农业生态系统格局和土地利用格局的变化;应用生理生态实验、稳定性同位素生态建模等新方法,在中观和微观上揭示全球变化条件下农业生态系统变化的过程和机理。

## 1 农业生态系统与全球变化相互作用机理研究的重大意义

全球气候变化及其所导致的人类生存环境的变化越来越受到国际科学界和各国政府的关注和重视<sup>[1-5]</sup>。全世界众多科学家的研究结果指出,全球变化对农业生态系统(包括森林、草原及农田生态系统等)的结构和功能过程影响是显著的。除CO<sub>2</sub>浓度升高本身对生态系统中的第一性生产者植被的直接影响外,CO<sub>2</sub>浓度升高所带来的“温室效应”也将

会影响到现有的能量区域分异,使生物圈内各生物群区的水热因子及其他生态因子发生变化,而生态系统中的能量流动对水热效应的变化有明显的反应。生态系统中的物质循环即生物地球化学循环的过程及强度也会发生相应的变化<sup>[6-8]</sup>。

在全球变化条件下,农业结构及其空间分布格局就会调整<sup>[9-11]</sup>,进而影响到区域的整体食物生产数量与质量,而这种变化了的农业生态系统又会反作用于气候的变化。此外,一些地区过度的垦种、放牧、采伐等导致严重的土地退化,已经成为我国农业可持续发展的重大障碍;另一些地区的城市化、工业化发展,不仅侵占大面积的农田、牧场、森林及水域,从而导致区域土地利用和土地覆盖结构的加速改变,加之与日俱增的环境污染,对农业生态系统的影响将会带来更多严峻的问题<sup>[12-14]</sup>。

因此,研究农业生态系统与全球变化相互作用机理,建立我国农业生态系统动态变化的区域模型,加深理解我国农业生态系统在自然和人为双重作用力的驱动下的动态变化规律,并评价其能否随全球变化保持可持续发展的能力,有助于科学地判断在全球变化条件下我国未来食物资源保障的能力,进而为协调我国农业生态系统与全球气候变化提供可操作的调控途径,这正是实现我国可持续发展战略中迫切需要从科学上解决的难题<sup>[15,16]</sup>。

在研究全球变化与陆地生态系统之间的关系方面,样带研究被认为是十分有效的途径之一,因为它

国家自然科学基金重大项目,批准号 39899370.

本文于1998年12月28日收到

可以作为分散站点的观测研究与一定时空区域的综合分析之间的桥梁,以及不同尺度的时空模型之间耦合和转换的媒介,使有限的科研数据得到最大限度的开发利用。国际“地圈与生物圈计划”(IGBP)中的“全球变化与陆地生态系统”(GTE)的操作方案就反复强调,生态样带方法在陆地生态系统和全球变化的研究中占有相当重要的位置<sup>[16]</sup>。样带的选择原则一般是沿带行方向某种生态梯度变化较大,而其他生态因子可能近似常量或变化较小,这样通过时空的互代可以揭示全球变化的可能过程。1993年,GTE确定了由张新时院士建议的中国东北样带 NECT(Northeast China Transect),这是由水分(降水或蒸散率)梯度驱动的样带<sup>[17]</sup>。

为了更完整地理解全球变化对中国生态系统格局的可能影响,我们应选定一条热量梯度的中国南北样带 NSTEC(North-South Transect of Eastern China)。中国东部从南到北沿热量梯度变化,形成世界上独特完整的以热量梯度驱动的植被连续带。这是其他任何大洲都无可相比的。在这条带上,包括了我国主要的农业生态系统,几乎包括了夏季东南季风气候控制下的地带性生态系统类型,是最典型的受热量驱动的纬度地带系列,对于全球变化增温效应的气候-生态系统研究是最理想的天然实验场<sup>[18]</sup>。

