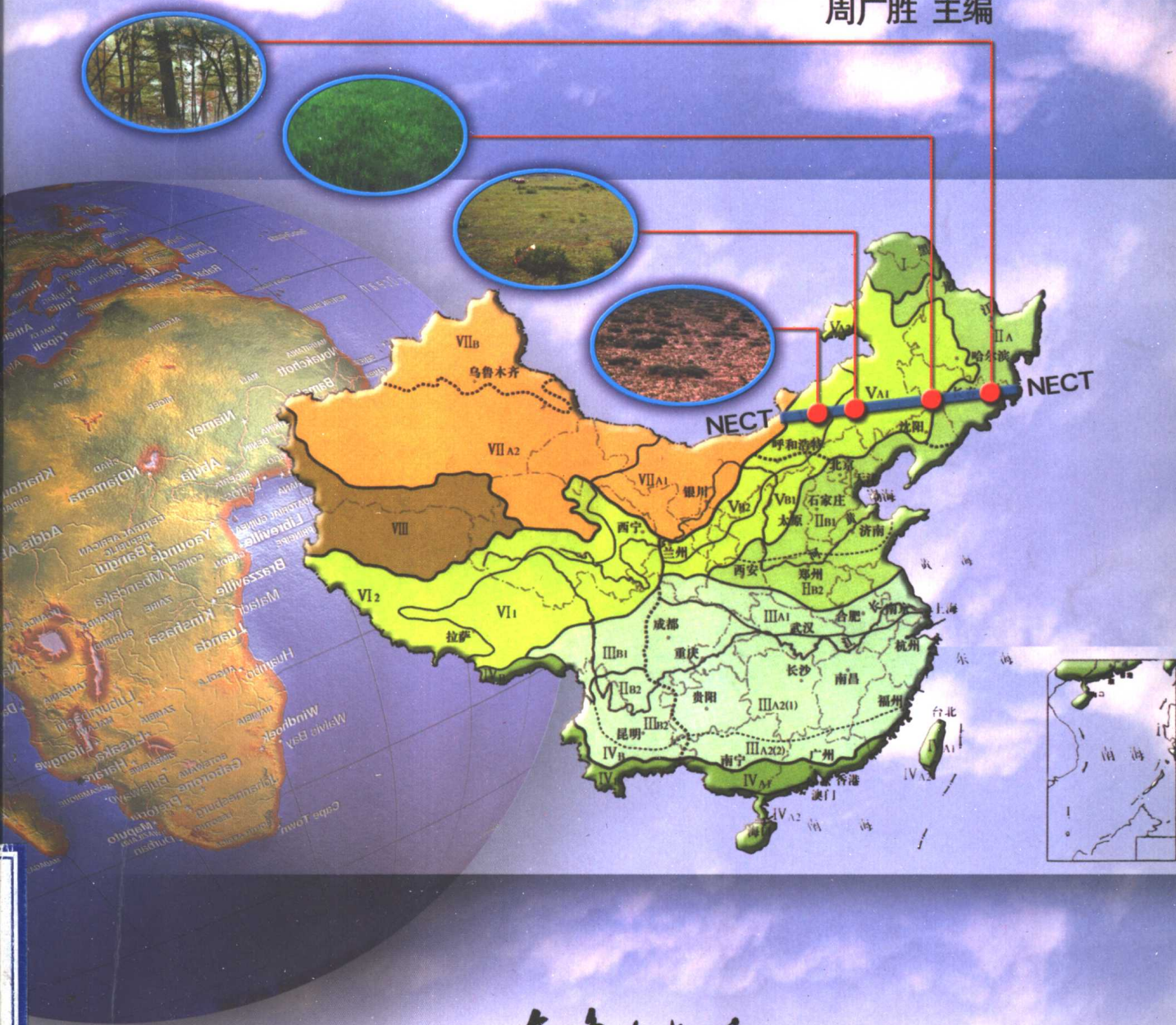


中国东北样带(NECT)与全球变化

——干旱化、人类活动与生态系统

周广胜 主编



气象出版社

中国东北样带 (NECT) 与全球变化 ——干旱化、人类活动与生态系统

周广胜 主编

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国东北样带(NECT)与全球变化:干旱化、人类活动与生态系统/周广胜主编.
—北京:气象出版社,2002.4

