

* 学科发展 *

全球变化研究的中国 东北样带(NECT)分析及模拟*

张新时等**

(植物研究所 北京 100093)

摘要 中国东北样带(NECT)已被列为 IGBP 全球变化陆地样带之一。文章给出对样带的梯度分析及在全球变化图景下的预测。NECT 将在生物地球化学循环,生态系统结构、功能与动态,生物多样性,土地利用与土地覆盖,高分辨率遥感数据的应用与动态模型等方面进行强度研究,并将成为我国全球变化研究的前沿阵地。

关键词 全球变化,样带,梯度分析,预测

1 引言

陆地样带是 IGBP(国际地圈-生物圈计划)全球变化研究最引人重视的发展之一。它由分布在某种具有控制生态系统结构的一系列生态实验站、观测点和样地所构成,进行一系列综合性的全球变化研究。样带是用空间代替时间,从小尺度的过程研究到区域性与全球水平研究的结合,这是获取关于全球变化信息及其深入理解的重要方法。这种跨尺度的耦合是全球变化研究中最富于挑战性的任务之一。另一方面,样带被证明是促进与加强 IGBP 各核心计划(core projects)间协作的一个有效手段。此外,由于样带能使不同学科领域与不同单位及国家的研究者在同一地点进行工作,因而能共用研究设备,便于学术交流与融合,是一种资源节约型与增效型的科学手段,可望得到最大的研究效益。

目前在启动研究的 IGBP 陆地样带中,我国东北森林-草原陆地样带(North East China Transect, NECT)被国际上确定为全球范围内具有示范性的一条。该样带前身最初是在 1991 年以叶笃正院士为首席科学家的国家科委“八五”攀登项目的第四课题中由作者提出的。1993 年,IGBP/GCTE 科学领导委员会主席 Brian Walker 教授访华时对该样带表示出极大兴趣。作者根据 IGBP/GCTE 样带设置的要求设定了样带的确切位置,进行了地理信息的分析,

* 本研究由国家科委“八五”攀登项目“我国未来 20—50 年人类生存环境变化趋势与预测研究”及国家自然科学基金“八五”重大项目“我国陆地生态系统对全球变化响应的模式研究”资助

** 张新时为中国国家自然科学基金委员会副主任、中国科学院院士。其他作者有高琼,杨莫安,周广胜,倪健,王权,唐海萍

收稿日期:1997 年 1 月 5 日

被邀在当年 8 月 GCTE 在美国 Marshall 召开的 IGBP 国际样带学术会议上以该样带的初步梯度分析作了报告,并正式定名该样带为 NECT,得到了会议的认可,被列为 IGBP 陆地样带之一。

2 NECT 的地理位置与设置意义

中国东北样带(NECT)在东经 $112^{\circ}-130^{\circ}30'$ 之间沿北纬 $43^{\circ}30'$ 为中线设置,东西延伸约 1 600 公里,带宽跨北纬 $42^{\circ}-46^{\circ}$,南北幅度约 300 公里。样带西起内蒙古与蒙古人民共和国边界处的二连浩特,向东穿过内蒙古高原主体,再跨大兴安岭南端山地而下至西辽河谷地进入吉林省境与辽宁省西北隅,为松嫩平原的主要农业区——著名的东北玉米带,往东即以长春为中心的城市与工业区;再向东经延吉而进入吉林东部延边的农业区,长白山北坡及张广才岭的低山森林地带,止于中俄朝边界的沿海山地与河口。

