

E-mail: vxc0922@126.com

我国潜在荒漠化的地理范围即湿润指数在 0.05~0.65 范围内的干旱、半干旱和亚湿润干旱区的总面积为 331.70 万 km², 在此范围内发生荒漠化的土地面积为 262.20 万 km², 占国土总面积的 27.30%^[5-8], 荒漠化造成的直接经济损失达 540 亿元, 间接经济损失则达到直接经济损失的 2~8 倍, 甚至达到 10 倍以上。土地荒漠化的不断发生与发展, 使得土地质量与土地生产力、承载力不断下降, 我国生存与发展的空间日益受到压缩, 无疑, 土地荒漠化已经成为我国生态环境问题最长鸣的“警钟”之一!

我国土地荒漠化地区由于其独特的地理环境和气候特点决定了其生态系统具有潜在的脆弱性和不稳定性。保护生态与发展经济的矛盾在绝大部分地区都未得到根本性的解决, 因此, 土地荒漠化的防治仍将是一个长期而又艰巨的过程, 研究土地荒漠化具有极为迫切的现实需求。

1 辽西北地区地理位置、生态区位与土地荒漠化现状

辽西北地区位于科尔沁沙地南缘, 位于 119°16'~123°54'E、40°58'~42°59'N 之间, 行政区划上包括昌图县、法库县、康平县、新民市、彰武县、阜新全市、建平县、北票市、黑山县、朝阳市、喀喇沁左翼蒙古族自治县以及凌源市, 总面积 4.85 万 km² (图 1)。

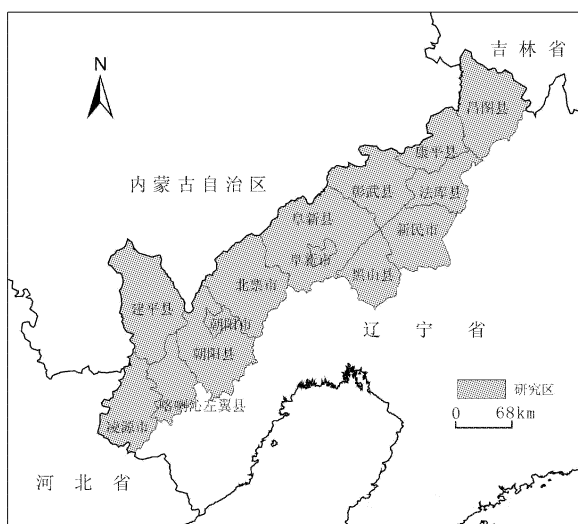


图 1 辽西北位置示意图

辽西北地区地处中纬度, 属于暖温带半湿润、半干旱大陆性季风气候区。冬季寒冷少雪, 以北风为主导风向; 春季干旱少雨, 多大风天气; 夏

季炎热多雨, 西南风为主; 秋季较凉, 降水明显减少。辽西北地区多年年均气温 6.4~8.5℃, 最高气温 23.6~24.3℃, 最低气温 -12.4~-14.7℃; 年平均降水量为 174.3~73.7 mm。降水总的趋势为由东南往西北年降水量逐渐减少。区内多年平均蒸发量为 1 000.4~1 500.4 mm; 阜新市、新民县、康平县蒸发量较大, 可达 1 700.4 mm 以上。辽西北地区受蒙古冷高压控制, 冬春两季盛行西北风或北风。年大风日数平均为 22~32 d, 年平均风速为 3.5~4.5 m/s, 极大风速为 31.0 m/s, 冬春两季大风频率可占全年的 60.0%~80.0%。辽西北地区地势总体上自西南向东北呈阶梯式降低, 主要有三大水系, 分别为辽河、大凌河、绕阳河; 主要土壤类型有森林土、褐色土、风沙土、草甸土、盐渍土等。

由于辽西北地区气候干旱, 降水少, 蒸发量大, 加之人类活动的影响, 导致该区地貌、水文、土壤、植被等环境因素发生了一系列的变化, 土地荒漠化问题十分严重。建国以来, 通过采取营造固沙林、农田防护林以及封沙育草、保护自然植被等措施, 风沙活动在局部地区虽然有所改善, 但是不合理的土地利用方式使得辽西北生态环境质量总体而言处于不断恶化的趋势; 再加之科尔沁沙地的不断南侵, 辽西北地区草原土壤和农田在不同程度上受到荒漠化的严重威胁, 这不但直接给农业造成了巨大损失, 也给河道水利工程、道路交通、村镇居民乃至辽宁省的社会经济发展带来了极为不利的影响。

