

中国北方农牧交错带植被动态研究进展

左小安, 赵学勇, 张铜会, 赵丽娅, 张继义

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 纳曼沙漠化研究站, 兰州 730000)

摘要: 通过回顾植被动态研究的历史, 简要概述了植被动态的发展。综述了我国北方农牧交错带历年来植被动态的研究现状。研究指出植被动态变化与农牧交错带内气候、自然环境演变、农牧业经营方式的转变及土地利用有着密切的关系。结合前人的研究, 根据农牧交错带内存在的生态环境问题, 提出应从北方农牧交错带植被动态与生物多样性、生态环境、生态系统健康以及对全球变化响应的关系进行研究, 揭示其受损及恢复机理, 为农牧交错带受损的生态系统恢复与重建、区域可持续发展提供理论依据。

关键词: 北方农牧交错带; 植被动态; 受损生态系统

中图分类号: X 171. 1      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2005)01-0162-05

Trends and Advances on Vegetation Dynamic Research in  
Transitional Zone of Pastures and Farmlands in North China

ZUO Xiao-an, ZHAO Xue-yong, ZHANG Tong-hui, ZHAO Li-ya, ZHANG Ji-yi  
(Naiman Desertification Research Station, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering  
Research Institute, Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Based on study reports and publications, the development of vegetation dynamics is summarized, and previous study of vegetation dynamics in transitional zone of pastures and farmlands in North China is reviewed. Changes of vegetation dynamics in transitional zone of pastures and farmlands in North China have an intimate interrelation with the climate, evolve of natural environment, transformation modes of management between agriculture and pasture and land use. Because of particular and important ecological functions of transitional zone, more attention should be given the research in future. Further research on interrelations of vegetation dynamics and biodiversity, ecological environment, ecosystem health and response to global change is an efficient key to revealing the mechanism being damaged and restored of its ecosystem, finding ways of regional ecology restoration, improving ecological environment, and realizing sustainable development.

**Key words:** transitional zone of pastures and farmlands in North China; vegetation dynamics; damaged ecosystem.

北方农牧交错带是我国北方半湿润农区与干旱、半干旱牧区接壤的过渡交汇地带, 也是将我国农业区与草原牧区分割开来的半农半牧、时农时牧交替变化的地域<sup>[1]</sup>。这一地带在我国农业和牧业的两个区域生态系统相互作用过程中具有“缓冲作用”, 是我国生态环境的一条过渡带和生态安全的重要屏障带。从历史上看, 这里生态系统的本底绿色自生产者草本植物及其组合群体——草地, 部分地区为森林和灌丛<sup>[2]</sup>。近百年来, 由于人为过度的干扰和胁迫, 使其本底植被及基质严重受损, 致使该区成为我国生态环境极为脆弱、经济极为贫困的地区之一。在前人研究的基础上, 对我国北方农牧交错带植被动态的研究现状及其趋势进行综述, 以期农牧交错带受损生态系统恢复与重建提供新的理论支

持。

1 北方农牧交错带研究的现状与动态

北方农牧交错带处于东部集约平原农区与北部典型草原区的农业生态经济过渡带, 具有复杂、边缘、融和、脆弱等典型的生态交错带的基本特征。其以东南, 是我国主体农业区和经济发达区; 以西北则集中了我国大部分的少数民族。在自然条件上, 该线东南是湿润、半湿润地区, 地势相对平坦, 海拔较低, 环境条件较优; 而以西以北则分布着我国主要的沙漠、高原和山地, 地形复杂气候多变、土地瘠薄, 生态环境较为脆弱<sup>[2]</sup>。

50 年代以来, 许多学者就农牧交错带的概念和范围的

① 收稿日期: 2004-04-22  
基金项目: 国家重点基础研究计划项目(G 2000048704); 国家“十五”科技攻关项目(2002AB517A06) 资助  
作者简介: 左小安(1978- ), 男, 甘肃张掖人, 硕士研究生, 主要从事干旱区生态、环境方面的研究。