NECT 的设定基于以下考虑:(1)NECT 表现了东亚中纬度温带最关键性的气候变化因素——降水与湿润/干燥度的梯度。在气候上代表着由海洋性湿润气候向大陆性干旱气候的过渡,也是由季风型气候向内陆反气旋高压中心的过渡。(2)在地形上,NECT 没有太高的山脉,在 $43^{\circ}30'$ 线上的最高点仅为 1 700 米。样带东半部为沿海低山与宽坦的河谷平原,西半部为和缓起伏的中等高度的高原,基本上具有水平地带性特征。(3)在植被或生物群区(biome)方面,NECT 反映着由强中生性的温带森林:红松针阔叶混交林-蒙古栎落叶阔叶林,到旱中生/旱生的温带草原的三个主要亚型:草甸草原-典型草原-荒漠草原的陆地生态系统的连续空间更替系列。(4)在生物多样性方面,NECT 包含了丰富多样的物种、生态系统、以至景观水平的生态单元,尤其在植物功能型(PFT)或光合途径类型(C_3 或 C_4 型植物)组成比例方面的东西向变化与气候变化的对应有良好的规律性。(5)在土壤与基质方面,NECT 具有一系列东亚中纬度温带典型的土壤类型,其成土母质除有局部沙地与低湿沼泽外,大部均为发育良好的显域性基质与土壤,与气候和植被有良好的对应关系。(6)生物地球化学循环过程与物理过程在 NECT 均有梯度性的规律变化与显著的对比性,表现在温室气体的放散、养分与物质(C、N、 H_2O 等)循环,能量转换、水蚀-风蚀过程、盐分积累特点等各个方面。(7)在土地利用格局方面,NECT 由东而西具有:纯森林区-半林半农区-纯农业区-城市/工业区-半农半牧区-纯牧区的完整序列与过渡。土地利用的强度也有显著变化。(8)在环境历史演变方面,NECT 具有一系列的湖泊沉积与沼泽湿地的泥炭沉积,可供建立环境历史演变的序列与对比研究;根据历史文献资料尚可建立样带人文、土地利用与环境变迁的相互关系。(9)NECT 在植被-气候-土壤系统的动态模型方面已具有一定基础,无论在长白山森林、松嫩草甸草原、内蒙古典型草原、乃至全样带 NDVI 基础上的仿真模型方面均有较好的研究,为在全样带建立个体-斑块-景观-区域尺度的全球变化动态模型提供了较好的条件。(10)最重要的是在 NECT 范围内已有四个建立多年有长期定位观测积累与研究工作的生态站:①长白山森林生态系统实验站,②长岭(松嫩平原)草地试验站,③乌兰敖都(科尔沁)沙地生态实验站,④内蒙锡林郭勒温带草原生态系统实验站。其中①、④两站属中科院生态台站网络系统(CERN)重点站和国际 MAB 自然保护网络站,并是国家科委“八五”全球变化研究攀登项目的重要研究基地。这四个站分别属于中国科学院沈阳应用生态所(①、③)、东北师范大学草地生态研究所(②)与中国科学院植物研究所(④),有强大的科研力量与设备的支持。

3 NECT 的环境特征与梯度分析

3.1 NECT 的地形与地貌背景

在北纬 $43^{\circ}30'$ 一线上的 NECT 范围内基本上可分为三段地形(地貌)区:(1)东部滨海的中低山区,包括长白山北麓与张广才岭的前山丘陵间有狭窄的河谷地带,海拔高度一般在 500—1 200 米之间,在地貌上属垒堑构造上的断隆山地。(2)中部的松嫩平原与西辽河谷地,地势平坦开阔,以冲积平原为主,间有微起伏的岗地,海拔高度一般在 50—400 米,为先裂后拗的现代掀升萎缩盆地地貌。(3)西段在大兴安岭南段山地以西为内蒙古高原,大兴安岭南段属中低山,高处不过 1 700 米,地貌上属断褶构造上的微弱掀斜山地。内蒙古高原为宽坦起伏的高原,原面高度一般在 1 000—1 300 米,其上有缓隆低山,高度不过 300 米,是水平岩层构成的蚀余高原地貌。

3.2 NECT 的气候梯度

NECT 由东向西分属于温带湿润区、温带湿润半干旱区与温带半干旱、干旱区。

由于处在同一纬度带,NECT 的总体热量条件无大悬殊,但由于地形高度起伏而造成垂直性的变化。而且从热量指数的剖面图可以看出它们均与地形剖面呈明显的负相关,以中部的松辽谷地为最高,而在东西两端的山地或高原区则降低。

NECT 降水与湿润度梯度呈现为明显的东高西低的曲线,是控制样带植被结构、生产力与土地利用格局的关键自然因素,也是样带全球变化的主要驱动因素。NECT 的东端,长白山北麓与张广才岭的年降水可达 700 毫米,在长白山北坡高处则可达 800 毫米以上。中部农业区的降水 580—600 毫米。草原地带东部降水尚可达 500 毫米,在中部则在 350 毫米,西端荒漠草原则降到 200 毫米以下。潜在蒸散率(PER)在东部森林区不过 0.5—1.0,在中部农业区 1.1—1.6,草原地带的东、中、西部相应为 1.1—1.6、1.2—1.4 与 1.5—3.5。

3.3 NECT 的植被与土壤类型

NECT 的植被与土壤地理类型或地带性亦可分为东、中、西三段,即东部的温带针阔叶混交林-暗棕壤地带,中部的低地草甸、农田-暗色草甸土地带与西部温带草原黑钙土-栗钙土-棕钙土地带(包括三个亚地带),这一植被-土壤梯度的生态含义极为丰富。