就地理区位而言, 辽西北地区大致位于科尔沁沙地南缘, 东北平原、辽河平原与华北平原的交汇处; 就生态区位而言, 辽西北地区是阻止科尔沁沙地向南侵入华北平原、向东侵入东北平原的最前沿、最重要的生态屏障, 因此, 辽西北地区对于我国两大平原 华北平原、东北平原的生态安全具有最直接的保障作用。尽管如此, 现实情况却不得不令人担忧。近些年来, 关于科尔沁沙地的研究得到了相对较高程度的重视, 相关研究与工程项目也不断立项、上马, 但是, 作为华北平原、东北平原最直接、最重要生态安全屏障的辽西北地区的土地荒漠化问题却长期以来未受到足够的重视。辽西北土地荒漠化的现状及其趋势如何? 辽西北土地荒漠化的发生、发展过程及其机制如何(究竟是受到科尔沁沙地的影响还是自身气候等条件的影响)? 辽西北区域景观变化与荒漠化过程的相互作用关系如何? 辽西北地区的土地

荒漠化过程导致了怎样的生态效应? 辽西北地区对于保障东北平原、华北平原的生态安全究竟具有怎样的重要意义? 等等, 诸如此类的问题还远未得到积极关注和系统性研究。

2 辽西北土地荒漠化相关研究进展

1949 年, Aubreville 在《非洲热带气候、森林和荒漠化》一书中首次使用“荒漠化 (desertification)”一词描述土地退化问题。Augreville 的研究被认为是荒漠化问题研究的开端。但是当时关于荒漠化的研究并未受到广泛关注。直到 1968 ~ 1973 年, 非洲萨赫勒地区发生了严重而持久的干旱, 荒漠化问题才引起全世界的广泛关注。1974 年以后, 荒漠化问题列入了联合国大会的议事日程, 1977 年肯尼亚首都内罗毕召开的联合国荒漠化大会上提出了“气候与荒漠化”、“荒漠化与生态化”、“人口、社会和荒漠化”和“技术与荒漠化”四个专题报告, 标志着荒漠化研究兴起。1977 年以后, 在联合国的促动和引导下, 有关荒漠化的概念、态势、机制和整治等研究不断深入。

1977 年联合国荒漠化会议明确提出, 荒漠化是土地生产潜力的衰退与破坏, 最终导致类似荒漠景观的生态系统退化过程。但世界各地在进行荒漠化防治和荒漠化的定量评价时, 发现这一定义是不适当和不充分的。其后国际上曾出现过 100 多个关于荒漠化的定义^[9], 这些定义都各有侧重。直到 1994 年 10 月, 国际荒漠化公约政府间谈判委员会 (INCD) 签订了《联合国防治荒漠化的公约》, 该公约对荒漠化作了完善的解释: “荒漠化是指包括气候变化和人类活动在内的多种因素造成的干旱、半干旱及亚湿润干旱区的土地退化”。

随着荒漠化研究的深入, 荒漠化态势、机制及整治研究越来越受到关注。联合国环境规划署 (UNEP)、联合国教科文组织 (UNESCO)、国际地理联合会 (IGU) 和许多国家都在荒漠化土地分布、面积和危害等方面开展了研究工作, 并取得了重要的阶段性成果。1977 年国际荒漠化大会对当时全世界的荒漠化态势做出了基本评估。1984 年和 1991 年联合国也分别对全球荒漠化态势进行了两次评估^[2,3]。由于意识到荒漠化过程动力机制研究的重要性, 不同学者从各国具体情况和研究角度出发开展了一系列的研究。从历史过程来看, 荒漠化的过程中都伴随着人类活动的足迹。比如萨赫勒沙漠、中亚沙漠等干旱地区的沙漠与戈壁一

