

人工绿洲防护林体系对沙尘控制作用的研究*

程致力 高尚武

(中国林业科学研究院林业研究所)

王志刚

(中国林业科学研究院内蒙古磴口实验局)

关键词 防护林体系; 风沙流结构; 大气浑浊度

在干旱、半干旱地区,减少风沙危害的关键在于控制降尘和地表沙尘的输送^[7]。因此,研究绿洲防护林体系控制大气降尘、地表沙尘输送和大气浑浊度等方面的作用,有助于人们探索、了解绿洲防护林体系的总体效益,掌握沙尘输送规律,以便采取相应的控制措施^[5,6]。同时,为合理开发西北自然资源提供科学依据。

一、试区概况

试区布置在内蒙古自治区磴口县中国林业科学研究院磴口实验局二实验场(40°20' N, 106°59' E),地处乌兰布和沙漠东缘,为荒漠与干草原间的过渡地带。气候属温带大陆性荒漠气候。盛行西南风,其次为东北风。年平均风速3.1 m/s,最大风速平均15 m/s,其中≥5 m/s的起沙风年平均300多次,冬春两季风力大而频繁,约占全年起沙风总数的3/4。≥12 m/s的大风日数年平均15 d,沙暴日数年平均18 d。

绿洲防护林体系始建于1981年。试区内有10条农渠(南北走向)、7条斗渠(东西走向),农斗渠交错,每边的渠背上营造4行通风结构的杨树林带,每一网格为430×130 m。林网西侧为乔、灌混交固沙片林,其宽度为500 m。开发区面积为2700 ha,其中防护林面积1000 ha,初步形成了荒漠区的绿洲防护林体系。

二、测量与估算方法

(一) 大气浑浊度的测量

在无云的天气条件下,影响大气辐射的主要因素有三个:大气分子的散射,悬浮颗粒物质的散射和吸收,某些气体的选择性吸收。若用 τ_{RA} 、 τ_{ZA} 和 τ_{DA} 分别表示上述三因素对太阳辐射的消光系数,则到达地面的波长为 λ 的太阳辐射 I_{λ} 可表示为^[2,4]:

本文于1988年12月收到。

* 该文属国家攻关课题“大范围绿化工程对环境质量的影响”的一部分,北京大学地质系的武文举同志帮助分析部分样品,谨此致谢。

$$I_{\lambda} = I_{0\lambda} \exp [- (\tau_{R\lambda} + \tau_{Z\lambda} + \tau_{D\lambda}) m] \quad (1)$$

式中 $I_{0\lambda}$ 是大气外界太阳光谱辐照度; m 是相对大气质量; $\tau_{R\lambda}$ 称为 Rayleigh 散射系数; $\tau_{Z\lambda}$ 是臭氧吸收; $\tau_{D\lambda}$ 就是气溶胶的消光作用, 其计算式为^[1]:

$$\tau_{D\lambda} = \beta \lambda^{-\alpha} \quad (2)$$

式中 β 为 Ångström 浑浊度系数; α 为波长指数, 缺少资料时可取标准值 1.3^[4]。

用 MS-120 型太阳光度计测定大气浑浊度, 实际计算时采用公式:

$$\tau_{D\lambda} = \ln (E_{0\lambda} / E_{\lambda} \cdot S) / m - (\tau_{R\lambda} + \tau_{Z\lambda}) \quad (3)$$

式中 S 为日地距离修正值; E_{λ} 是表读数; $E_{0\lambda}$ 是校准常数。根据(2)、(3)式可计算出 Ångström 浑浊度系数 β 。一般地, $\beta \geq 2.0$ 时, 表明大气已处于相当浑浊的程度。

在试区内设二个测点: 一个设在未开发区作为对照(距林网 2.5 km), 另一个在林网内。每天观测三次, 时间分别为 10:00、14:00、17:00。选择天气晴朗, 全天无云或少云的天气条件进行全天空隔 1 h 的观测。

(二) 大气降尘的测定及大气含尘量的估算

用聚氯乙烯集尘缸(高 30 cm, 内径 15 cm)分别在上述二个测点收集降尘样品。每个月取一次样品, 对样品做粘粒化学成份分析和粘土矿物组成特征鉴定。并换算出各测点每个月的平均降尘量。

大气浑浊度系数 β 与垂直气柱内颗粒物的总质量 M_{20} 有下述关系^[3]:

$$M_{20} = 1.24 \beta \quad (4)$$

测得 β 就可根据(4)式估算出大气的含尘量。

(三) 沙尘输送的测量

沙尘输送与气象要素的测定同步进行。在试区内, 测点(I、II、III、IV、V、VI号)由西向东设置(1985年为4个)。I号测点设在林网体系西侧最外围作为对照点; II、III、IV号测点完全处在林网保护区内; V、VI号测点周围的林网是从1986年才刚刚营造的, 各测点间隔500 m。用积沙器收集沙样, 采样总高度为60 cm; 同时记录风速(2 m处)和相对湿度。