此外,东部地区具有从原始天然植被状态到各种人工农业生态系统的复杂多样的自然-人工生态系统,从而使其在同纬度的大陆上形成斑块破碎、景观生态格局混杂(高度镶嵌)的地表覆盖状态。这就提供了多个土地利用的强度梯度,为揭示自然与人为相互作用下农业生态系统与全球变化的相互作用机理提供了理想的场所。我国的人口压力很大,而东部样带是人口密集的地带,预测全球变化条件下农业能否持续发展,对中国未来发展更具重要的意义。

我国是较早开展参与全球变化研究的国家之一,在国家自然科学基金委员会及原国家科委等部门的支持下,开展了一系列的与全球变化研究主题相关的科研项目。研究内容主要集中在过去的环境演变、区域气候变化、地表自然地带的分异规律等方面。对气候变化与陆地生态系统相互作用的研究刚刚起步,有必要在这一研究领域里加大研究力度,尽快取得突破,赶上并超过世界研究水平,这无论从理论上还是从国民经济发展的实际出发都具有极其重要的意义。

## 2 国内外研究概况及其发展趋势

80年代国际科学界发起的IGBP计划标志着世界科学界对这一全球性问题展开全面的联合研究。GTE作为IGBP的核心计划之一,其目的在于研究陆地生态系统与全球气候变化及人类社会、经济和土地利用之间的相互作用的耦合关系,预测生态系统的结构、功能的未来变化,为人类采取对策提供理论依据。在GTE中,“全球变化对农林业的影响”是其4个研究中心问题之一<sup>[2-5]</sup>。

IGBP样带为研究全球变化提供了有效的平台。在IGBP核心计划中的BAHC(陆气界面水循环中的生物作用)、IGAC(全球大气化学国际计划)、LUCC(土地利用与覆盖格局变化)、LOICZ(沿海地区陆海相互作用)、PAGES(过去地质年代中的全球变化)、START(全球变化分析研究与培训系统)等都将样带研究作为主要的手段之一<sup>[2-5]</sup>。这些样带是由一系列沿基本梯度分布的研究站点组成,在样带上进行一套综合的全球变化研究,包括全球变化对陆地生态系统组成和结构、生物地球化学循环、生产系统、土壤过程、土地利用与土地覆盖的格局变化及其效应。还特别强调在样带中从斑块到区域水平研究的扩大,使有限的观测数据得到最大限度的开发利用。我国的NECT样带已得到国际的确认;中国南北样带NSTEC的独特性和重要性,也必定会引起国际的高度关注。

生态模型是研究全球变化的重要手段,主要有生物地理模型(生态系统结构模型,如DOLY、BIOME、MAPPS等模型<sup>[9,20,21]</sup>),可用于模拟特定气候下的植被类型;功能模型(生物地球化学模型,如CENTURY、TEM、Biome-BGC等<sup>[22,23]</sup>),可模拟植被生产力和生态系统的碳、水及养分循环。但是,生态系统结构和功能是生态系统相互联系、不可分割的两方面<sup>[24]</sup>。因此,要准确地预测气候变化与生态系统的相互作用,必须将反应生态系统结构和功能的两类模型有机地结合起来,这是目前尚未解决的一个难题。GTE的一个研究目标就是建立综合反映生态系统结构和功能的全球植被动态模型(DGVM),在美国一些机构支持下,组织了VEMAP计划(植被/生态系统模型和分析计划),将目前两类模型结合起来,建立综合的生物地理与生物地球化学的动态植被模型,以评估气候变化对美国陆地生态系统的影响<sup>[25]</sup>。在我国,高琼等在松嫩平原所建立的植被环境系统仿真模型是成功的,但迄今为止尚未建立起

成熟的大范围生物地理和生物地球化学模型。“八五”期间,张新时院士主持的国家自然科学基金重大项目“中国陆地生态系统对全球变化的反应模式研究”,重点是建立气候-植被关系模式,并涉及一些生态系统碳、水及养分研究<sup>[26]</sup>,但未涉及综合动态植被模型。