度都是人类定居之所^[10]; 底格里斯河和幼发拉底河下游, 古代就出现过荒漠化^[11]。在现实过程中, 现代荒漠化机制研究更强调人为因素, 主要包括过垦、过牧、森林砍伐、盐渍化等人类活动引起的荒漠化^[12,13]。伴随着荒漠化态势评估和荒漠化机制研究, 产生了荒漠化的评估指标。1977 年 Berry 和 Ford 以气候、土壤、植被、动物和人类的影响等因子为依据, 将荒漠化划分为四种尺度^[14]; 1984 年, 为了满足荒漠化实际评价工作需要, 联合国粮农组织 (FAO) 与联合国环境规划署 (UNEP) 在《荒漠化评价与制图方案》中, 按荒漠化发生的营力类型, 从植被退化、风蚀、水蚀、盐碱化等方面, 分别提出了荒漠化现状评价、发展速率评价和内在危险性评价的定量指标系统; 按发展程度不同, 把荒漠化分为 4 个等级^[15,16]。1987 年, Kharin 认为荒漠化危害可以用植被、水蚀、风蚀、技术成因、荒漠化状态、速率和隐患来衡量^[17]。Sharma 提出荒漠化的水文特征为水体面积缩减、径流增加及其所导致的降水渗透的缩减、土壤侵蚀和沉积加剧、地下水资源恶化等^[18]。Rubio 和 Bochet 提出了欧洲荒漠化危险度评估的指标体系^[19]; De Soyza 等根据裸斑指数提出了荒漠化敏感指数^[20]。随着荒漠化监测手段的不断丰富, 卫星遥感以其快速、准确、节省人力物力的优势, 在荒漠化发展态势监测中被越来越多的加以应用^[21-26]。

我国学者对荒漠化及其相关研究开始较早。由于受沙漠化概念的影响, 研究内容主要分为三个阶段: 1941 ~ 1976 年, 沙区资源普查和防沙技术试验阶段; 1977 年 ~ 1990 年代初期, 沙漠化的研究阶段; 1990 年代以后, 荒漠化研究阶段^[27]。在荒漠化研究的第一阶段, 我国从 1941 年开始就在陕西靖边、榆林、宁夏的沙坡头、辽宁的章古台等地开展了防沙治沙活动, 主要针对风蚀荒漠化。1977 年联合国荒漠化大会以后 (第二阶段), 主要以沙漠化土地调查为主, 初步完成了我国北方土地沙漠化的基本情况调查; 并在前期沙漠化调查的基础上, 以遥感监测为手段, 探讨了沙漠化的成因和形成机理, 对沙漠化的问题进行了全面的总结和分析; 并把沙漠化过程 - 监测 - 整治作为整体进行研究^[28]。1990 年代以来的第三阶段, 受 1992 年世界环发大会和 1994 年联合国荒漠化防治公约的驱动, 中国大多数学者开始由“沙漠化”研究转向“荒漠化”研究, 在概念重新界定的基础上, 对研究范围进行了拓展。在荒漠化现状研

究的基础上,我国很多学者还对荒漠化的成因^[28-32]、评价^[33-35]和防治对策^[36-42]提出了自己的观点,有关荒漠化的研究已基本形成较完整的体系。

辽西北地区是我国北方乃至全国荒漠化程度较为严重的地区之一。辽西北地区荒漠化的研究主要分为三个阶段:1949~1970年,在地方政府的领导下,相关部门对该区域的土地荒漠化现状、危害程度及发展趋势等进行了初步调查研究;1970年以后,土地、水利和农林部门对区内的荒漠化问题进行了较为详细的普查。在调查的基础上,相关部门也对局部地区的荒漠化进行了治理,国家和地方政府均拨出专项资金针对典型地段开展了治理工作,并取得了较明显效果。其中,辽宁省固沙造林研究所和辽宁省风沙地改良利用研究所的科研工作者在不断总结治沙经验的基础上,营造了2万hm²多松林,使当地局部小气候和土壤条件都有所改善,并产生了明显的生态、经济和社会效益。尽管近年来当地政府采取了一系列的措施进行荒漠化治理,比如2001年启动了“沿科尔沁沙地南缘地带大型阻沙防护林建设工程”及“彰武、康平防沙治沙示范区建设”等多项重点工程,并提出年度植树6亿株的具体目标,虽然取得了一定成效,但荒漠化土地仍逐年扩大,并呈现“点上改善、面上扩展;局部好转、整体恶化”的整体格局。尤其近年来辽西北地区干旱少雨,该区域已经成为春季沙尘暴天气和扬沙天气的主要沙尘源,直接威胁辽宁省以及东北平原、华北平原的生态安全。近些年来,关于辽西北地区荒漠化研究主要侧重荒漠化的时空演变规律、成因分析及防治对策^[43-45]等方面,同辽西北地区所独有的地理区位、生态区位特点相比,该区域的土地荒漠化研究还没有受到足够重视,远不够深入、系统。