ISBN 7-5029-3309-3

I.中… II.周… III.①干旱-关系-生态系统-研究 ②人类活动影响-生态系统-研究
IV.Q147

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第019693号

气象出版社出版

(北京市中关村南大街46号 邮编:100081)

责任编辑:郭彩丽 终审:周诗健

封面设计:王伟 责任技编:都平 责任校对:时人

*

北京科技印刷厂印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:26.5 字数:664千字

2002年4月第一版 2002年4月第一次印刷

印数:1—1200 定价:60.00元

编辑委员会

主 编 周广胜

副主编 王玉辉 肖春旺 许振柱 蒋延玲

本专著得到以下项目的共同资助

- ⊙ 国家重点基础研究发展规划项目(973 项目)“我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究”第 7 子项目“典型生态系统对干旱化的适应和调整机制的观测和模拟研究”(G1999043407)
- ⊙ 中国科学院知识创新工程项目“我国关键地区全球变化的生态安全机制与调控”(KSCX2-1-07)
- ⊙ 国家自然科学基金重点项目“全球变化的中国东北森林—草原样带研究”(39730110)

序 言

干旱化已经成为当前人类面临的重大环境问题之一。我国西部干旱区面积占全国陆地面积的 40%。在我国由于各类气象灾害造成的粮食损失中,以干旱造成的损失最为严重,约占 50% 以上。更为严重的是,以气候变暖为标志的全球环境变化亦将加剧水资源的短缺及与此相关联的干旱化,从而必将对我国社会经济及生存环境产生严重的影响。

据统计,我国草地退化面积已达 1.35 亿 hm^2 , 约占草地面积的 1/3, 且仍以 $200 \text{ 万 } \text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度增加;荒漠化面积已达 2.62 亿 hm^2 , 且还在以 $24.6 \text{ 万 } \text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度扩展, 近 4 亿人生活在荒漠化或受荒漠化影响的地区, 全国每年因荒漠化所造成的经济损失高达 45 亿美元以上。因此, 干旱化不仅是我国面临的重大环境问题, 也是我国“西部大开发”战略实施面临的关键制约因素。正是在这种形势下, 江泽民总书记在 1999 年提出了“再造一个山川秀美的西北地区”, 并针对西北地区的特殊环境, 特别指示“加快开发西北地区应该是全面的, 要把水资源的开发和有效利用放到突出位置”。

全球变化研究是 20 世纪 80 年代兴起的跨学科、跨国界, 迄今为止规模最大的国际合作研究活动, 涉及到地球科学、生物科学、环境科学、天体科学和遥感技术、地理信息系统及网络化高科技技术的应用等众多学科领域, 其规模之大、持续时间之长、经费投入之多和高科技技术的应用, 都是前所未有的; 它代表着当前世界科学的发展趋势。全球变化研究的本质在于预测全球变化对陆地生态系统的可能影响, 找出应对的策略以确保陆地生态系统的可持续发展, 其中又以全球变化与陆地生态系统相互作用的“水循环、碳循环、食物与纤维”为研究核心。与此相关的国际核心项目“全球变化与陆地生态系统(GCTE)”、“生物圈的水循环方面(BAHC)”、“土地利用/覆盖与气候变化(LUCC)”等已成为国际全球变化研究中最活跃和不断扩展的领域。如何科学地管理和利用现有水资源是确保 21 世纪我国社会经济的可持续发展, 特别是我国“西部大开发”战略西移的顺利实施所迫切需要解决的问题, 而弄清陆地生态系统在水循环中的作用与地位是科学地管理和利用水资源的关键。

目前, 关于陆地生态系统对干旱化的适应与调控机理的研究较少, 而且工作较为分散, 还不能很好地阐述生态系统对干旱化的适应与调控机理, 也还不能准确地评估生态系统的可用水资源。因此, 迫切需要针对我国干旱半干旱地区的生态系统, 从不同层次(叶片、个体、种群、群落、生态系统、景观乃至区域层次)综合研究生态系统过程对干旱化的适应与调控机制, 以探讨不同类型生态系统的水分平衡, 定量评估不同类型生态系统的可用水资源, 为我国干旱半干旱地区生态系统的优化管理提供科学依据。