三、结果和分析

(一) 大气降尘和地表沙尘(< 2 μm部分)的化学性质比较

大气尘埃中小于 2 μm 的颗粒物极易随气流进行长距离的搬运。研究降尘和沙尘中这一部分颗粒物在化学性质上的差异, 能够充分说明降尘来源以及与地表沙尘间的区域性联系^[10]。

从化学成份上看(表1), 降尘与地表沙尘有着明显的差异。降尘和地表沙尘样品的 X-射线衍射分析(表2、图1)和差热分析(图2), 分别表明降尘与地表沙尘的矿物组成及其特征有显著的差异, 说明降尘与地表沙尘的来源不同, 且不属于近距离区域内, 而是来自更远的上风区。

(二) 大气浑浊度的变化特征

根据图3和表3可知: ①在绿洲防护林体系的作用下, 大气浑浊度系数较无绿洲防护的空旷区显著降低, 平均可降低35%; ②春季大气浑浊度系数偏高, 且变化幅度大, 而初夏的大气浑浊度系数明显降低; ③本区的大气浑浊度系数已达到很高的程度, 春季尤甚。

表 1 磴口地区降尘和地表沙尘的化学成份比较 (单位：%)

成 份	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	P ₂ O ₅
降 尘	54.8	14.38	2.33	1.77	4.3	3.1	1.26	2.1	13.0	0.41
林 网 内	48.7	19.30	7.09	1.29	4.5	1.0	0.44	3.8	8.39	0.10
对 照	47.5	19.25	7.40	1.16	4.6	0.7	0.38	3.8	8.12	0.11

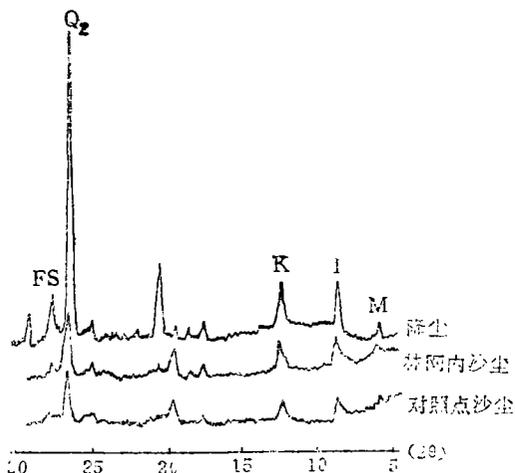


图 1 降尘和地表沙尘的 X-射线衍射图谱

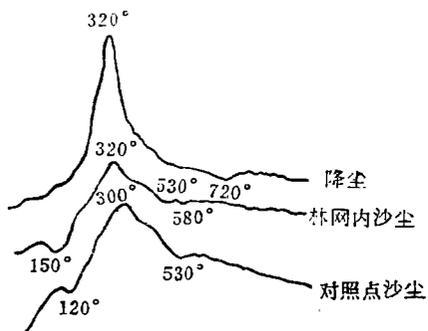


图 2 降尘和地表沙尘的差热分析曲线

表 2 降尘和地表沙尘中几种主要粘土矿物的含量

(单位：%)

样 品	石 英 (Qz)	蒙脱石 (M)	高岭石 (K)	云母类 (I)	长石类 (Fs)
降 尘	19	5	39	29	8
林 网 内	7	7	50	39	1
对 照	8	3	49	38	2

(三) 降尘量和大气颗粒物总量的估算

从表 4 可以看到，在绿洲防护林体系的作用下，降尘量显著降低，平均可降低 40%。除了对尘埃的截流作用外，绿洲防护林体系能够减少降尘量的机理有二：①绿洲防护林体系改变了下垫面的状况，增加了地面粗糙度，迫使携带大量尘埃的气流抬升，并越过防护林体系；②绿洲防护林体系改变了林网内的小气候条件，从而抑制了林网内与上部的气流交换。