3 辽西北土地荒漠化研究存在的问题及其方向

概况而言,辽西北地区土地荒漠化研究存在以下问题,而这些问题也恰是进行该区域土地荒漠化研究的方向之所在:

(1) 辽西北地区独特的生态区位价值没有受到足够的重视,相关研究均未关注辽西北地区保障华北平原、东北平原生态安全的重要意义。

(2) 单项研究相对深入,例如土地荒漠化的定

点防治技术,但是还缺乏系统性的研究。在辽西北土地荒漠化的动力机制与过程、土地荒漠化过程的影响因素及其动态变化的系统了解等方面仍存在着不足。

(3) 缺乏从整个生态系统、从景观的角度研究土地荒漠化的机制问题。荒漠化对区域景观重塑起着重要作用,使荒漠化地区景观格局在时空尺度上均表现出极大的异质性。研究景观变化与荒漠化过程的相互关系,可为揭示荒漠化发生、发展和逆转机制提供理论与方法的支撑,并为将辽西北地区作为东北平原、华北平原重要生态屏障建设提供最直接的科学参考依据。

(4) 尚缺乏对整个区域土地荒漠化相应生态效应的系统测算与分析,也缺乏关于土地荒漠化发展趋势的情景模拟与预测研究。如果不重视辽西北的生态区位价值,并采取相应措施,辽西北地区土地荒漠化将会呈现怎样的发展前景?如果相反的话,辽西北地区未来土地荒漠化又会呈现出怎样的发展趋势?辽西北地区土地荒漠化过程所导致的生态效应如何?这些问题的回答无疑可为辽西北的生态建设提供科学理论依据。

在这样一个大的前提背景下,与我国景观生态学的发展水平相对应^[46],辽西北地区土地荒漠化研究不仅薄弱、不够深入,而且还十分缺乏景观变化与土地荒漠化等生态过程作用关系的综合研究。只有在认清土地荒漠化地区景观生态规律及其作用关系的基础上,才能解决区域生态-生产问题(即土地荒漠化防治与发展农牧业生产的问题)。

景观生态学研究致力于关注、研究景观单元的类型组成、空间配置及其与生态学过程的相互作用^[47,48]。在景观的发育和发展过程中,由于物理因素、生物因素和人为因素的不断作用,景观格局不断形成和变化。在早期,大尺度上的物理因素(气候、地貌、地形)为景观格局提供了物理模板,生物和人为的过程在此基础上不断相互作用,产生了空间格局。景观空间格局分析是景观生态学的核心之一^[49-54]。景观的空间特征是功能和动态变化的基础,是景观规划、管理的依据。进行景观空间格局分析,就是要在似乎无序的景观上发现潜在的有意义的有序或规律,为人类生存和发展提供科学决策参考依据。

2005年10月,土地利用/土地覆被变化研究计划告一段落,题为《Global Land Project Science Plan and Implementation Strategy》的报告由国际地圈

-生物圈计划与全球环境变化的人文因素计划联合发布。“Global Land Project”(GLP)全球土地计划将“度量、模拟和理解人类与环境复合系统”、“土地系统的驱动力、土地系统变化的结果”以及“土地可持续性的综合分析模拟”确定为其未来研究的三大主题。参考由土地利用/土地覆被变化到全球土地计划的发展趋势。由此可见,应用景观生态学、AHP 以及人工神经网络等方法,辅以 3S 的技术手段,致力于研究辽西北地区土地荒漠化过程与景观变化的作用关系,揭示辽西北地区长期以来土地荒漠化过程的生态效应,对于深入认识辽西北地区土地荒漠化的景观背景,系统理解辽西北地区土地荒漠化的过程与动力学机制具有积极的科学意义。

参考文献:

