

文章编号:1001-1498(2003)01-0063-06

乌兰布和沙区区域性防护林体系 气候生态效益评价的研究

陈炳浩¹, 郝玉光², 陈永富³

(1. 中国林业科学研究院生态环境与保护研究所, 北京 100091;

2. 中国林业科学研究院沙漠林业实验中心, 内蒙古 磴口 075200;

3. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要: 本文旨在对内蒙古西部乌兰布和沙区周边绿洲农区防护林体系的气候生态效益进行评价, 并分析三北防护林工程建设之前、三北防护林工程一期工程 and 二期工程 3 个时期的变化趋势, 建立防护林体系变化与气候变化的关系模型。研究结果表明 (1) 防护林体系的变化对气候因子风速、大风日数、扬沙日数、沙尘暴日数有一定的影响, 体现了防护林体系的生态屏障作用 (2) 防护林体系的变化对年平均温度、湿度、降水量、持续干旱日数和霜期等因子影响不明显, 这是因为这些因子的变化主要受大气环流控制所致。

关键词: 区域防护林; 气候生态效益; 生态效益评价; 乌兰布和沙区

中图分类号: S727.2

文献标识码: A

目前对区域性防护林体系生态效益的研究较少。我国半干旱地区防护林体系的生态效益研究始于东北林业大学和中国科学院沈阳应用生态研究所^[1,2], 而干旱地区三北防护林体系生态效益研究尚是初始阶段。三北防护林工程自 1978 年启动以来, 经历了两个阶段, 即 1978—1985 年间为一期工程时期, 1986—1993 年为二期工程时期。本文旨在对乌兰布和沙区经历两个时期建设的三北防护林体系的气候生态效益进行评价, 并分析三北防护林工程前后生态效益变化趋势。

1 区域概况

乌兰布和沙区位于内蒙古西部, 是华北、西北的接合部, 地处我国西北地区荒漠半荒漠前沿地带。地理位置为 39°16′~40°57′ N, 106°09′~106°57′ E 之间。研究区范围包括磴口县、杭锦后旗、乌海市的乌达区等 3 旗、县、市的绿洲农区, 区域面积 69.6 km²。该区属内蒙古西部阿拉善高原向东延伸部分, 地处黄河中上游, 黄河沿沙漠东部边缘过境, 境内黄河的河流面积为 4 870 hm², 年均流量 315 亿 m³, 如果没有黄河的灌溉条件, 这里都是荒漠。境内地势平坦, 沙区东部磴口县和杭锦后旗属半荒漠景观, 是黄河河套冲积平原, 沙区西部乌海市乌达区属荒漠景观, 这些绿洲都在不同程度上处于乌兰布和沙漠的包围中。自然生态环境十分脆弱^[3,4], 气候属温带大陆性荒漠气候, 终年受西风环流控制, 气候极端干旱, 降水稀少, 降水量从东向西逐步

收稿日期: 2002-04-03

基金项目: 本文属国家“八五”攻关课题“三北”防护林体系区域性生态效益评价研究(85-019-02-13)的主要内容

作者简介: 陈炳浩(1932—), 男, 江苏常州人, 研究员。

万方数据

递减。风势强劲,风沙尘暴、干热风、冰雹和霜冻等灾害性天气较频繁。地带性土壤为灰漠土、漠钙土,绿洲土壤为风沙土、灌溉土和次生盐土。区域天然植被稀少或近于消失,绿洲人工植被是在建国以后,特别是在 1978 年三北防护林工程启动后才建设起来的。

2 研究材料和方法

2.1 制定区域性防护林体系气候生态效益评价体系

- (1)植被指标:包括森林覆盖率、林地面积、森林蓄积、林网化程度、防护林面积、天然林面积等 6 个因子。
- (2)气象指标:包括风速、气温、相对湿度和降水量等 4 个因子。
- (3)灾害指标:包括大风日数、沙尘暴日数、扬沙日数、连续干旱日数和霜期日数 5 个因子。

2.2 资料收集

- (1)3 个旗、县、市的 1954—1993 年 40 a 有关气象资料的月平均值 6 700 多个数据。
- (2)3 个旗、县、市防护林建设前后,即 1973—1993 年 21 a 每年的森林资源统计数据。
- (3)区域自然地理、经济发展情况以及防护林建设中的经验和问题。

