

文章编号:1000-694X(2001)04-0322-06

中国北方沙尘暴现状及对策

王涛, 陈广庭, 钱正安, 杨根生, 屈建军, 李栋梁

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 中国北方主要包括: 甘肃河西走廊及内蒙阿拉善盟; 新疆塔克拉玛干沙漠周边地区; 内蒙阴山北坡及浑善达克沙地毗邻地区和蒙陕宁长城沿线四个主要沙尘暴中心和源区。我国沙尘暴从20世纪50年代以来呈波动减少之势, 90年代在减少中有回升, 2000年和2001年更是急剧增加, 预示着新一轮沙尘暴活跃期已经开始。生态环境恶化和气象条件的变化是我国北方沙尘暴增多的原因。目前人类控制天气的能力还很有限, 减缓沙尘暴灾害频率与强度的关键在于搞好地面的生态保护与建设。坚持“预防为主、保护优先、防治并重”的生态保护与建设方针; 建立和完善生态保护区的法规和政策体系, 停止导致生态环境继续恶化的一切生产活动, 对于超出生态承载能力的地区可以采取一定的生态移民措施。

关键词: 中国北方; 沙尘暴; 源区; 发展趋势; 生态环境

中图分类号: P445.4 文献标识码: A

2000年我国北方地区连续出现10余次沙尘暴、扬沙和浮尘天气, 给交通运输、人民生活环境带来了不利的影响。世纪之交(2000年1月31日和2001年元月1日)甘肃省河西走廊又出现强沙尘暴, 兰州市出现浮尘, 并影响到北京。今年3月底以前, 甘肃河西走廊和内蒙西部已出现沙尘天气9次之多。3月中旬, 南京市也出现沙尘天气, 引起人们的恐慌。为此, 国家环境保护总局委托中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、植物研究所派出专家, 并与中央电视台记者合作, 分兵两路, 分别对甘肃河西走廊、阿拉善高原强沙尘暴区和内蒙古中部北京沙尘天气的尘源区作“探索沙尘暴”科学考察。本次考察的目的是探索近期我国沙尘暴频频发生的原因, 追寻沙尘暴的源区, 提出减轻沙尘暴危害的对策。

1 沙尘暴出现的特征

根据沙尘暴发生频率、强度、沙尘物质组成与分布、生态现状、土壤水分含量、水土利用方式和强度, 结合区域环境背景将中国北方划分出四个主要沙尘暴中心和源区: ①甘肃河西走廊及内蒙阿拉善盟; ②新疆塔克拉玛干沙漠周边地区; ③内蒙阴山北坡及浑善达克沙地毗邻地区; ④蒙陕宁长城沿线。上述沙尘暴多发地区的沙尘也常随西风和西北气流输移到华北及长江中下游, 形成沙尘天气。

沙尘暴的发生一般需要强劲的风力、丰富的沙尘源和不稳定的空气层结三个条件。裸露地表富有松散、干燥的沙尘是沙尘暴形成的物质基础; 足够强劲持久的风力和不稳定的空气层结是沙尘暴形成的必要气象动力和热力条件。

沙尘暴多发生在春季的3~5月, 以午后为多, 其伸展高度一般为1 000~2 500 m, 严重时可达2 500~3 200 m。

上述源区是生态保护、防沙治沙、沙尘暴监测和预测的重点地区。春季和午后应是监测和预测的重点季节和时段。

2 沙尘暴发展的趋势

人们更关心沙尘暴过去的变化和未来的趋势。总体说来, 我国沙尘暴从20世纪50年代以来呈波动减少之势, 其中60年代和70年代略有上升, 80至90年代在减少中有回升(图1); 2000年更是急剧增加, 强或特强沙尘暴达到9次之多, 为近50 a之最; 截止3月底, 2001年已出现两次强沙尘暴过程。这些现象可能预示着新一轮沙尘暴活跃期已经开始。

(1)河西走廊和阿拉善高原生态环境严重恶化。建国50 a来, 干枯的湖泊超过500 km²。1982年东居延海水深1.8 m, 大天鹅湖1.5 m。现已干枯, 湖心及周围已被流沙覆盖。干枯湖泊周围湿地已形成半