- [1] 朱震达. 关于中国土地荒漠化概念的商榷[J]. 中国沙漠, 1998, 18(S0): 1-5.
- [2] M. D. Kassas. Desertification: a general review [J]. Journal of Arid Environments, 1995, (30): 115-128.
- [3] G. Karrar and D. Stiles. 李开荣, 译. 全球荒漠化的现状与趋势[J]. 世界沙漠研究, 1985, (4): 1-2.
- [4] 中国荒漠化(土地退化)防治研究课题组. 中国荒漠化(土地退化)防治研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [5] 周欢水, 向众, 申建军, 等. 中国荒漠化面积与分布特点[J]. 大自然探索, 1998, 17(4): 60-62.
- [6] 周欢水, 向众. 我国荒漠化灾害综述[J]. 灾害学, 1998, 13(3): 67-71.
- [7] CCICCD. China Country Paper to Combat Desertification [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1996: 18-31.
- [8] 吴波. 我国荒漠化现状、动态与成因[J]. 林业科学研究, 2001, 14(2): 195-202.
- [9] Zha Y. and Gao J. Characteristics of desertification and its rehabilitation in China [J]. Journal of Arid Environments, 1997, 37: 419-432.
- [10] Lowdermilk W. C. 董玉祥, 译. 人造沙漠[J]. 世界沙漠研究, 1990, (1): 1-4.
- [11] Dregne H. E. 何键, 译. 沙漠化过程的扩展与影响程度[J]. 世界沙漠研究, 1998, (1): 25-30.
- [12] Mouat D. M., McGinty H. K., McClure B. C. Introduction [J]. Journal of Arid Environment, 1998, (39): 97-99.
- [13] Schlesinger W. H., Reynolds J. F., Cunningham G. L., et al. Biological feedbacks in global desertification [J]. Science, 1990, (247): 1043-1048.
- [14] Berry L., Ford R. B. Recommendations for a system to monitor critical indications in areas prone to desertification [M]. Massachusetts, Clark University, 1977.
- [15] Reining P. Handbook on Desertification Indicators [M]. Washington D. C., American Association for the Advancement of Science, 1978.
- [16] FAO, UNEP. Provisional methodology for assessment and mapping of desertification [M]. FAO, ROME, 1984.
- [17] Kharin N. G. 高前兆, 译. 沙漠化评价与制图[J]. 世界沙漠研究, 1987, (4): 15-21.
- [18] Sharma K. D. The hydrological indicators of desertification [J]. Journal of Arid Environments, 1995, (30): 115-128.
- [19] Rubio J. L. and Bochet E. Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe [J]. Journal of Arid Environments, 1998, (39): 113-120.
- [20] De Soyza A. G., Whitford W. G., Herrick J. E., et al. Early Warning indicators of desertification: examples of tests in the Chihuahuan Desert [J]. Journal of Arid Environments, 1998, (39): 101-112.
- [21] Francisco López-Bermúdez. Soil erosion by water on the desertification of a semi-arid Mediterranean fluvial basin: the Segura basin, Spain [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 1990, 33(2): 129-145.
- [22] Dwivedi R. S., Ravi Sankar T., Venkataratnam L. Detection and delineation of various desert terrain features using Landsat-TM derived image transforms [J]. Journal of Arid Environments, 1993, 25(1): 151-162.
- [23] Ghosh T. K. Environmental impacts analysis of desertification through remote sensing and land based information system [J]. Journal of Arid Environments, 1993, 25(1): 141-150.
- [24] Anthony R. Palmer and Andre F. van Rooyen. Detecting vegetation change in the southern Kalahari using Landsat TM data [J]. Journal of Arid Environments, 1998, 39(2): 143-153.
- [25] Roland Geerken and Mohammad Ilaiwi. Assessment of rangeland degradation and development of a strategy for rehabilitation [J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 90(4): 490-504.
- [26] Kim A. Franklin, Kelly Lyons, Pamela L. Nagler, et al. Buffelgrass(Pennisetum ciliare) land conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico [J]. Biological Conservation, 2006, 127(1): 62-71.
- [27] 蒋德明, 刘志民, 曹有成, 等. 科尔沁沙地荒漠化过程与生态恢复[M]. 北京: 中国环境科学出版社. 2003.
- [28] 董玉祥, 刘玉璋, 刘毅华. 沙漠化若干问题研究[M]. 西安: 西安地图出版社, 1995.
- [29] 董光荣, 吴波, 慈龙骏, 等. 我国荒漠化现状、成因与防治对策[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 242-244.
- [30] 聂春雷, 郑元润. 浑善达克沙地荒漠化原因探析[J]. 吉林农业大学学报, 2005, 27(2): 183-185.
- [31] 高会军, 姜琦刚, 霍晓斌. 中国北方沙质荒漠化土地动态变化遥感分析[J]. 灾害学, 2005, 20(3): 36-40.
- [32] 牛宝茹. 基于遥感信息的沙漠化灾害程度定量提取研究[J]. 灾害学, 2005, 20(1): 18-21.
- [33] 胡小龙, 王利兵, 余伟笠, 等. 浑善达克沙地荒漠化指标评价的研究[J]. 内蒙古林业科技, 2005, (4): 1-4, 8.
- [34] 高志海, 李增元, 丁国栋, 等. 基于植被降水利用效率的荒漠化遥感评价方法[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(2): 37-41.
- [35] 刘淑珍, 范建荣, 刘刚才. 金沙江干热河谷土地荒漠化评价