遥感与GIS已被证明是研究全球变化的有用工具,尤其是在植被分布及土地利用/土地覆盖变化的研究中发挥着重要作用。稳定性同位素技术也用于全球变化的多方面研究。如利用大气碳同位素比率证明大气二氧化碳的增加主要是由于化石燃料的加速利用以及土地利用变化所引起的,利用<sup>13</sup>C同位素研究揭示大气甲烷的变化规律以及主要源和汇的强度<sup>[27]</sup>。一些长期积累的天然物质如冰芯、树木年轮纤维等,其同位素组成与气候因子有密切关系。利用稳定性同位素技术对极地冰芯的氢同位素分析,得到过去15万年地球气温变化的趋势,证明15万年来大气二氧化碳和甲烷的浓度变化与气温变化几乎一致<sup>[28]</sup>。

1994年,美国国家研究委员会(ERC)列举了一些未来全球变化与陆地生态系统研究中的重要问题,包括设置实验以探讨生物对多种环境胁迫的反应与反馈,以回答二氧化碳浓度升高、气候变化和生物地球化学循环变化之间相互作用如何影响陆地碳循环及食品与纤维生产;景观水平的过程,特别是土地利用的改变等干扰因素对生态系统过程的影响;以及种类组成的改变对自然和人工生态系统功能的影响。这些问题代表了全球变化与陆地生态系统研究的一些新趋势<sup>[29]</sup>。

### 3 预期的主要研究成果

实施本项目后预期有如下的成果。

(1)揭示我国主要农业生态系统结构、功能及对全球变化的响应机理。采用梯度样带途径研究全球变化与中国东部农业生态系统结构和过程之间的相互作用机理;重点研究土壤中C、N循环、转化的过程、影响因素及时空分异规律;研究东部南北样带森林、草地、农田生态系统能量环境、能量流动与生产力形成机理,揭示制约各主要农业生态系统类型生产力的关键因子,建立斑块、景观和区域尺度的生态系统生产力模型,阐明我国农业生态系统在全球变化压力下的可能变化及其可能反馈为我国大农业经营的宏观决策提供理论依据。

(2)揭示我国主要农业生态系统对全球变化的

可能反馈。包括二氧化碳、甲烷等痕量气体的释放及对全球的贡献。

(3)揭示东部样带土地利用和土地覆盖格局的变化,尤其全球变化条件下农业区划、植被分布区划的变化,以及对自然生产力、自然环境和经济社会发展的影响。揭示农业生态系统土地利用和地表覆盖格局变化与全球变化相互影响的机理,探索对全球变化有适应能力的土地利用规划对策。

(4)阐明典型农业生态系统的特征参数,建立不同尺度(斑块、景观、区域)主要农业生态系统的生物地理模型、生物地球化学耦合模型和功能过程耦合的仿真模型。

(5)建成我国主要农业生态类型资源信息系统。在分析过去已有资料及本项目各课题观测数据的基础上,探讨在全球变化条件下的我国农业生态系统持续发展的调控途径,为区域和政府职能部门决策提供科学依据。

(6)培养一支全球变化研究领域的攻坚科技队伍。

研究成果将以1—2部专著和200余篇论文和报告的形式来反映,论文将主要发表于国内外的主要学术刊物上。总体成果达到国际先进水平,部分达到国际领先水平(例如生产力过程、土地利用和土地覆盖格局的变化及其效应、生物地理和生物地球化学耦合模型等)。

### 参 考 文 献

- [1] 叶笃正,陈泮勤主编. 中国的全球变化预研究. 北京:地震出版社, 1992.
- [2] 陈泮勤,孙成权主编. 国际全球变化研究核心计划(一). 北京:气象出版社, 1992.
- [3] 陈泮勤,孙成权主编. 国际全球变化研究核心计划(二). 北京:气象出版社, 1994.
- [4] 孙成权等主编. 国际全球变化研究核心计划(三). 北京:气象出版社, 1996.
- [5] 孙成权等主编. 全球变化研究国家(地区)计划及相关计划. 北京:气象出版社, 1993.
- [6] 张新时. 全球变化中的陆地生态系统研究. LQVE年报. 1994, 41—52.
- [7] 国家自然科学基金委员会生命科学部等编. 全球变化与生态系统. 上海:上海科学技术出版社, 1994.
- [8] Melillo J M et al. Global climate change and terrestrial net primary production. Nature, 1993, 363:234—240.
- [9] Woodward F I. Climate and Plant Distribution. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [10] 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学. 北京:科学出版社, 1996.
- [11] 张新时. 研究全球变化的植被-气候分类系统. 第四纪研究,