界定进行了研究。赵松乔(1953)最早提出农牧交错带的概念与范围。随后周三立、程鸿和黄勉等人相继进行了甘青农牧交错地区农业区划(1958)和川西滇北地区农业地理研究(1966)等工作,对农牧交错带范围的界定和这一区域的农牧业生产方式、自然地理条件作了详尽的研究<sup>[3]</sup>。1981年的“中国农业区划<sup>[4]</sup>和种植业制度区划<sup>[5]</sup>以及1988年的中国北部半干旱地区农牧气候界线探讨<sup>[6]</sup>等工作,也对农牧交错带范围的界定做了大量的调查与研究。

90年代以来,北方农牧交错带日益恶化的生态环境越来越引起政府和科学界的重视,对农牧交错带生态环境和可持续发展方向的研究成为这一时期研究的主题。李华章(1991)、刘清泗(1994)等从历史时期以来环境演变角度探讨了农牧交错带形成和演变的机理<sup>[7,8]</sup>。高国力(1995)、祁元(2002)等根据景观生态学基本理论和方法,对该地区区域生态环境特性和诱发该地区景观生态分异的原因进行了深入的探讨<sup>[9,10]</sup>。周道纬(1999)等从生态系统管理与恢复的角度提出了北方农牧交错带东段现存的生态问题和急需开展的研究项目,并详细分析了其存在主要核心问题及其关键致损因子<sup>[2]</sup>。陈正新(2002)等根据阴山北麓农牧交错带特有的生境条件和生态脆弱性,通过放牧强度对草地植被和土壤侵蚀影响的分析,提出退化草地复壮技术措施,为本区域天然草地生态修复提供理论依据<sup>[11]</sup>。而更多的研究则集中在农牧交错带的生态环境恶化、产业结构调整、生态系统生产力、土壤侵蚀和土地利用等方面。但对其生态系统退化、受损的过程与机理的研究较少,而植被恢复则是退化、受损生态系统恢复与重建的基础,因此探讨植被动态变化与生态系统演化的互动机理,对于保障农牧交错带生态区域安全、生态环境重建、促进区域可持续发展具有重要的理论及现实意义。

## 2 植被动态研究与现状

### 2.1 植被动态研究历史的回顾

植被动态一直是生态科学研究的核心内容之一。特别是近年来不适当的某些经济活动和土地利用所造成的植被退化已到了非常严重的地步,严重地影响到人类的生存和社会的可持续发展,植被恢复和重建已成为人类面临的紧迫任务,而植被动态正是对植被的变化动因、特点、模式、机制的深入了解,也是解决这类问题的理论科学依据<sup>[12]</sup>。植被动态涉及群落在时间上和空间上的发展,主要包括群落的形成、波动、演替、更新、演化等,而演替仍然是植被动态研究的核心。

#### 2.1.1 植被演替的研究

演替(Succession)的定义有广义和狭义之分,广义上讲是指植物群落随时间变化的生态过程,狭义上讲是指在一定地段上群落由一个类型变为另一类型的质变、且有顺序的演变过程<sup>[13]</sup>。1916年Clements系统地提出演替学说、演替系、演替期和顶级群落的概念、分类方法,形成了植物演替的近代概念。随后,Gleason(1917,1926,1936)的研究认为,植被是由大量植物个体组成的,植被的发展和维持是其个体发展

与维持的结果,因此应把演替看成是植物个体替代和进行演化的过程<sup>[14,15]</sup>。Lindeman(1942)将Tansley的生态系统概念应用到演替研究中,使得人类对演替规律的研究进入更为宏观的系统水平<sup>[13]</sup>。Whittaker(1953)在对群落演替研究的基础上创立了“顶级格局假说”,该假说认为群落在演替过程中,顶级群落是适应于自己特殊生境的稳定群落,环境的差异意味着不同组成的顶级群落,一个景观环境是单个环境因子梯度的复杂格局、是相关群落的多样性景观配置。Margalef(1968)提出演替过程要从景观水平去认识探讨演替过程,而景观空间异质性和干扰与演替的关系极为重要。

70年代以后,随着计算机技术与数学生态学的蓬勃发展、数量分析和动态模拟手段的广泛应用,对生态系统、植被动态过程和机制的分析更加深入,出现了许多具有代表性的模型,如群落演替的马尔可夫模型、林窗模型以及包含树木生理活动、生理过程和多个环境变量演替过程模型等<sup>[16]</sup>。进入80年代以来,群落演替的研究从以往单一考虑植被变化进一步扩大到微生物、动物和人类的活动乃至整个生物界的物流和能流。McIntosh(1981)从营养动态学和生态系统进化两方面丰富和发展了现代演替理论<sup>[17,18]</sup>。Grime(1986)以生活史对策为基础,建立了生活史对策演替学说或C-R-S学说,认为在自然界,干扰、竞争和胁迫三者同时存在,并以多种组合形式产生作用,而植被必然处于上述3个极点间的某些位置,对处于干扰、竞争和胁迫三种作用下的植物的表现形式做出了合理的解释。