3 结果与分析

3.1 森林资源动态变化

乌兰布和沙区外缘绿洲农区经历一期和二期工程建设,现已形成初具规模的防护林体系(表 1、2,图 1~3),三个时期防护林体系的基本特征如下:

表 1 乌兰布和沙区区域人工林与天然林资源消长变化

旗、县、市	森林覆	合计		人工林		天然林	
	盖率/%	面积/hm ²	蓄积/万 m ³	面积/hm ²	蓄积/万 m ³	面积/hm ²	蓄积/万 m ³
1973—1977 年							
磴口县	1.0	3 284	13.1	2 420	13.1	864	— ①
杭锦后旗	6.0	9 808	60.2	7 900	60.2	1 908	— ①
乌海市	0.3	600	2.5	500	1.9	100	0.6
区域	2.0	13 692	75.8	10 820	75.2	2 872	0.6
1978—1993 年							
磴口县	3.3	11 204	61.3	7 957	51.5	3 247	9.8
杭锦后旗	18.2	29 126	130.2	12 078	98.5	17 048	31.7
乌海市	3.1	6 204	9.1	5 450	5.5	754	3.6
区域	6.7	46 534	200.6	25 485	155.5	21 049	45.1
1993 年与 1997 年的森林资源增减量							
磴口县	+ 2.3	+ 7 920	+ 48.2	+ 5 537	+ 38.4	+ 2 383	+ 9.8
杭锦后旗	+ 12.2	+ 19 318	+ 70.0	+ 4 178	+ 38.3	+ 15 140	+ 31.7
乌海市	+ 2.8	+ 5 604	+ 6.6	+ 4 950	+ 3.6	+ 654	+ 3.0
区域	+ 4.7	+ 32 842	+ 124.8	+ 14 665	+ 80.3	+ 18 177	+ 44.5

① 磴口县、杭锦后旗在 1973—1977 年时期的荒漠天然林都是旱生灌木,树高仅在 10~50 cm,所以无蓄积统计数字。

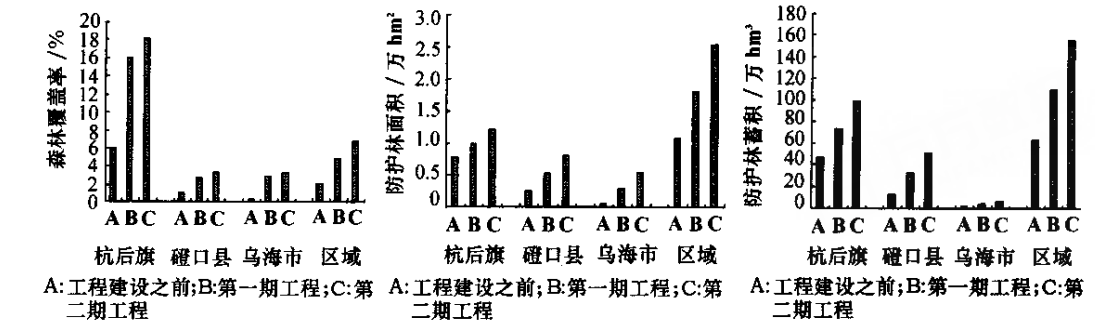


图 1 三北防护林建设工程森林覆盖率变化统计图

图 2 三北防护林建设工程防护林面积变化统计图

图 3 三北防护林建设工程防护林蓄积变化统计图

表 2 区域防护林体系三个阶段林种结构和森林覆盖率动态变化

时间	防护林		用材林		特种林		薪炭林		经济林	森林
	面积	蓄积	面积	蓄积	面积	蓄积	面积	蓄积	面积	覆盖率
1973—1977	72.3	91.2	24.1	8.7	0.2	0.1			3.4	2.0
1978—1985	75.6	89.7	19.0	9.9	0.5	0.2	0.8	0.2	4.1	4.8
1986—1993	84.1	97.3	5.6	2.4	0.6	0.2	0.2	0.1	9.5	6.7
增长量	11.8	6.1	-18.5	-6.3	0.4	0.1	-0.6	-0.1	6.1	4.7