- 1993, 2:157—169.
- [12] Martin Parry. Climate Change and World Agriculture. Earthscan Publication Ltd., 1990.
- [13] 李全胜, 王兆骞. 气候变化对我国农业生态系统的影响及其对策. 严力蛟等主编:生态研究与探索. 北京:中国环境科学出版社, 1992, 9—14.
- [14] 符淙斌, 严中伟主编. 全球变化与我国未来的生存环境. 北京:气象出版社, 1996.
- [15] Gore S A. (陈嘉映等译) 濒临失衡的地球. 北京:中央编译出版社, 1997.
- [16] 彭少麟. 全球变化及其效应. 生态科学, 1997, 15(2):1—9.
- [17] GCET report 36, The terrestrial transects: science plan. IGBP of IC-SU, Stockholm. 1995.
- [18] 张新时, 杨莫安. 中国全球变化样带的设置与研究, 第四纪研究, 1995, 1:43—52.
- [19] 王伯荪, 彭少麟. 植被生态学. 北京:中国环境科学出版社. 1996.
- [20] Prentice I C et al. A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. J. Biogeogr, 1992, 19:117—134.
- [21] Neilson R P. A model for predicting continental-scale vegetation distribution and water balance. Ecol. Appl., 1995, 5(2):362—285.
- [22] Parton W J et al. Observations and modeling of biomass and soil organic matter dynamics for the grass land biome worldwide. Global Biogeochem Cycle, 1993, 7(4):785—809.
- [23] Running S W, Hunt Jr E R. Generalization of a forest ecosystem process model for other biomes, BIOME-BGC, and an application for global-scale models. In Scaling Processes Between Leaf and Landscape Levels. (eds. Ehleringer J R, Field C). Academic. San Diego, Calif. 1997, 141—158.
- [24] 骆世明, 彭少麟. 农业生态系统系统分析. 广州:广东科学技术出版社. 1996.
- [25] 周晓峰等. 中国森林生态系统与全球变化响应机理的样带研究. 海峡两岸森林生物技术及环境变迁对森林生态系统影响研讨会论文集. 1997, 16—29.
- [26] VEMAP Members. Vegetation/ecosystem modeling and analysis project: comparing biogeography and biogeochemistry models in a continental-scale study of terrestrial ecosystem responses to climate change and CO<sub>2</sub> doubling. Global Biogeochemical Cycles. 1995, 9(4):407—437.
- [27] 周广胜, 张新时. 全球变化的中国气候-植被分类研究. 植物学报, 1996, 38(1):1—8.
- [28] Wahlen M N. Carbon dioxide, carbon monoxide and methane in the atmosphere: abundance and isotopic composition. Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science. Oxford: Black Scientific Publications. 1994, 93—113.
- [29] Lorius C et al. The ice core record: climate sensitivity and future greenhouse warming. Nature, 1990, 347:139—145.
- [30] 彭少麟. 全球变化与可持续发展. 生态学杂志, 1998, (3):21—28.

## STUDIES ON THE PROCESS OF INTERACTION BETWEEN MAJOR AGRICULTURAL ECOSYSTEMS AND THE GLOBAL CHANGE IN EASTERN CHINA

Peng Shaolin

(Guangzhou Branch, CAS, Guangzhou 510070)

**Abstract** The background, content as well advance of key project called “Studies on the Process of Interaction between Major Agricultural Ecosystems and the Global Change in Eastern China”, funded by National Nature Science Foundation of China, were reviewed in this paper.

**Key words** interaction process, agricultural ecosystems, global change, north-south transect of Eastern China