在我国,植被演替的研究始于20世纪的20年代。李顺卿、刘慎谔二人的博士论文对植被的演替进行了研究,50年代,曲仲湘、董厚德等对植被演替的趋势、规律等作了较为详尽的研究<sup>[14,15]</sup>。80年代以来,各种数学方法和计算机技术逐步被应用到群落演替的研究中,出现了很多具有代表性的工作,如杨龙、朱守谦等对植物群落的结构和动态进行的研究<sup>[19,20]</sup>。进入90年代以后,随着科学技术与研究方法和手段的不断提高,群落演替的研究更为深入而具体,如邵国凡(1991)提出的以地理信息系统为支撑的计算机模型及实例<sup>[21]</sup>和李兴东(1991)提出的森林演替的系统动力学模型<sup>[22]</sup>。而王炜(1999)等通过对内蒙古草原退化群落恢复过程中群落演替的研究,提出了“恢复演替作用域扩展”概念,并依据各种群的拓殖、生物产量、和根系分布等生物学特征分析了各种群在恢复演替中的作用<sup>[23]</sup>。刘钟龄(2002)等从生态系统、群落、种群、个体等不同层次上对内蒙古草原退化与恢复演替机理进行研究后,认为草原退化演替使其物质与能量流程及收支平衡失调,打破了生态系统自我控制的相对稳态,下降到低一级能量固定与转化效率的系统状态是草原退化的生态学实质<sup>[24]</sup>。

#### 2.1.2 植物群落的波动、更新与演化的研究

群落的波动(Fluctuation)是指可恢复的在较小的尺度下(如月、季、年)的群落变化现象。彭少麟(1993)等通过对南亚森林波动的研究,把群落定义为:植物的波动性是由于植

物群落中复合生态因子逐年逐季的变化,引起群落在固有的季节性变化和逐年变化上的波动,并在统计和生态学意义的基础上,建立了测定波动强度的公式,推动了其定量化发展<sup>[25, 26]</sup>。在退化和受损植被生态系统的恢复与重建过程中,也涉及到了许多群落更新(Renewal)的研究,群落更新是当群落内某种群的个体死亡后,能由同一种群的新个体所替代的过程。在群落更新研究中,最具代表性的是李旭光(1996)等对大头茶种群循环更新的研究<sup>[27]</sup>、安树清(1996, 1997)对林窗的形成、分布、更新特征、大小和作用的研究<sup>[28, 29]</sup>和丁彦彦(2001)对常绿阔叶林的植被演替过程中主要树种的更替机理的研究<sup>[30]</sup>。植被的演化(Evolution)涉及到整个区域群落的演变。其演化是在整个地质史中完成的,与地质年代中环境的变迁密切相关。孙湘君(1999)等利用孢子,花粉和古生物大化石重建了末次冰期以来的重要时段的生物群区,并通过与现代植被的比较,揭示了植被的动态变化<sup>[31]</sup>。这些研究从不同角度、不同层次丰富发展了我国群落演替研究,为促进我国植被动态发展研究奠定了坚实的基础。

## 2.2 北方农牧交错带植被动态研究现状

植被是一个地区植物群落的总体,是对生态环境因素的综合反应。由于环境因素分布、变化的不规则性和复杂性,植被通常表现出不同的空间结构和动态过程。在北方农牧交错带这个受自然和人为强烈干扰的过渡带,植被通常有自己特殊的景观结构和过程,并随不同的干扰机制和过程表现出不同的形式。