本书基于近年来沿着水分驱动的中国东北样带分布的典型陆地生态系统的野外观测与模拟研究, 试图探讨干旱化、人类活动与陆地生态系统相互作用, 以期初步阐明干旱化、人类活动在植物的生理生态特性、个体、群落、生态系统、景观以至区域尺度上的反应, 为进一步

深入探讨提高生态系统水分利用效率,充分发挥生态系统的水分调节功能提供一些方法与技术方面的启示。但无论如何,由于编写者在知识积累、文献储备和实际研究经验等方面的局限,错误和疏漏之处,敬请读者批评指正。

周广胜

2002 年 3 月

目 录

序 言

第一部分 干旱化与生态系统

生态系统对干旱化的适应与调控机制	周广胜(3)
土壤水分对长白山阔叶红松林主要树种生理生态特性的影响	
..... 王 森 李秋荣 姬兰柱 代力民(9)	
长白山阔叶红松林主要树种对干旱胁迫的生态反应及生物量分配的初步研究	
..... 王 森 李秋荣 代力民 姬兰柱(17)	
林窗模型 BKPF 模拟红松针阔叶混交林群落对气候变化的潜在反应	
..... 陈雄文 王凤友(26)	
气候变化对红松气候生产力的影响	郭建平 高素华 刘 玲 周广胜(35)
干旱胁迫对蒙古栎表观资源利用率影响的研究	
..... 王 森 代力民 姬兰柱 李秋荣 王绍先 郭玉强(41)	
气候变化对蒙古栎影响的研究	郭建平 高素华 刘 玲 周广胜(51)
我国森林现实生产力的研究与展望	周广胜 王玉辉 蒋延玲 杨正宇(58)
兴安落叶松林的碳平衡和全球变化影响研究	蒋延玲 周广胜(65)
基于森林资源清查资料的落叶松林生物量和净生长量估算模式	
..... 王玉辉 周广胜 蒋延玲 杨正宇(71)	
中国兴安落叶松林生产力模拟及其生态效益评估	王玉辉 周广胜 蒋延玲(79)
Estimating Biomass and Net Primary Production from Forest Inventory Data (FID): A Case Study of China's <i>Larix</i> Forests	
..... ZHOU Guangsheng, WANG Yuhui, JIANG Yanling, and YANG Zhengyu(89)	
Responses of Grassland Plant Communities along Northeast China Transect (NECT) to Water Gradient	ZHOU Guangsheng, and WANG Yuhui(101)
松嫩草地羊草叶片光合作用生理生态特征分析	王玉辉 周广胜(115)
羊草叶片气孔导度特征及数值模拟	王玉辉 周广胜 何兴元(123)
羊草叶片净光合速率的模拟研究	王玉辉 周广胜(133)
松嫩平原羊草群落生产力的模拟研究	王玉辉 周广胜(145)
两种土壤类型对羊草生物学特征的影响	王玉辉 周广胜(156)
东北草原羊草种群种子生产与气候波动的关系	
..... 杨允菲 杨利民 张宝田 李建东(163)	
东北草原羊草种群结实特性与气候年变化的关系	
..... 杨允菲 杨利民 张宝田 李建东(172)	
全球变化下的农业水分利用率	许振柱 周广胜(181)
作物对干旱的生理生态响应与适应研究进展	许振柱 周广胜(193)

土壤干旱对冬小麦水分利用的影响·····	许振柱 周广胜 王凤玉 李永庚(205)
限量灌溉对冬小麦各器官干物质积累及对产量贡献的影响·····	许振柱 周广胜(212)
气象条件对作物品质和产量影响的试验研究·····	郭建平 高素华 刘 玲(223)
气象条件与作物微量元素含量·····	高素华 郭建平 张国民 王连敏 王立志(231)
施水量变化对毛乌素沙地 4 种优势植物叶绿素荧光的影响·····	肖春旺(240)
Study on the Water Balance in Three Dominant Plants with Simulated Precipitation	
Change in Mu Us Sandland ·····	XIAO Chun Wang, and ZHOU Guang sheng(248)
施水量变化对毛乌素沙地优势植物形态与生长的影响·····	肖春旺 周广胜(258)
模拟降水量变化对毛乌素油蒿幼苗生理生态过程的影响研究·····	肖春旺 张新时(271)
鄂尔多斯高原 3 种优势灌木幼苗对气候变暖的响应 ·····	
·····	肖春旺 张新时 赵景柱 吴 钢(281)
鄂尔多斯高原沙柳幼苗对模拟降水量变化的响应 ·····	
·····	肖春旺 董 鸣 周广胜 刘喜国(291)
不同水分条件对毛乌素沙地油蒿幼苗生长和形态的影响 ·····	
·····	肖春旺 周广胜 赵景柱(299)