(1)温带针阔叶混交林区域位于北纬 42° — 46° ,东经 126° — 131° ,地带性土壤以山地暗棕壤为主。地带性植被为温性针阔叶混交林,主要是以红松(*Pinus koraiensis*)为主构成的,混有紫椴(*Tilia amurensis*)、风桦(*Betula costata*)等各种温带落叶阔叶树种和沙冷杉(*Abies holophylla*)等针叶树种,一般称为“红松针阔叶混交林”。种类组成极其丰富,仅维管束植物即近 1 900 余种,植被分层明显。

(2)松辽平原外围柞林草原、农田区域位于北纬 $42^{\circ}30'$ — 46° ,东经 121° — 126° ,是松辽平原西南部的典型草原向周围落叶阔叶林区过渡的地带。土壤的发生类型多样,分布着暗棕壤、黑土、黑钙土等。植被类型的分布组合很复杂,边缘低山丘陵分布着森林、灌丛及五花草甸,森林建群种为蒙古栎(*Quercus mongolica*),草原种类主要有贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)、线叶菊(*Filifolium sibiricum*)、羊草(*Aneurolepidium sinensis*)等。

(3)松辽平原坨甸地草甸草原区域位于北纬 $42^{\circ}30'$ — 46° ,东经 117° — 125° ,主要土壤类型为草甸土与黑钙土。地带性植被为草甸草原,主要的建群种和优势种为大针茅(*Stipa*

grandis)、克氏针茅(*S. krylovii*)、羊草、线叶菊、贝加尔针茅、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、冰草(*Agropyron cristatum*)。

(4)大兴安岭山地草甸草原区域位于北纬 $44^{\circ}-46^{\circ}$ ，东经 $117^{\circ}-122^{\circ}$ ，地带性土壤东部为淋溶黑钙土，西部为黑钙土。本区处于山地草原向山地针叶林的过渡区，在植被组合上，以几种草甸草原、林缘草甸和白桦为主的岛状森林交互分布为特色。其中贝加尔针茅、线叶菊、羊草等均为本区优势群系的建群植物，最具代表性的草甸草原类型为贝加尔针茅加线叶菊草原。

(5)内蒙古高原典型草原区域位于北纬 $42^{\circ}-46^{\circ}$ ，东经 $113^{\circ}-119^{\circ}$ ，地带性土壤为栗钙土。地带性植被为典型草原，最重要的种类是：大针茅、羊草、克氏针茅、糙隐子草、冰草、洽草(*Koeleria cristata*)等，都是典型草原旱生植物，代表群系为大针茅草原、克氏针茅草原、羊草草原、线叶菊草原、羊茅草原、冰草草原、糙隐子草草原和冷蒿草原。

(6)乌兰察布高原东北部的荒漠草原区域位于北纬 $42^{\circ}-45^{\circ}$ ，东经 $108^{\circ}-113^{\circ}$ 。地带性土壤是轻壤质棕钙土。地带性荒漠草原植被占显著的优势，主要建群种是几种小型针茅，最有代表性的是戈壁针茅(*Stipa gobica*)草原群系。

3.4 NECT 土地利用格局

根据土地利用现状结构与主要土地资源利用的限制性因素，本带可以划分为三段：以大兴安岭为界，西段是以牧业为主的内蒙古高原，中段平原的农牧交错带和东段以林为主，农林结合的低山与丘陵区。

(1)以牧为主的内蒙古高原主要包括内蒙古自治区的锡林郭勒盟以及哲里木盟的一部分，面积约 30 万平方公里。其土地利用特点是草地占据了绝大部分面积，在锡林郭勒盟其比例达 95% 以上，在哲里木盟为 61.2%。

(2)农牧交错的中部平原主要包括带区内的白城、松源、四平、辽源、铁岭、阜新、长春等及哲里木盟一部分，约 27 万平方公里。以 400 毫米等雨量线为界，西部以牧业为主，但在灌溉条件下可以发展一部分旱地和水田，以 600 毫米等雨量线以及地貌差异与东部山地区分，主要以旱作农业为主。水分较充足地区则大量发展水稻。农作物主要有玉米、高粱、大豆、小麦、水稻等。其中玉米最多，形成了中国的“玉米带”。

(3)以林为主的东部山地主要包括四平-长春-榆树一线以东的多列式山地和丘陵，面积约 13 万平方公里。土地利用结构以林地为主，其面积约占本地总面积 60%—70%，是全国重要林业生产基地。耕地仅占 7%—10%，以旱地为主，但山间盆地中种植水稻的比例占整个 NECT 带区水稻种植的 85% 以上，为东北稻米集中产区。农作物有土豆、玉米、高粱、谷子等。