在北方农牧交错带现存的森林、灌丛、草原、荒漠等植被都是在环境演化过程中形成的,彼此之间存在着一定的关系,从这种关系可以探索农牧交错带植被动态与环境变化之间的潜在关系。如张军涛(2001)等对我国东北农牧交错区水分条件及其对植被分布的影响研究表明,东北农牧交错区植被类型是由森林草原向干草原的过渡带,水分条件是决定植被空间分布格局的主导因素<sup>[32]</sup>。李栋梁(2002)等通过对农牧交错带内植被变化与降水因素的关系研究也指出,北方农牧交错带位于东亚季风气候区与内陆干旱气候区的过渡地带,年降水量为 200~400 mm,降水少而不稳,当季风气候系统势力强劲时,降水量增大,植被覆盖较好;当西北内陆干旱气候系统占优势时,就会出现干旱少雨,多大风沙尘天气,植被覆盖度较低<sup>[33]</sup>。而赵哈林(2003)等对科尔沁沙地植被演化与环境演变关系的研究指出,科尔沁沙地景观经历了灌丛草原 疏林草原 干草原、荒漠化草原的演化阶段<sup>[34]</sup>。其中,在全新世早期,随着气候的转暖、变湿,风沙活动减弱,流沙开始固定,形成了以蒿属为主,伴有藜科、茜草科、等植被的沙地灌丛草原。进入全新世大暖期后,环境由冷逐渐变暖,景观由草原向森林演变。由此可见,农牧交错带植被动态变化与其自然环境的变化有着紧密的联系。

数千年以来,在自然条件和人文因素的共同影响下,农牧交错带的土地利用始终是农业用地和牧业用地互动并存的,而且具有明显的区域特征。这种互动是自然因素和社会

经济因素共同作用的结果。康慕谊(2002)等对内蒙古扎鲁特旗土地利用的研究表明,牧区向农区的转型是近年来土地利用变化的主要趋势,且由此导致的垦草为粮这种不合理的农业化过程是该旗草原植被退化和面积减少的主要原因<sup>[35]</sup>。高清竹(2002)等的研究认为,在典型农牧交错区兴和县,农田和草地的相互转换率在各个时期的用地相互转化过程中也是最高的,在过去的 11 年,兴和县农业和牧业用地的互动结果为农田趋势增加,在空间上向降水与灌溉条件较好的中南部转移,草地趋于减少<sup>[36]</sup>。李栋梁(2002)和赵哈林(2002)的研究指出,干旱年农牧交错带向南移动,多雨年农牧交错带又向北移动,农牧交错带的这种南北摆动、耕作经营方式的转变,致使地表植被的组成和结构发生重大变化<sup>[33, 37]</sup>。

20 世纪 50 年代以来,农牧交错区的生产潜力和生态功能因不合理的土地利用方式,没有得到很好的发挥。随着人口的增加,人类对土地不合理的利用极大地破坏了植被环境之间脆弱的动态平衡,原有植被受到了严重干扰,大部分处于退化阶段。刘新民(1996)等对科尔沁沙地植被退化的研究指出,科尔沁沙地原有植被为疏林草原,在自然力和人为开垦、撙荒、樵柴、过度放牧等非自然力作用下,其原有植被已变成坨甸交错、流沙遍野的隐域性植被。植被总体演变模式为榆树疏林草原 灌丛化草原 冰草草原和糙隐子草草原或羊草草原 差嘎蒿群落和黄柳群落 沙蓬群落,其不同的植被类型对应着不同的沙漠化阶段<sup>[38]</sup>。周道维(1999)等在北方农牧交错带东段草地退化与水土流失的研究指出,松嫩平原西部位于降水量在 300~450 mm 范围内,其自然条件相对较好,基底植被为草原,但由于过度的割草、放牧、乱垦等人力作用,使地面植被稀疏矮化,产量下降,甚至直接破坏生草土壤表层结构,导致土地盐碱化、盐渍化、水土流失等灾害问题。而盛学斌(2002)等研究认为,由于人为过度垦、牧、樵等负面活动强化的原因,导致该区表层土壤颗粒粗化,有机质含量降低,植被覆盖度下降,植物群落结构变异加剧<sup>[39]</sup>。