第二部分 人类活动与生态系统

Vegetation Recovery and Sustainability in China —Issues, Progress and Prospect ·····	
·····	ZHOU Guangsheng, WANG Yuhui, and SONG Jian (309)
Carbon Balance of <i>Larix Gmelinii</i> Forest and the Impacts of Management ·····	
·····	JIANG Yanling, and ZHOU Guangsheng(323)
高 CO ₂ 浓度对温带三种针叶树光合光响应特性影响的研究 ·····	
·····	王 森 李秋荣 郝占庆 姬兰柱 周广胜(331)
高 CO ₂ 浓度下羊草对土壤干旱胁迫的响应 ·····	高素华 郭建平 周广胜(340)
高温、高 CO ₂ 浓度对农作物影响的试验研究 ·····	郭建平 高素华(347)
羊草叶片等生理特性对高 CO ₂ 浓度和干旱胁迫的响应 ·····	
·····	高素华 郭建平 周广胜(354)
物种多样性与资源生产力理论评述与展望·····	王国宏(362)
中国东北样带草地群落放牧干扰植物多样性的变化·····	杨利民 韩 梅 李建东(372)
草地群落放牧干扰梯度 β 多样性研究·····	杨利民 李建东 杨允菲(379)
中国东北样带(NECT)植物群落复杂性与多样性研究 ·····	李镇清(387)
放牧对星毛委陵菜种群生殖对策的影响·····	李金花 李镇清(400)
不同放牧强度下冷蒿、星毛委陵菜种群生态适应性研究 ·····	李金花 李镇清(406)

第一部分

干旱化与生态系统

生态系统对干旱化的适应与调控机制

周广胜

(中国科学院植物研究所植被数量生态学开放研究实验室, 北京 100093)

摘 要 干旱化是当前人类面临的重大环境问题之一, 并可能由于气候变暖而加剧, 从而将对我国社会经济及生存环境产生严重的影响。在我国由于各类气象灾害造成的粮食损失中, 以干旱造成的灾情最重, 约占 50% 以上。目前, 关于陆地生态系统对干旱化的适应与调控机理的研究较少, 而且工作较为分散, 还不能很好地阐述生态系统对干旱化的适应与调控机理, 亦还不能准确地评估生态系统的可用水资源。因此, 迫切需要针对我国干旱半干旱地区的生态系统, 从不同层次(叶片、个体、种群、群落、生态系统、景观乃至区域层次)综合研究生态系统过程对干旱化的适应与调控机制, 以探讨不同类型生态系统的水平衡, 定量评估不同类型生态系统的可用水资源, 为我国干旱半干旱地区生态系统的优化管理提供科学依据。

关键词 生态系统 干旱化 调控机制 适应性

1 研究背景与国家需求

干旱化是当前人类面临的重大环境问题之一。我国西部干旱区面积占全国陆地面积的 40%。因此, 干旱化不仅是我国面临的重大环境问题, 也是我国“西部大开发”战略实施面临的关键制约因素。据统计, 1950~1989 年全国平均每年受旱面积 2 067.7 万 hm^2 , 约占全国播种面积的 17.2%。其中, 受灾(减产三成以上)的面积达 800.4 万 hm^2 , 约占全国播种面积的 6.7%。在所有灾害中, 干旱的受灾面积居首位, 约占 60%。干旱严重的 1959, 1960, 1961, 1972, 1986 和 1988 年, 受旱面积都超过 3 400 万 hm^2 。1950~1979 年全国粮食受各种气象灾害影响的总损失量约有 3 062.2 亿 kg, 占近 30 年粮食总产量的 4.8%, 平均每年损失约 102 亿 kg (刘昌明等, 2001)。在各类气象灾害造成的粮食损失中, 以干旱造成的灾情最重, 约占 50% 以上(沈振荣, 1982)。正因为如此, 1999 年江泽民总书记提出“再造一个山川秀美的西北地区”, 并针对西北地区的特殊环境, 特别指示“加快开发西北地区应该是全面的, 要把水资源的开发和有效利用放到突出位置”。