收稿日期: 2000-11-20; 改回日期: 2001-03-15

基金项目:《国家重点基础研究发展计划》“中国北方沙漠化过程及其防治研究”项目(G20000487)资助

作者简介: 王涛(1959—), 男(汉族), 上海市人, 研究员, 博士生导师, 《国家重点基础研究发展计划》“中国北方沙漠化过程及其防治研究”项目(G20000487)首席科学家, 主要从事沙漠及沙漠化研究。

裸露灌从沙堆。6 000 km²干旱湖盆周围的沙地梭梭林,因地下水位下降,大片死亡。如拐子湖、古日乃湖附近,1982 年时梭梭林存活率 12%~17%,现

已濒临全部死亡。黑河流域下游额济纳三角洲 1982 年尚存大片湿地,现因河流断流干枯,胡杨、红柳成片死亡。

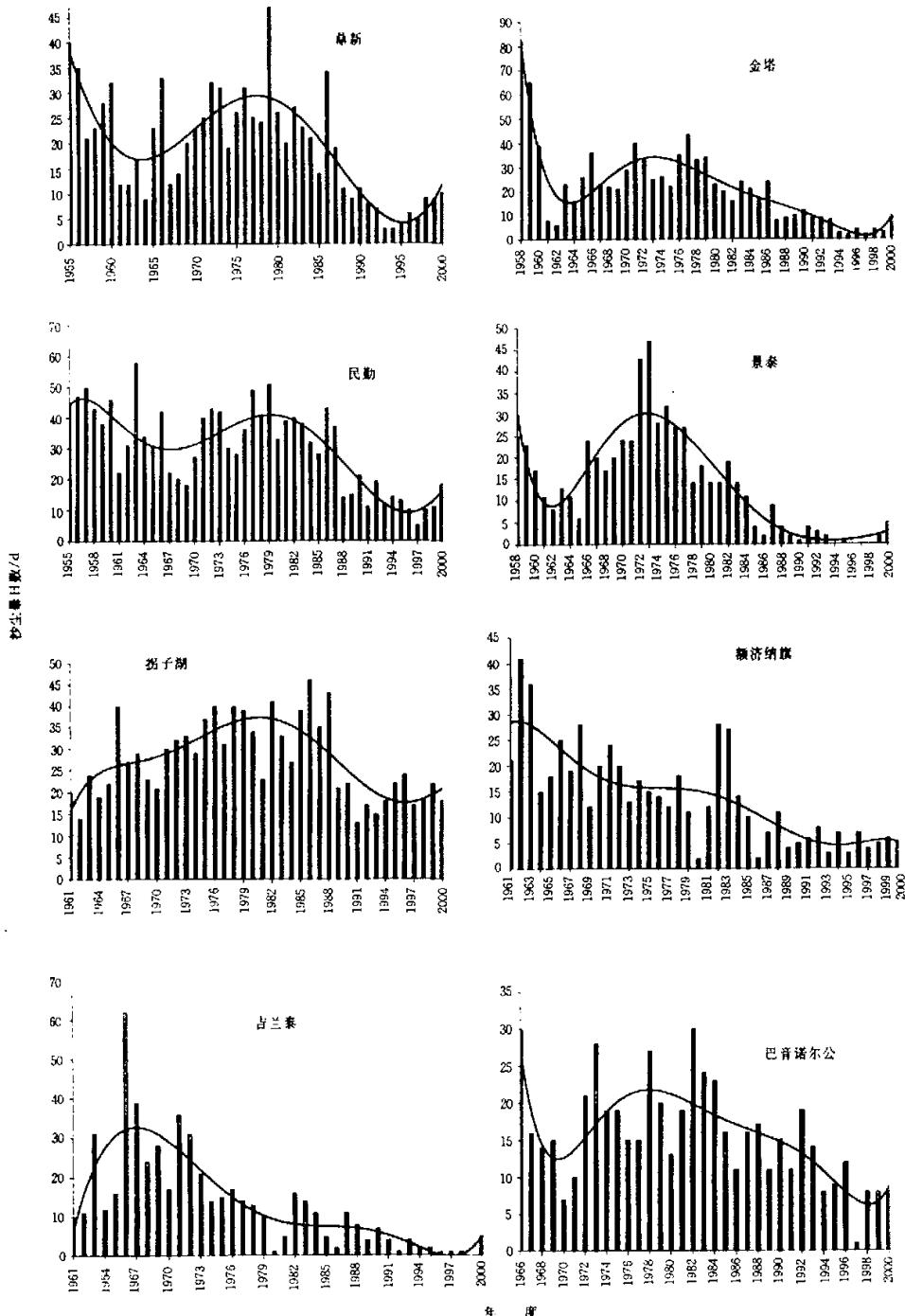


图 1 河西走廊—阿拉善盟沙尘暴日数年际变化

Fig. 1 Yearly variation of dust storm days in Hexi Corridor and Alxa League

(2) 东部农牧交错带的生态恶化。内蒙古高原在历史上为草原牧区。一个世纪以来人口剧增, 草原开垦面积不断扩大, 遂变成农牧交错区。滥垦、过牧、滥樵, 大面积剥掉了草原植被。坦荡的高原具有冬春季干旱与大风同期、地表物质疏松等潜在沙漠化自然因素, 在人为不合理经济活动诱发下加重了土地沙漠化。

土壤风蚀使表土有机质被连续吹失, 造成土壤肥力严重下降。阴山北坡内蒙古乌盟 7 旗县旱作耕地每年吹蚀表土 1 cm 的土地达 32 万 hm², 吹失有机质 840.48 t、氮素 54 096 t, 物理性粘粒 830 万 t。由于连续严重风蚀, 开垦 50 a 左右的耕地已呈现砾石遍地、片状流沙堆积、灌丛沙堆密布的严重沙漠化耕地。沙尘物质随西北风进入华北, 污染首都北京的环境。