4 NECT 的遥感与 NPP 模拟

在野外考察和数据采集的基础上，进行了 NECT 样带的植被类型结构和净第一性生产力的分析和模拟，并对样带对于全球变化的响应作出了初步模拟。

NECT 样带的植被响应模拟包括两个方面：动态仿真模型模拟未来 30 年内样带第一性生产力水平的变化；静态经验模型推断全球变化影响下的植被空间位移及其样带内植被的主要环境控制因子。NECT 的动态仿真模型结果显示：在温度增加 2°C 而其它输入变量保持当前状态时，全样带区域内的绿色生物量在 30 年内下降 25%。在当前气候条件下，在 30 年内 CO_2 加倍的直接效应将导致全样带平均绿色生物量增加 30%。与上述效应相比较，降水增加 10%，而

温度和 CO_2 浓度维持当前状态时,全样带平均绿色生物量在 30 年内仅增加 3%。模拟加倍 CO_2 浓度、10%降水增量和 2°C 温度增量的综合作用给出全样带的总绿色生物量在 30 年内增加大约 8%。NECT 植被类型对气候变化响应的静态经验模型结果表明:由于气温和降水的变化,NECT 样带区域内的森林和灌丛在全球变化后面积将减少。假设在未来 30—50 年内不发生由灌丛向森林和从草地向灌丛的转化,森林面积将减少 47%—60%,灌丛将减少 33%—40%,草地面积将显著增加,特别是丛生禾草和矮半灌木将大大增加,增加幅度为 46%—51%,草甸和草本沼泽的面积将减少 37%—67%,适宜的农作面积不会有很大的变化。样带上的植被,不论东部还是西部,均受到水分匮乏的限制,特别是西部地区。在 CO_2 浓度加倍后,这种水分胁迫将进一步增强。

根据联系植物生理生态学特点和水热平衡关系的植被净第一性生产力(NPP)模型的分析,植被 NPP 分布基本上由西向东递增,由荒漠草原的每年每公顷 2—3 吨干物质增加到温带针阔叶混交林地带的每年每公顷 5—7 吨干物质,最大可达每年每公顷 7 吨干物质以上。NPP 的分布与样带的水分梯度成明显的正相关。在降水减少 10%,温度增加 1.5°C 时,整个半湿润至湿润区的森林和草甸草原、典型草原的生产力有所增加,而荒漠草原区则略有减小;在降水不变,温度增加 1.5°C 时,生产力在森林区继续增加,而荒漠草原区变化不大,表明在水分不变情况下,热量的增加有利于湿润地区的植被生长;在降水增加 10%,温度增加 1.5°C 时,整个半湿润至湿润区的生产力大幅度增加,半干旱区域趋于消失。

5 结论与拟深入研究的问题

NECT 研究计划已得到国际全球变化科学界的公认与关注。国际上最先进的几个 DGVM (全球动态植被模型),如 BIOME,PLAI,MAPSS 等均以 NECT 为对象进行了比较模拟研究。在 1996 年于北京召开的国际样带研讨会上,NECT 又得到国际生物多样性研究(DIVERSITAS)及其在西太平洋与亚洲的组织(DIOWPA)的充分肯定。毫无疑问,NECT 的建立与深入研究将为我国全球变化与陆地生态系统关系(GCTE)与生物多样性的研究提供一个有利的平台和载体,其本身更是一个良好的研究与综合对象。

今后 NECT 将着重于下列方面的研究与工作:

(1)样带上的生物地球化学循环与生物地球物理过程的研究及其沿梯度的变化,主要是 CO_2 , CH_4 , H_2O , N , P , S 的循环以及能量转换的梯度差异、变化机制及其与生物群区的关系。(2)通过样带进一步完善植被(生物群区)—气候—基质的数量关系及其格局分析,为制定更适合的生物群区生态模型建立框架。(3)深入进行样带土地复盖与土地利用格局研究,探讨调节措施与优化管理模式。(4)样带生物多样性各层次,景观与斑块层次的研究及其梯度分析,尤其着重于植物功能类型 PFTs 在样带上的分布。(5)在遥感研究中,除 NOAA/AVHRR 外,采用更高分辨率的 LANDSAT 与 SPOT 的遥感数据进行样带的动态模型研究。(6)建立与完善样带的 DGVMs 系统,使我国的 GCTE 研究尽快在主要方面赶上国际先进水平,为我国的全球变化国策提供依据。(7)培养与形成一支多学科综合的,以青年为主的 GCTE 研究团队,他们应当不仅是个人在技术上脱颖而出,还要善于团结协作,具有良好的学风与科学道德。