更为重要的是, 以气候变暖为标志的全球环境变化已经发生。全球变暖将加剧水资源的短缺及与此相关联的干旱化, 从而必将对我国社会经济及生存环境产生严重的影响。据统计, 我国草地退化面积已达 1.35 亿 hm^2 , 约占草地面积的 1/3, 且仍以 200 万 $\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度增加; 荒漠化面积已达 2.62 亿 hm^2 , 且还在以 24.6 万 $\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度扩展, 近 4 亿人生活在荒漠化或受荒漠化影响的地区, 全国每年因荒漠化所造成的经济损失高达 45 亿美元以上。因此, 干旱化对于我国社会经济发展的影响将是巨大的。

如何科学地管理和利用现有水资源是确保 21 世纪我国社会经济的可持续发展, 特别是我国“西部大开发”战略西移的顺利实施所迫切需要解决的问题, 而弄清陆地生态系统在水循环中的作用与地位是科学地管理和利用水资源的关键。据统计, 全世界用水量由 1900 年

的 5 790 亿 m^3 增至 1980 年的 33 200 亿 m^3 , 其中农业用水增加了近 3.4 倍, 占总用水量的 69%, 而工业用水量仅占 21% 左右。我国总用水由 1949 年的 1 031 亿 m^3 增至 1979 年的 4 767 亿 m^3 , 其中农业用水增加了 4 倍, 占总用水量的 88% (刘昌明等, 2001)。而作为干旱区农业发展标志的地表水资源开发利用效率不高亦是科学管理和利用水资源的重要制约因素。我国西北干旱区目前地表水的引水率平均为 56%, 其中新疆地区为 55%, 甘肃河西走廊为 80%, 青海柴达木盆地不足 50%; 而田间水的利用率仅 0.8 左右。整个干旱区净利用水量仅占总水资源的 18%。因此, 提高生态系统的水分利用效率, 充分发挥生态系统的水分调节功能, 是减缓西部干旱化发展及确保我国西部大开发战略顺利实施的关键。而要达到此目的, 必须解决的关键科学问题是弄清陆地生态系统在水循环中的作用与地位, 定量评估不同类型生态系统的可用水资源, 为全球变化背景下建立科学的陆地生态系统优化模式提供定量依据。

2 研究现状

水是人类生存的基本条件 and 生产活动最重要的物质基础。人类社会的发展史就是人类对水资源的认识、利用和斗争的历史。全球变化研究是 20 世纪 80 年代兴起的跨学科、跨国界, 迄今为止规模最大的国际合作研究活动, 涉及到地球科学、生物科学、环境科学、天体科学和遥感技术、地理信息系统及网络化高科技技术的应用等众多学科领域, 其规模之大、持续时间之长、经费投入之多和高科技技术的应用, 都是前所未有的; 它代表着当前世界科学的发展趋势。全球变化研究的本质在于预测全球变化对陆地生态系统的可能影响, 找出应对的策略以确保陆地生态系统的可持续发展, 其中又以全球变化与陆地生态系统相互作用的“水循环、碳循环、食物与纤维”为研究核心。与此相关的国际核心项目“全球变化与陆地生态系统(GCTE)”、“生物圈的水循环方面(BAHC)”、“土地利用/覆盖与气候变化(LUCC)”等已成为国际全球变化研究中最活跃和不断扩展的领域。

目前, 关于陆地生态系统对于干旱化的适应与调控机理的研究较少, 主要可分为以下 3 个方面:

(1) 水分变化对陆地生态系统的影响机制研究。主要通过不同水分的模拟试验和典型生态系统的野外观测实验研究不同水分条件下的植物生理生态特性与生态对策(Xiao 和 Zhang, 2000; Li, 2000; Wang 等, 2001)、水分利用效率(苏波等, 2000)、种群结实特性(杨允菲等, 2000)、生物多样性(白永飞等, 2000; Wang 和 Zhou, 2000)、植物功能型(Tang, 1999; Tang 和 Zhang, 1999)。