植被动态变化是自然因素与人类活动长期共同作用的结果。尽管植被动态变化的表现形式与趋势不同,但随着封育、禁牧等人为和自然手段的干预,植被开始向正演替的方向发展,植物种类与群落结构趋于多样化与复杂化,生产力和生产量及其净积累趋向提高与稳定,生态系统自我调节能力得到恢复与加强,实质是植物群落向该地植被顶级状态的演替过程。李进(1994)等研究了河北坝上地区弃耕地植被的演替规律,指出人为改造和干预弃耕地植被,可加速植被的发展过程,提高草地生产力<sup>[40]</sup>。康慕谊(2002)等在研究扎鲁特旗受损草地恢复时认为,草原植被演替与退化成因无关,无论在何种土地利用方式和何种土地利用强度下导致的草原退化现象,只要采取合理的保育和管理措施,都可使其植被发生逆转,围栏禁牧是实现退化草原植被恢复的有效措施<sup>[35]</sup>。

## 3 北方农牧交错带植被动态研究趋势展望

确切地说,植被恢复也就是生态系统的恢复,而生态系

统的恢复则是生态系统组成、结构、过程和功能向健康状态演变的过程。健康的生态系统能够通过它的结构、功能、多样性及其内部动力为人们提供商品服务。在北方农牧交错带,生态系统能否正常发挥其生态功能,维持系统内生物多样性、结构复杂化和功能完善化,改善和维护生态环境,是该地区资源持续利用、区域可持续发展的关键。有关植被动态的研究应该集中在以下几方面。

3.1 植被动态与生物多样性

在生物与非生物力作用下,生态交错带的环境条件趋于异质性和复杂化,其物种组成、结构、功能和物质、能量以及物种交流等生态过程明显与相邻斑块及生态系统不同。就生物多样性而言,生态交错带不但含有相邻两个生态系统中偏爱边缘生境的物种,而且其特化的生境可能导致某些特有种或边缘种的出现,物种数目一般比邻近的生境高。从而使交错带具有比较高的生物多样性。但在北方农牧交错带,人类过度的利用自然,将异质的自然景观变成大范围同质的人工景观,消灭了自然生态交错带,扩展了人为生态交错带,引起原有植被强烈的变化,改变了原来的优势物种及自然的景观格局和生态过程,致使该区生物多样性和生产力急剧降低<sup>[41]</sup>。每一个植物群落都是处于其变化发展过程中的一个瞬间或阶段,群落的现有结构及生物多样性特征,也都是群落动态中某一阶段的具体体现。人类对植被的利用与改造,很大程度上是在了解植被动态规律的基础上进行的。植被健康与生态的持续发展是保护生物多样性的关键,也是社会、经济、生态持续稳定协调发展的基础与核心。在北方农牧交错带内,对人类生存最为重要的物质基础是生物多样性。生物多样性的保护是人类生存所面临的严峻挑战之一。

3.2 植被动态与生态环境

植被动态变化与环境的变化几乎是同时发生的。一方面通过现有植被对环境的改造而让更多的物种容纳到其中,从而引起植被的进展演替变化;另一方面随着环境本身的不断变化现有植被响应环境的变化向着更适合于变化环境的植被类型方向发展。在我国北方农牧交错带历史上多为草地,历经开垦、沙害撂荒、再开垦等人为强烈干扰,再加上自然因素的影响、沙漠化的发展、现代农牧交错带的北移错位和经济地理等原因,导致草原生态和区域环境遭受严重破坏,沙漠化急剧发展、可利用土地资源锐减、草地承载力下降和自然灾害频繁等生态问题。在不合理人类活动和气候干旱化条件下,农牧交错带的植被普遍处于逆向演替的过程中,生物多样性降低,群落结构和功能趋于简单化,景观和类型变得单一,而且极易受外界因子的干扰、波动性较大,生境严重退化。因此,对生态环境演变过程中植被波动、演替和演化等不同表现形式的研究,有利于恢复和重建受损、退化生态系统,改善生态环境。

3.3 植被动态与生态系统健康

生态系统健康是生态系统的综合特征,它具有活力、稳定和自我调节的能力,并能够供养和维持一个平衡、完整、适

应的生物群落<sup>[41]</sup>。生态系统总是随着时间而变化,并与周围环境及生态过程相联系。系统内外生物与生物、生物与环境间的联系使系统在物质与能量的输入、输出过程中“有支有收”,维持需求的平衡。植被作为生态系统的生产者,通过光合作用,固定太阳能,将简单的无机物质转化为原料制造成各种有机物质,供自身生长发育和其它生物类群以及人类食物和能量的需要,它在很大程度上制约和影响生态系统其它成分的存在和发展,成为生态系统正常运转的能量来源。生态系统健康与否取决于系统内植被的结构是否完整、功能是否健全。所以,生态系统是否健康取决于该系统内植被结构是否完整、功能是否健全。在我国北方农牧交错带,由于人为活动的强烈干扰,植被变化剧烈,遭受破坏严重,使生态系统能量的流动受阻、物质循环途径偏离、系统自我调节及恢复功能衰退,甚至于丧失,结构趋于简单,致使该区域生态系统严重退化、受损。加强北方农牧交错带植被动态变化的研究,不仅可以预测生态环境变化的趋势,而且能够为退化生态系统生物多样性保育、功能恢复提供可靠的理论及现实依据。