图 4 表明，干冷气团开始到达本区时，在绿洲防护林体系的作用下，每平方米横截

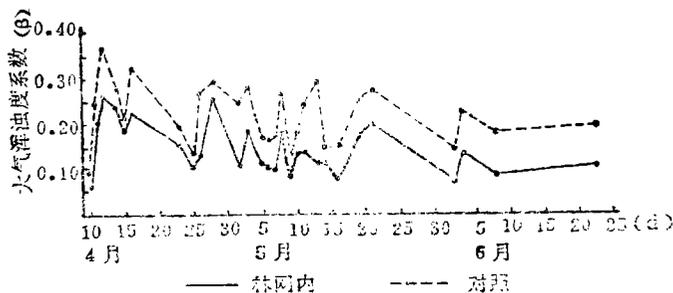


图 3 林网内与对照大气浑浊度系数 β 逐日变化图

表3 磴口地区春季和初夏β的平均值和标准差

	春季		初夏	
	林网内	对照	林网内	对照
$\beta + \delta\beta$	0.147 + 0.061	0.227 + 0.084	0.091 + 0.027	0.183 + 0.035

表4 对照与林网内测点各月(5—12月)降尘量 (单位: t/Km²)

年份	地点	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1987	林网内	21.08	16.01	43.65	35.60	4.13	5.58	—	6.24
	对照	45.29	34.69	84.66	36.31	3.96	2.75	—	13.74
1988	林网内	4.27	23.94	9.53	8.34	8.45	7.81	20.26	17.14
	对照	30.94	42.56	30.23	11.24	3.36	2.52	13.86	22.45

面的垂直气柱内, 整层大气的尘埃量为50—100 mg, 而无林网保护的空旷区的尘埃量为100—200 mg, 比林网体系上空的含尘量高2倍, 这与实际观测值是一致的。

(四) 地表沙尘输送规律

1. 绿洲防护林体系控制地表沙尘的作用 该作用首先表现在减低风速的同时减少沙尘的含量(表5), 并能改变原有的风沙流结构(表6)。林网内各测点含沙量显著降低, 特别是对地表(0—10 cm)的含沙量减少得尤为显著; 一般地, 可减少地表沙尘80—90%。此外, 沙样的机械组成分析表明, 在林网内, 沙粒的粒径变小, 在II、III、IV和V号测点上, 粒径在0.05—0.01 mm的沙粒由原来的0.26%(指I号测点)分别提高到14.03%、9.05%、2.99%和3.44%; 粒径<0.01 mm的沙粒由原来0.03%分别提高到1.11%、0.79%、0.51%和0.21%。粉沙和物理性粘粒的增加, 提高了土壤的抗风蚀能力。

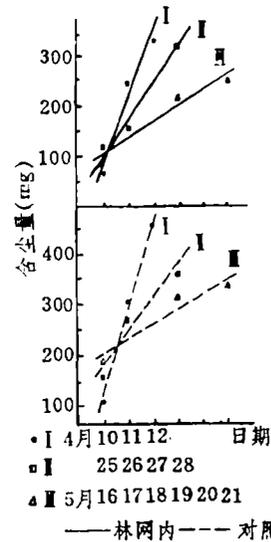


图4 林网内和对照的大气含尘量比较

表5 林网内各测点的平均风速和不同高度的含沙量 (单位: %)

测点		I(对照)	II	III	IV	V	VI
风速 (m/s)		6.2	4.4	4.4	5.1	5.2	5.5
观测高度 (cm)	0—10	100	0.57	0.36	2.74	6.81	41.65
	10—20	100	2.00	1.51	6.70	9.16	43.71
	20—30	100	2.80	1.50	4.90	4.94	33.51
	30—40	100	5.41	2.25	8.01	7.94	41.18
	40—50	100	7.75	5.36	8.84	16.58	68.18
	50—60	100	7.57	6.18	11.72	19.17	78.56

表 6 林网内各测点不同高度的含沙量 (单位: %)

测点 高度 (cm)	I 对照	I	II	IV	V	VI
0—10	76.62	32.90	32.55	56.20	70.12	74.67
10—20	9.45	14.31	17.01	16.94	11.63	9.66
20—30	6.05	12.83	10.85	7.94	4.03	4.75
30—40	3.49	14.31	9.83	7.49	3.72	3.36
40—50	2.47	14.50	15.84	5.32	5.50	3.98
50—60	1.94	11.15	14.37	6.11	5.00	3.58

2. 风沙流结构的变化 以往的研究表明: ①90%的含沙量集中在30cm以下, 其中分布于0—10cm高度范围内的沙量约占80%左右; ②在各种风速和沙量条件下, 沙量随高度呈指数递减^[8,9]。从表6来看, 在绿洲防护林体系的作用下, 改变了原有的风沙流结构(对照点); 风沙流结构的改变, 使得地表层本来已减少的沙量趋于均匀分布, 从而进一步地降低了地表沙尘对作物和苗木的危害。