(2) 陆地生态系统水分平衡研究。主要是通过对不同水分条件下的典型生态系统优势植物的模拟试验(Xiao 和 Zhou, 2001)或生态系统的长期定位观测(周国逸, 1997)来阐述生态系统的水分平衡状况以及水分在不同水分平衡分量中的分配特性。

(3) 水分驱动的生态系统模拟研究。尽管目前国际上已建立了反映不同时间和空间尺度的全球变化生态模型, 如以描述生态系统结构为主的生物地理模型, 代表模型有 BIOME, DOLY, MAPSS 和以描述生态系统功能为主的生物地球化学模型, 代表模型有 CENTURY, TEM, Biome-BGC(VEMAP, 1995), 并进行了耦合生物地理模型和生物地球化学循环模型的尝试, 如 BIOME3 模型(Haxeltine 和 Prentice, 1996)和 IBIS 模型(Integrated Biosphere

Simulator)(Foley 等, 1996), 但关于水分的描述主要还停留在一维的土壤-植物-大气系统 (Soil-Plant-Atmosphere Continuum, 即 SPAC) 水循环模拟方面(刘昌明等, 1999), 这些模型在应用时还没有考虑到不同尺度间的耦合, 且仅在少数生态系统进行了应用。

尽管这些研究在一定程度上揭示了植物对干旱化的适应机理, 增进了生态系统在水分平衡中的作用与地位的了解, 但总体而言, 这些研究缺乏系统性, 较为分散, 还不能很好地阐述生态系统对于干旱化的适应与调控机理, 亦还不能准确地评估生态系统的可用水资源, 难以用于指导我国干旱半干旱地区陆地生态系统的科学管理。因此, 当前迫切需要针对我国干旱半干旱地区的生态系统, 在不同层次(叶片、个体、种群、群落、生态系统、景观乃至区域层次)上开展生态系统过程对于干旱化的适应与调控机制的综合集成研究, 以揭示生态系统对于干旱化的响应与适应机制, 探讨不同类型生态系统的水分平衡, 定量评估不同类型生态系统的可用水资源, 进而阐明生态系统在干旱化发展过程中的作用与地位, 从生态系统的角度来揭示我国西部地区干旱化的发展规律与形成机理, 为西部地区生态系统的优化管理及国家“西部大开发”战略的顺利实施提供科学依据。

3 研究展望

干旱半干旱区陆地生态系统管理一直受到我国生态学界的高度重视。我国西部干旱区面积占全国陆地面积的 40%, 其中西北干旱区, 即贺兰山、乌鞘岭以西, 包括新疆、甘肃、宁夏和内蒙古的广大内陆地区, 总面积约 176 km², 占国土陆地面积的 18.3%, 人口近 1.3 亿。该地区自然条件差异很大, 属于半干旱、干旱地带, 是我国水资源最为匮乏的地区。降水是该地区的基本水源, 不但决定和制约着西北干旱区的水分条件, 而且还直接影响高山地区的冰川发育和河川径流的形成、分布和变化。但与世界其他干旱区相比, 我国西北干旱区与中亚干旱区类似, 相对来说水资源较为丰富, 主要原因是其周围和境内分布着很多海拔 4 000 m 以上的高山, 降水量较大, 成为干旱区地表径流的形成区和水资源的源地, 为干旱区的开发提供了水源条件。这种独特的水、热、地貌组合, 加之人类生产对自然生境的改造, 形成的由山地森林草原、山间盆地走廊荒漠(包括砾石荒漠、固定沙丘、流动沙地)、湖盆湿地(碱水湖及盐渍化草甸)和人工绿洲(农田、池塘及防护林)等子系统组成的复合生态系统必将受到以全球变暖为标志的全球变化的严重影响。这主要表现在温度升高不仅导致蒸发、土壤干燥程度增大, 而且将导致冰川退缩, 引起地表水流量减少、淡水供应短缺。因此, 干旱化将加剧原本就较脆弱的西北干旱区生态系统的脆弱性, 直接影响国家“西部大开发”战略及江泽民总书记提出的“再造一个山川秀美的西北地区”的宏伟目标的实施。