3.4 植被动态与对全球变化的响应

随着全球变化问题日益受到重视,以及关于人类活动对自然环境的影响问题讨论的白热化,人们开始认识到地球是一个具有过反馈机制的复杂系统。植被是气候、地貌、土壤和人类活动长期相互作用的结果,其分布、组成、发生和发展总是与环境条件,特别是气候条件密切相关。植被对全球变化的响应主要表现在植被对于气候的适应及其对气候的反馈作用。植被类型表现了植物界对于主要气候类型的适应,而每个气候类型或分区都有一套相应的植被类型与之相对应。同时,植被通过与大气间的物质和能量交换来影响气候的变化。这种改变了的气候又通过大气与植被间的物质和能量交换作用对植被的发展产生影响,最终可能导致植被类型发生再次变化。人类对陆地生态系统的高强度、大范围的持续干扰,使受其土地利用活动影响的地表覆盖发生改变。这种改变对生态系统的结构和功能产生的影响比任何其它的全局变化内容都要强烈而深远。因而,植被动态变化与其它景观组分类型间的相关信息就包含在这种不同土地利用类型彼此消长的变化过程中<sup>[42]</sup>。在北方农牧交错带,怎样使植被在全球变化的影响下保持结构完整、生态功能正常是防止该区生态环境进一步恶化、维护生态平衡问题的关键。

综上所述,针对北方农牧交错带这样一个特殊的脆弱生态系统,研究其植被动态变化与生物多样性、生态环境、生态系统健康以及对全球变化响应的关系,预测其发展与演变的不同方式及相应的过程与机制,是揭示该区自然力作用下人类干预生态系统演化的生态学实质。而通过人力与自然力的作用,使受损、退化生态系统重新获得有益于人类生存和生活的生态系统重构和再生过程,是该带内生态恢复、生态系统功能正常维持和发展的关键所在,无疑对于该区生态环境、社会和经济协调、稳定发展具有重要的理论及现实意义。