沙尘暴频频发生是生态环境恶化的标志之一。我国沙漠、戈壁和沙漠化土地面积已达 165.3 万 km², 并正以 2 460 km²·a⁻¹ 的速度发展。土地沙漠化东西部有很大的差别。以贺兰山为界, 以西受西北干旱气候控制, 缺少降雨, 土地利用为绿洲灌溉农业区。沙漠化的因素和表现形式主要是水资源调配不当, 下游农耕地因缺水撂荒或沙漠与绿洲过渡带的盲目开垦、樵采过牧引起, 或草场因地表水枯竭、地下水位下降天然植被死亡, 风蚀量增大(表 1、表 2)。东部受东亚季风的影响, 夏秋有一定量的降水, 沙漠化主要发生在农牧交错带, 冬春干旱季节, 由滥垦、草场严重超载过牧退化、樵采引起, 以农耕地土壤沙化、砾质化、灌丛沙漠化和沙地活化为主要形式。

从表 1 和表 2 可见, 土壤风蚀率随植被盖度的减少呈指数关系增加。当植被盖度大于 60% 时为轻微风蚀或无风蚀; 20%~60% 时为中度风蚀; 小于 20% 时为强度风蚀。水分条件差, 易起沙尘。土壤含水量越大, 土壤颗粒的启动风速越大, 土壤抵抗风蚀的能力越强, 即, 启动沙尘的临界风速随含水率的增加呈线性增大。人为扰动可以使土壤风蚀量增大近 10 倍。

从气象条件看, 20 世纪 70 年代末期后, 冬季东亚大气环流出现突变, 高空东亚大槽偏东偏弱, 致使沙尘暴源区冬春季风速减小, 再加上 20 世纪 80 年代中期后厄尔尼诺事件盛行, 所以 20 世纪 80~90 年代沙尘暴次数偏少; 以后因东亚大槽逐渐回复到正常偏强状态, 使风速加强, 同时 1999—2000 年已转为拉尼娜年, 因此 2000 年沙尘暴急剧增加, 另外