(1) 全区森林覆盖率从 1973—1977 年的 2.0% 提高到 1986—1993 年的 6.7%。在这期间全区森林覆盖率净增长 4.7%。

(2) 通过两个时期的防护林体系建设, 全区人工林面积和蓄积分别增加了 14 645 hm² 和 80.3 万 m³。

(3) 在森林覆盖率、人工林和天然林资源 3 项指标中, 杭锦后旗、乌海市乌达区和磴口县的两期工程内均呈持续上升趋势。

(4) 根据 1993 年森林资源二类清查结果, 全区防护林体系和林种结构有所调整(表 2)。其中防护林占 84.1%、用材林占 5.6%、特种用途林占 0.6%、薪炭林占 0.2%、经济林占 9.5%。防护林、特种用途林和经济林 3 个林种的面积、蓄积不断增长。由于地处荒漠, 无水源和灌溉条件, 所以, 用材林、薪炭林 2 个林种的面积、蓄积不断减少。经过努力, 确定了生态经济型防护林体系的发展方向。

(5) 3 个旗、县、市防护林发展规模很不平衡。以覆盖率为例, 杭锦后旗经过两期防护林体系建设, 森林覆盖率净增 12.2%, 乌海市乌达区净增 2.8%, 磴口县净增 2.3%。

3.2 防护林体系建设对气象因子的影响

为了分析不同时期防护林体系变化对区域生态效益的影响, 将 1973—1993 年 21 a 的有关因子统计于表 3。

(1) 常规气象因子的变化

常规气象因子中, 温度不仅没有随森林覆盖率的增加而降低, 反而有微弱升高的现象, 湿度有随着森林覆盖率的提高而微弱升高的趋势, 但不明显, 降水量不仅没有随着森林覆盖率的提高而提高, 反而出现下降的趋势, 连续干旱日数和霜期没有表现出随森林覆盖率增加而出现增减的现象。总之, 温度、湿度、降水量、连续干旱日数和霜期 5 项常规气候因子随防护林体系

的变化的趋势不明显。

表 3 区域防护林工程三阶段指标与相应气候因子的阶段平均值													
旗、县、市	时间	森林覆 盖率/%	防护林 面积/hm ²	防护林蓄 积/万 m ³	风速/ (m·s ⁻¹)	温度/ ℃	湿度/ %	降水 量/mm	大风日 数/d	沙尘暴 日数/d	扬沙日 数/d	连续干旱 日数/d	霜日 数/d
杭锦后旗	1973—1977	6.0	7 900	47.4	2.7	7.0	50	159.9	35	5	39	122	73
	1978—1985	16.0	9 989	73.0	2.5	7.2	50	150.8	22	2	18	81	53
	1986—1993	18.2	12 079	98.5	2.4	7.6	52	113.1	15	0	6	91	57
磴口县	1973—1977	1.0	2 420	13.1	2.8	7.7	46	140.7	17	25	52	85	53
	1978—1985	2.7	5 189	32.1	2.9	8.0	46	160.0	22	14	47	86	30
	1986—1993	3.3	7 957	51.1	2.7	8.5	48	133.0	12	7	18	80	25
乌海市	1973—1977	0.3	500	1.9	4.4	9.0	41	186.8	37	18	40	86	28
	1978—1985	2.7	2 975	4.0	3.1	9.3	41	169.0	24	15	37	67	33
	1986—1993	3.1	5 450	6.0	2.8	10.1	42	147.2	27	7	30	63	58
区域平均	1973—1977	2.0	10 820	62.4	3.3	7.9	45	162.4	30	16	44	98	51
	1978—1985	4.8	18 153	109.1	2.8	8.1	45	160.0	23	10	34	78	39
	1986—1993	6.7	25 486	155.6	2.6	8.7	47	131.1	18	5	18	78	47

- (2) 灾害性气象因子的变化
- 灾害性气象因子主要指风速、大风日数、沙尘日数、扬沙日数等。随着森林覆盖率的增加，风速呈较明显的减小的趋势，大风日数、沙尘暴日数和扬沙日数均呈减少的趋势，其中大风日数的变化在磴口县和乌海市出现一些波动，但整个区域的变化趋势还是十分明显的。
- (3) 防护林体系建设对灾害性气候因子的影响规律
- 从统计分析结果可知，防护林体系的变化对常规气象因子的变化影响小，也就是说两者之间没有明显的相关性，而灾害性气象因子的变化随防护林体系的变化有显著的变化，两者之间有明显的相关性，因此，本文只建立灾害性气象因子与防护林体系之间的关系模型。建模数据为 1973—1993 年 21 a 观测的各年平均风速、年大风总日数、年沙尘暴日数和扬沙日数。拟合结果如表 4。