为此, 基于全球变化大背景, 选取反映降水和温度变化的陆地样带, 针对沿梯度的不同陆地生态系统采用典型生态系统野外定位观测、优势植物对于水分变化响应的模拟试验、样线考察(空间代替时间)及模拟模型研究方法, 并结合地理信息系统与遥感技术, 从不同层次(叶片、个体、种群、群落、生态系统、景观乃至区域层次)综合研究生态系统对于干旱化的适应与调控机制, 有助于探讨不同类型生态系统的水分平衡, 定量评估不同类型生态系统的可用水资源, 进而阐明生态系统在干旱化发展过程中的作用与地位, 为从生态系统的角度来揭示我国干旱半干旱地区干旱化的发展规律与形成机理, 探索和建立干旱半干旱地区生态系统的生态优化范式, 从而为干旱半干旱地区, 特别是我国西部地区生态系统的优化管理及国家

“西部大开发”战略的顺利实施提供可操作的实施方案。研究内容应强调以下方面:

(1)我国干旱半干旱地区植被的区域分异规律

根据水热分布特点,对我国干旱半干旱地区植被的主导控制因子进行定量分析与环境解释,探讨植被的区域分异规律,揭示水分对于植被,特别是植被净的第一性生产力的影响,确定不同区域的林草适宜类型及组合。

(2)生态系统对于干旱化的响应与适应机制

沿着反映水分变化的陆地样带,采用野外定位观测模拟降水试验和样带调查相结合的方法,研究不同水分条件下代表性植物种的生态生理特性、典型生态系统的结构和功能特征,特别是生态系统多样性的格局及其生产力特征,揭示不同类型生态系统对于干旱化的响应与适应机理。

(3)生态系统在区域水分平衡中的作用与地位

阐明不同水分条件下以生产力为核心的生态系统结构和功能的变化规律,揭示生态系统的水分利用效率;并研究生态系统结构和功能的变化(如反射率、粗糙度和气孔阻力等)对于该区域水分平衡的反馈作用,定量评估生态系统的可用水资源。

(4)水分驱动下的多尺度集成生态模式与趋势预测

生态系统对于干旱化响应的趋势预测是生态系统管理的基础。结合典型生态系统定位观测资料、优势植物光合生理生态观测资料及优势植物对于水分变化响应的模拟试验资料,从植物个体、群落/生态系统、景观和区域等不同尺度研究水分变化对生态系统的生物地球物理/化学过程的影响。从影响植物叶片光合作用的机理出发,根据对植物叶片气孔导度、净光合速率等生态生理特征和光、温、湿等环境因子的观测,结合植物叶片的光合生化方程、水汽传输方程及能量平衡方程,建立能够模拟瞬时 CO_2 、水汽和热量交换状况的植物叶片光合作用耦合模型。在此基础上,通过大叶模式和多层模式相结合的尺度化方法,同时考虑到植物呼吸作用,最终建立水分驱动下的多尺度集成生态系统动态模型,并与国际同类模型,如 CENTURY 模型进行比较。阐明生态系统在干旱化发展过程中的作用与地位,预测西部地区生态系统的发展趋势。

(5)干旱半干旱地区生态系统对于干旱化的适应对策与优化生态系统范式探讨

基于干旱半干旱地区水资源短缺、高寒及水热分布特点,以可持续发展的生态系统理论为依据,综合自然-社会-经济-人文的景观生态学理论以及重建生态学理论,结合所建模型对于我国干旱半干旱地区生态系统可用水资源评估的结果及趋势预测,并利用遥感技术,研究我国干旱半干旱地区生态系统对于干旱化的适应和减缓对策,探讨干旱半干旱地区不同区域林草适宜类型及其组合的优化生态系统模式。

参考文献

- 白永飞,李凌浩,王其兵,张丽霞,张炎,陈佐忠. 2000. 锡林河流域草原群落植物多样性和初级生产力沿水热梯度变化的样带研究. 植物生态学报, 24(6): 667~673
- 刘昌明,何希吾. 2001. 中国 21 世纪水问题方略. 北京: 科学出版社
- 刘昌明,王会肖等. 1999. 土壤-作物-大气界面水分过程与节水调控. 北京: 科学出版社
- 沈振荣. 1992. 我国近 30 年旱情的时空分布规律. 自然资源, (4): 9~18
- 苏波,韩兴国,李凌浩,黄建辉,白永飞,渠春梅. 2000. 中国东北样带草原区植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值及水分利用效率对环境梯度