- 指标体系研究[J]. 中国沙漠, 2002, 22(1): 47-51.
- [36] 朱震达. 中国土地荒漠化的概念、成因与防治[J]. 第四纪研究, 1998, (2): 145-155.
- [37] 王金波. 浅谈中国的荒漠化及其防治措施[J]. 甘肃农业, 2004, (7): 16-17.
- [38] 于淑萍. 土地荒漠化的成因、危害及防治对策[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(1): 16-17.
- [39] 王纯岩, 朱海燕. 我国北方荒漠化形成的原因及其综合治理[J]. 安徽技术师范学院学报, 2004, 18(4): 6-8.
- [40] 蒋高明. 我国荒漠化治理存在三大误区[N]. 人民日报, 2006-03-30.
- [41] 王丛虎, 白建华. 我国荒漠化治理中的问题及对策建议[J]. 天津行政学院学报, 2005, 7(4): 72-76.
- [42] 廖咏梅, 王琮. 我国西部地区土地荒漠化及其生态防治措施[J]. 环境与可持续发展, 2006, (3): 44-47.
- [43] 杨树军, 张学利. 辽宁省西北部土地沙漠化的成因、现状及治理对策[J]. 防护林科技, 2005, (1): 71-73.
- [44] 于帝平, 齐英. 辽西北地区风力侵蚀的防治措施[J]. 水土保持科技情报, 2005, (3): 62-63.
- [45] 邢兆凯, 吴祥云, 张学利, 等. 辽西北地区辽西北地区土地退化原因及其对土壤性状的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30(2): 102-105.
- [46] 肖笃宁. 从 1995 年国际景观生态学大会看当前国内外景观生态学发展的现状[J]. 地球科学进展, 1996, 11(4): 383-387.
- [47] 邬建国. 景观生态学 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [48] 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, 2001.
- [49] 陈昌笃. 十年来我国景观生态学和全球生态学[J]. 生态学杂志, 1992, 11(1): 15-16.
- [50] 贺红士, 宋爱军, 侯彦林. 景观生态研究的模式 I——两种成熟的方法[J]. 生态学杂志, 1991, 10(2): 61-64.
- [51] 李哈滨. 景观生态学—生态学领域里的新概念构架[J]. 生态学进展, 1998, 5(1): 149-155.
- [52] 宋波, 赵士洞, Glived Jorgensen. 美国理论生态学研究动态[J]. 生态学杂志, 1992, 11(1): 69.
- [53] 肖笃宁. 从景观生态学世界大会看景观生态研究的进展[J]. 中国生态学通讯, 1992, (1): 15-20.
- [54] 肖笃宁. 景观生态学理论、方法及应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991.

Research on Land Desertification of Northwestern Liaoning and the Progress

Yang Xiuchun¹, Zhu Xiaohua², Xu Bin¹ and Li Yayun²

(1. *Institute of Agriculture Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081, China*; 2. *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China*)

Abstract: Land desertification is one of the great problems of eco-environment in the world. Therefore, study on land desertification is instantly needed. The systematical summary of research progress of land desertification in northwestern Liaoning indicates that we have not paid enough attention to the function of ecological shelter in northwestern Liaoning. It also revealed the problems in the research of land desertification of this region and the direction of the future research. It is educed that the land desertification should be studied by use of the theory, method and technology of landscape ecology and 3S.

Key words: eco-environment; land desertification; northwestern Liaoning