旗、县、市	模 型	样本数	复相关系数
杭锦后旗	$f_1 = 2.821\ 1 - 0.368\ 2\ FL + 0.060\ 3\ LW$	21	0.613 6
	$f_2 = 43.481\ 4 + 0.766\ 6\ FL - 0.435\ 4\ LW$	21	0.836 6
	$f_3 = 7.039\ 3 + 0.651\ 7\ FL - 0.185\ 2\ LW$	21	0.851 8
	$f_4 = 48.918\ 8 - 2.693\ 3\ FL + 0.038\ 5\ LW$	21	0.896 1
磴口县	$f_1 = 3.290\ 2 + 0.046\ 3\ FL - 0.008\ LW$	21	0.848 4
	$f_2 = 20.154\ 3 + 17.182\ 9\ FL + 0.605\ LW$	21	0.820 1
	$f_3 = 8.826\ 5 + 12.025\ 8\ FL - 0.376\ LW$	21	0.825 0
	$f_4 = 62.735\ 8 + 22.775\ 6\ FL - 1.143\ 3\ LW$	21	0.920 8
乌海市	$f_1 = 2.921\ 9 - 0.143\ 8\ FL + 0.025\ LW - 0.001\ 8\ LS - 0.003\ 8\ FS + 0.027\ 9\ TS$	21	0.885 6
	$f_2 = -2.851\ 6 - 13.612\ 3\ FL + 0.662\ 4\ LW - 0.039\ 8\ LS - 0.008\ 1\ FS + 0.287\ 9\ TS$	21	0.900 0
	$f_3 = 17.039 + 12.060\ 1\ FL - 0.043\ 1\ LW + 0.015\ 2\ FS - 0.523\ 3\ TS$	21	0.776 0
	$f_4 = 155.75 + 5.726\ 6\ FL - 1.709\ 5\ LW + 0.065\ 3\ LS + 0.000\ 7\ FS - 0.385\ 7\ TS$	21	0.680 6

注： f_1 = 风速， f_2 = 大风日数， f_3 = 沙尘暴日数， f_4 = 扬沙日数， FL = 森林覆盖率， LW = 林网化程度， LS = 林地面积， FS = 防护林面积， TS = 天然林面积

从表 4 可见，根据杭锦后旗、磴口县和乌海市 3 个地区分别拟合的风速、大风日数、沙尘暴

日数和扬沙日数与防护林体系的关系模型中 ,除杭锦后旗的风速与防护林体系的关系模型、乌海市的扬沙日数与防护林体系的关系模型的精度略低外 ,其它模型的精度都较高 ,在 12 个模型中 ,有 2 个模型的复相关系数低于 0.7 ,1 个模型的复相关系数低于 0.8 ,其余模型的复相关系数均超过 0.8。说明风速等 5 个灾害性气候因子与防护林体系有密切的关系。

表 4 的模型是分别不同地区进行拟合的 ,为了反映整个乌兰布和沙区森林植被的变化对灾害性气候因子的影响 ,本文进行了综合模型的拟合 ,拟合结果于表 5。

表 5 区域防护林与灾害性气候因子关系回归模型

灾害性气候因子	模 型	样本数	复相关系数
风速	$f_1 = 251.053 - 40.020\ 8 FL - 0.030\ 628 FS + 8.473\ 699 SV + 0.004\ 592\ 1 FL \cdot FS$ $- 1.216\ 6 FL SV + 0.000\ 006\ 437\ 7 FS \cdot SV$	63	0.960\ 8
大风日数	$f_2 = 717.714 + 121.436 FL + 0.097\ 109 FS - 27.177\ 6 SV - 0.012\ 704 FL \cdot FS$ $+ 3.398\ 4 FL \cdot SV - 0.000\ 186 FS \cdot SV$	63	0.667\ 4
沙尘暴日数	$f_3 = 3\ 452.41 + 457.918 FL + 0.404\ 9 FS - 86.114 SV - 0.064\ 82 FL \cdot FS$ $+ 17.384\ 6 SV - 0.000\ 336\ 66 FS \cdot SV$	63	0.833\ 1
扬沙日数	$f_4 = 16\ 405.32 - 2\ 762.903 FL - 2.076\ 3 FS + 610.068\ 1 SV + 0.296\ 3 FL \cdot FS$ $- 78.592\ 7 FL \cdot SV + 0.000\ 854\ 17 FS \cdot SV$	63	0.895\ 3