- 的响应. 植物生态学报, 24(6): 648~655
- 王国宏, 任继周, 张自和. 2001. 河西山地绿洲荒漠植物群落种群多样性研究. 草业学报, 10: 1~12
- 杨允菲, 杨利民, 张宝田, 李建东. 2000. 东北草原羊草种群结实特性与气候年变化的关系. 植物学报, 42(3): 294~299
- 周国逸. 1997. 生态系统水热原理及其应用. 北京: 气象出版社
- Foley, J A, I C Prentice, N Ramankutty, S Levis, D Pollard, S Sitch, and A Haxeltine. 1996. An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance, and vegetation dynamics. *Global Biogeochemical Cycles*, 10(4): 603~628
- Haxeltine, A, and I C Prentice. 1996. BIOME3: An equilibrium terrestrial biosphere model based on ecophysiological constraints, resource availability, and competition among plant functional types. *Global Biogeochemical Cycles*, 10(4): 693~709
- Li Zhenqing. 2000. The responses of physiology and growth in *Leymus chinensis* and *Stipa grandis* to simulated rainfall gradient. *Proceedings of International Conference & Young Scientist Workshop on Asian Monsoon Environmental System and Global Change (AMESG)*, 49. November 15~17, 2000
- Tang, H P. 1999. Distribution of C₄ plants along the Northeast China transect and its correlation to the environmental factors. *Chinese Science Bulletin*, 44: 1316~1320
- Tang, H P, and X S Zhang. 1999. A new approach to distinguishing photosynthetic types of plants: A case study in Northeast China Transect (NECT) platform. *Photosynthetica*, 37(1): 97~106
- VEMAP. 1995. Vegetation/ecosystem modeling and analysis project (VEMAP): Comparing biogeography and biogeochemistry models in a continental scale study of terrestrial ecosystem responses to climate change and CO₂ doubling, *Global Biogeochem. Cycles*, 9: 407~437
- Wang Guohong, and Zhou Guangsheng. 2000. Responses of plant communities in arid and semiarid areas to resource productivity gradient. *Proceedings of International Conference & Young Scientist Workshop on Asian Monsoon Environmental System and Global Change (AMESG)*, November 15~17, 2000
- Wang Miao, Li Qirong, Dai Limin, and Ji Lanzhu. 2001. Effect of soil water statuses on some eco-physiological indexes of dominant tree species in the pine broadleaf forest of Changbai Mountains. XII GCTE-SSC Meeting and Chinese-GCTE Global Change Conference
- Xiao Chunwang, and Zhou Guangsheng. 2001. Study on the water balance in three dominant plants with simulated precipitation change in Mu Us Sandland. *Acta Botanica Sinica*, 43(1): 82~88
- Xiao Chunwang, and Zhang Xinshi. 2000. Ecological adaptation of *Salix Psammophylla* seedlings to simulated precipitation change in Ordos Plateau. *Proceedings of International Conference & Young Scientist Workshop on Asian Monsoon Environmental System and Global Change (AMESG)*, November 15~17, 2000

Adaptation and Adjustment Mechanism of Terrestrial Ecosystems to Aridification

ZHOU Guangsheng

(Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Abstract—Aridification is one of the most significant environmental problems in the world, and may be intensified due to global warming. Thus, it will significantly affect the life-supporting environment and social economy of China. Among the disasters resulting in food loss, aridification occupies more than 50%, and is the most serious one. At present, a few studies on adaptation and adjustment mechanism of

terrestrial ecosystems to aridification have been done. So it is urgent to synthetically study the effects of water availability and drought on terrestrial ecosystems in arid and semiarid regions of China from different temporal and spatial scales (leaf, individual, population, community, ecosystem, landscape, region), and to discuss the water balance, and to evaluate the available water resource in different terrestrial ecosystems, in order to provide the optimal management of terrestrial ecosystems in arid and semiarid regions of China with scientific basis and quantitative standards.

Key words – ecosystems; aridification; adjustment mechanism; adaptability