3. 地表输沙量的动态变化 从表7可以看出, 林网内的沙尘量逐年减少, 说明随着绿洲防护林体系的日趋完善, 其防护效果在逐年增加。本试区的防护林体系内可降低沙量80—90%。

表 7 1985—1987年风速大于5m/s时各测点的含沙量 (单位: %)

年 份	测 点	风 速 (m/s)	高 度 (cm)					
			0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60
1986	I(对照)	8.1	100	100	100	100	100	100
	II	5.9	24.52	14.23	17.55	42.96	27.49	16.46
	III	6.2	36.12	28.53	33.98	29.44	35.37	57.50
	IV	6.4	45.55	36.21	21.41	29.29	41.46	30.96
1987	I(对照)	7.2	100	100	100	100	100	100
	II	5.8	6.69	9.59	13.13	28.14	31.86	33.40
	III	5.4	2.84	6.47	2.63	6.70	21.02	21.27
	IV	5.6	4.75	7.48	6.79	18.90	19.23	31.14
	V	6.0	12.27	16.89	13.84	21.99	72.57	43.89
	VI	6.6	10.65	16.76	20.12	37.23	70.97	100
1988	I(对照)	7.4	100	100	100	100	100	100
	II	5.0	0.23	0.65	0.50	0.80	2.24	1.51
	III	5.1	0.22	0.65	1.20	1.31	2.37	2.76
	IV	6.2	2.59	6.43	4.35	5.78	5.81	7.22
	V	6.2	6.74	7.70	2.95	5.13	5.88	13.59
	VI	6.5	43.22	48.23	36.35	41.81	68.47	71.68

四、结 论

1. 防护林体系的防护作用主要表现在: ①可降低大气浑浊度35—40%; ②能够减少40%的降尘量; ③林网内的沙尘输移量减少80—90%; ④改变了原有的风沙流结构, 迫使

已减少了的沙尘在垂直高度(0—60 cm)上再趋于均匀分布,减轻了风沙危害。

2. 就其本底值而言,本区的大气浑浊度系数已达到相当高的水平($\beta \geq 2.0$)。

参 考 文 献

- [1] Ångström, A., 1961, Techniques of determining the turbidity of the atmosphere, *Tellus*, 13, 214—223.
- [2] Flowers, E. C. et al., 1969, Atmospheric turbidity over the United States, 1961—1969, *J. Appl. Meteor.*, 8, 955—962.
- [3] Joseph, J. H. et al., 1973, Desert aerosols transported by khamsinic depressions and their climates, *J. Appl. Meteor.*, 12, 792—797.
- [4] G. W. 帕尔特里奇等, 1976(吕达仁等译, 1981), 气象学和气候学中的辐射过程, 科学出版社。
- [5] 周允华等, 1984, 北京地区大气浑浊度的测量和沙尘污染的初步研究, *环境科学*, 5(5): 50—54。
- [6] 毛节泰等, 1986, 大气透明度光谱和浑浊度的观测, *气象学报*, 41(2)。
- [7] 高尚武等, 1984, 治沙造林学, 中国林业出版社。
- [8] 吴正, 1987, 风沙地貌学, 科学出版社。
- [9] M. J. 柯克比等, 1980(王礼先等译, 1987), 土壤侵蚀, 水利电力出版社。
- [10] 陈静生等, 1984, 关于“外来尘”对北京大气质量影响的研究, *中国环境科学*, 4(1): 10—17。

STUDY ON EFFECTS OF SAND AND DUST CONTROL BY PROTECTION FOREST SYSTEM IN OASIS

Cheng Zhili Gao Shangwu
(The Research Institute of Forestry CAF)

Wang Zhigang
(Dengkou Experimental Bureau CAF)

Abstract The study was conducted to explore the sand and dust control effects by the protection forest system in Oasis from 1985 to 1987. The plot is located in the No. 2 Experimental Field of Dengkou Experimental Bureau in the Inner Mongolia Autonomous Region of the Chinese Academy of Forestry, which is in the northeastern fringe of Ulanbho Desert and in the transition zone between desert and steppe.

The results are as follows: 1. The Oasis Protection Forest System established in the No. 2 Experimental Field possesses great falling dust and sand-transporting control effects. 2. The main protective effects achieved within the networks of the protection forest are: (1) Ångström turbidity coefficient β is reduced by 35—40%; (2) the amount of falling dust is decreased by 40%; (3) the amount of drifting sand is reduced by 80—90%; (4) the original structure of sand drift is changed. 3. As regards to the value of background turbidity, Ångström turbidity coefficient β of the region has already amounted to a very great value ($\beta \geq 2.0$).

Key words protection forest system; structure of sand drift; atmospheric turbidity