注 :SV = 森林蓄积

从表 5 的 4 项灾害性因子随防护林体系变化的关系模型拟合结果可知 ,区域性防护林体系对灾害性气候因子的影响与各地区拟合结果相似。

4 结论与讨论

(1)分析结果表明 ,乌兰布和沙区区域性防护林体系对降低风速、减少大风日数、扬沙日数、削弱沙尘暴和干热风等灾害性气象因子有一定的作用。其防护功能大小 ,与该区域防护林体系建设的规模和质量有关。防护植被覆盖率越高 ,对区域灾害性气象因子的抗逆性越强 ,所发挥的生态效益就越高 ,并且这种影响随着防护植被的覆盖率递增而加强。这充分说明防护林体系对风沙干旱区农牧业和水利工程的生态屏障作用。这里还应该说明 ,对风速、大风日数及沙尘暴等灾害因素 ,虽然主要受大气环境控制 ,但从统计分析看 ,防护林工程也起到削弱作用。该区域杭锦后旗防护林工程建设的成就和效益是最具有说服力的实例。

(2)防护林体系对常规性气候因子(如平均气温、降水量、湿度、持续干旱日数和霜期等)的影响不显著。这是因为这些气候因子变化受大气环流所制约。

(3)实践证明 ,乌兰布和沙区杭锦后旗、磴口县和乌海市等 3 个地区的防护林建设是富有成效的 ,他们已开始局部地逆转荒漠化历史进程 ,走上生态经济双向良性循环^[5]。这些成就 ,对改善区域环境质量、确保当地农牧业生产以及改善绿洲城乡居民生活质量都是一大贡献。

(4)一个区域的气候变化受多方面的影响 ,归纳起来主要是两方面 ,一方面是大气环流影响 ;另一方面是本地区的土地利用状况变化的影响。应该说 ,所有的天气现象都与大气环流有关 ,但由于在局部区域土地利用的改变 ,可使大气环流对区域气候的影响发生一定变化 ,本文主要探讨了乌兰布和沙区土地利用变化对区域气候变化的影响。对大气环流的变化与本区域土地利用变化和气候变化的关系 ,今后需进行深入研究。

参考文献：

- [1] 向开馥, 周葆果, 赵雨森, 等. 农田防护林体系区域性气候效益研究 [A]. 见: 向开馥. 防护林研究第一集 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1989. 221 ~ 232
- [2] 朱延曜. 防护林体系生态效益及边界层物理特征研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1994
- [3] 吴鸿宾. 内蒙古主要气象灾害分析 [M]. 北京: 气象出版社, 1987
- [4] 陈炳浩. 乌兰布和沙漠环境生态问题与治理对策 [A]. 见: 盛伟彤. 森林环境持续发展学术讨论会文集 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 26 ~ 33
- [5] 陈炳浩, 郝玉光, 陈永富. 乌兰布和沙区区域性防护林体系生态经济效益评价的研究 [A]. 见: 王汉杰. 西部开发与生态建设 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 342 ~ 354

Research on Climate Ecological Effect Evaluation of Regional Protection Forest System in Wulanbuhe Desert

CHEN Bing-hao¹, HAO Yu-guang², CHEN Yong-fu³

- (1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Beijing 100091, China ;
2. Desert Forestry Experimental Center, CAF, Dengkou 075200, Inner Mongolia, China ;
3. Research Institute of the Resource and Information Technique, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract : Purpose of this article is to evaluate the climatic and ecological effects of protection forest in surrounding green land area of west Wulanbuhe Desert in Inner Mongolia, analyze change tendency of climatic and ecological effects with forest cover rate change during prior, first and second phases to construction of the “ Three North ” protection forest. The results show that (1) change of protection forest influence calamity climatic factor (wind speed, gale days, raising sand days, and sand storm days). Protective forest produce protective screen effect. (2) change of protection forest can't influence routine climatic factor (temperature, humidity, precipitation, continue dry days, and frost season), because those climatic factors are control mainly by atmospheric circulation.

Key words : regional protection forest ; climatic and ecological effect ; ecological effect evaluation ; Wulanbuhe Desert