## 参考文献:

- [1] 刘林德,高玉葆.论中国北方农牧交错带的生态环境建设与系统功能整合[J].地球科学进展,2002,17(2):174-181.
- [2] 周道维,卢文喜,夏丽华,等.北方农牧交错带东段草地退化与水土流失[J].资源科学,1999,21(5):57-61.
- [3] 吴贵蜀.农牧交错带的研究现状及进展[J].四川师范大学学报(自然科学版),2003,26(1):108-110.
- [4] 《中国综合农业区划》编写组.中国农业区划[M].北京:农业出版社,1981.
- [5] 中央气象局气科院天气气候所,南京气象学院农气室.中国农业气候资源与种植制度区划[M].北京:农业出版社,1981.
- [6] 李世奎,王石立.中国北部半干旱地区农牧气候界线探讨[A].见中国自然资源协会,等.中国干旱半干旱地区自然资源研究[C].北京:科学出版社,1988.108-123.
- [7] 李华章.中国北方农牧交错带全新世环境演变的若干特征[J].北京师范大学学报(自然科学版),1991,27(1):103-110.
- [8] 刘清泗.中国北方农牧交错带全新世环境演变与全球变化[J].北京师范大学学报(自然科学版)1994,30(4):504-510.
- [9] 高国力.半干旱区农牧交错带生态环境的景观生态学探讨[J].干旱区资源与环境,1995,9(1):8-17.
- [10] 祁元,王一谋,王建华.农牧交错带西段景观结构和空间异质性分析[J].生态学报,2002,22(11):2006-2014.
- [11] 陈正新,尉恩凤,史世斌,等.内蒙古阴山北麓农牧交错带退化草地复壮对策[J].水土保持研究,2002,9(1):41-45.
- [12] 宋玉昌.植被生态学[M].上海:华东师范大学出版社,2001.241-289.
- [13] 任海,蔡锡安,饶兴权,等.植物群落的演替理论[J].生态科学,2001,20(4):59-67.
- [14] 赵丽娅,赵哈林.我国沙漠化过程中的植被演替研究概述[J].中国沙漠,2000,20(增刊):7-14.
- [15] 周灿芳.植物群落动态研究进展[J].生态科学,2000,19(2):53-59.
- [16] 安树青,张久海,谈健康,等.森林植被动态研究述评[J].生态学杂志,1998,17(5):50-58.
- [17] 彭少麟.南亚热带森林群林群落动态学[M].北京:科学出版社,1996.
- [18] Pickett S T A, Whittle P S. The ecology of natural disturbance and patch dynamics[M]. New York: Academic Press, 1985.
- [19] 杨龙.梵净山黔稠林的结构与动态[J].植物生态学与地植物学丛刊,1983,(3):204-214.
- [20] 朱守谦,杨业勤.贵州亮叶水青冈林的结构与动态[J].植物生态学与地植物学丛刊,1985,(3):183-190.
- [21] 邵国凡.应用地理信息系统模拟森林景观动态的研究[J].应用生态学报,1991,2(2):103-107.
- [22] 李兴东.常绿阔叶林次生演替的一种系统动力学模型[J].生态学报,1994,13(3):287-295.
- [23] 王炜,梁存柱,刘钟龄,等.内蒙古草原退化群落恢复演替的研究 IV:恢复演替过程中植物种群动态的分析[J].干旱区资源与环境,1999,13(4):44-55.
- [24] 刘钟龄,王炜,郝敦元,等.内蒙古草原退化与恢复演替机理的探讨[J].干旱区资源与环境,2002,16(1):84-91.
- [25] 彭少麟,王伯荪.鼎湖山森林群落的波动[J].生态科学,1988,(1):40-45.
- [26] 彭少麟.森林群落波动性探讨[J].应用生态学报,1993,4(2):120-125.
- [27] 李旭光,于法稳.大头茶种群循环更新的动态研究[J].应用生态学报,1996,7(2):117-121.
- [28] 安树青.宝华山主要植被类型土壤种子库初探[J].植物生态学报,1996,20(1):41-50.
- [29] 安树青.紫金山次生森林林窗的植被环境特征[J].应用生态学报,1997,8(3):245-249.
- [30] 丁圣彦.常绿阔叶林的植被动态研究[J].河南大学学报(自然科学版),2001,31(3):83-86.
- [31] 孙湘君,宋长青,陈旭东.中国第四纪孢粉数据库和生物群区[J].地球科学进展,1999,14(4):407-411.
- [32] 张军涛.东北农牧交错区水分条件及其对植被分布的影响[J].地理科学,2001,21(4):297-300.
- [33] 李栋梁,吕兰芝.中国农牧交错带的气候特征与演变[J].中国沙漠,2002,22(5):483-488.
- [34] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等.科尔沁沙地沙漠化过程及其恢复机理[M].北京:海洋出版社,2003.74-83.
- [35] 康慕谊,刘肖骥,董世魁.内蒙古扎鲁特旗土地利用方式及强度对草原群落的影响[J].地球科学进展,2002,17(2):229-234.
- [36] 高清竹,何立环,江源,等.农牧交错带典型区农业与牧业用地互动关系研究[J].地球科学进展,2002,17(2):209-214.
- [37] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等.北方农牧交错带的地理界定及其生态问题[J].地球科学进展,2002,17(5):739-747.
- [38] 刘新民,赵哈林,赵爱芬.科尔沁风沙环境与植被[C].北京:科学出版社,1996.
- [39] 盛学斌,刘云霞,孙建中.农牧交错带土壤及表生植被某些特性变异与荒漠化的相关性[J].水土保持研究,2002,9(3):24-26.
- [40] 李进,赵雪.河北坝上弃耕地植被的演替特征及环境因子的影响[J].中国沙漠,1994,14(4):15-22.
- [41] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等.景观生态学原理及应用[M].北京:科学出版社,2002.65-165.
- [42] 江子瀛.深圳—东莞地区快速城市化过程对植被覆盖动态变化的影响[D].北京:北京大学,2001.1-5.