内蒙、南疆及河西等地沙尘暴年代际频数的增减和雨量减增也有较好联系。

表 1 不同植被覆盖度与土壤风蚀量的关系

Tab. 1 Relation between amount of soil wind erosion and different plant coverage

植被 盖度 /%	风蚀临 界风速/ (m· s ⁻¹)	试样 面积/ cm ²	风速 /(m· s ⁻¹)	风蚀 量/ kg	风蚀模数	
					1*	2**
69.7	10.23	28×25	14.0	0.14	0.020	120.0
			21.6	0.49	0.070	420.0
			24.0	0.82	0.117	702.0
			14.4	0.25	0.050	300.0
			19.6	0.88	0.176	1056.0
			22.4	0.90	0.180	1080.0
58.5	8.70	20×25	23.6	2.28	0.456	2736.0
			10.2	0.07	0.008	48.0
			16.7	0.87	0.095	570.0
			20.6	1.95	0.214	1284.0
			24.4	4.93	0.540	3240.0
			10.6	0.43	0.050	300.0
27.4	8.27	36.5×25	15.5	1.77	0.208	1248.0
			21.5	2.36	0.278	1668.0
			24.9	4.56	0.538	3228.0

注: * 为 g·cm⁻¹·min⁻¹; ** 为 t·hm⁻²·h⁻¹

表 2 不同风速下风蚀率与土壤含水率的关系

Tab. 2 Relation between wind erosion rate and soil water content under different wind velocity

土壤含水 率/%	不同风速条件下的风蚀率/(g·min ⁻¹)			
	10 m·s ⁻¹	15 m·s ⁻¹	20 m·s ⁻¹	25 m·s ⁻¹
2.67	73.04	761.96	1582.23	2480.00
4.14	66.19	210.86	881.32	1568.69
5.20	24.72	145.82	239.42	390.59
5.69	12.94	81.86	107.03	280.42
6.20	0.10	52.03	172.26	244.04
7.13	0.00	27.79	53.53	158.47
7.87	0.00	10.45	47.06	133.92
8.18	0.00	8.76	42.65	90.26
9.52	0.00	5.01	22.83	50.06

综合考虑到中国北方近期生态环境恶化的势头还未得到遏制; 全球增温会使地表解冻期提前; 内蒙中部及西北区东部的干旱还无明显减缓迹象, 但河西西部及南疆前 10 a 偏湿的势头倒有减弱之势; 再考虑到目前已经出现新一轮沙尘暴活跃的迹象, 所以未来沙尘暴可能将处于活跃期。

3 北京沙尘天气

近年北京出现的沙尘天气多为扬沙和浮尘, 少

见的沙尘暴强度也较弱,例如,2000年4月6日出现的当年最强沙尘天气,最大风速 $14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,最低能见度500m,属一般性弱沙尘暴。

据统计,1971—1998年出现扬沙次数355次、浮尘111次、沙尘暴25次,分别占74%、21%、5%。解放后,从20世纪50年代到90年代中前期北京的沙尘天气在波动中逐年减少,大风较多的20世纪70年代也是如此,出现了“有风无沙”现象。但从1998年起,沙尘天气明显回升,2000年出现12次,接近20世纪60年代(1995年12次、1966年20次)水平。

应用各县沙尘天气统计资料,把北京的沙尘天气划分为扬沙、浮尘、扬沙—浮尘、大风—浮尘、沙尘暴5种类型。扬沙型:扬沙占50%以上,浮尘在25%以下,分布在永定河流域,代表站有大兴站、北京市气象台和丰台站;浮尘型:风沙多于大风,浮尘占60%,扬沙只占20%~30%,代表站有平谷、房山站;扬沙—浮尘型:扬沙不足50%,浮尘>30%,代表站有顺义站;大风—浮尘型:大风高于风沙日4~5倍,风沙日以浮尘占50%以上、浮尘在25%~40%之间,这些站多分布在“风廊”地区,代表站有昌平、怀柔、密云站;沙尘暴型:大风和沙尘暴多,沙尘暴占风沙日的45%,延庆为代表站。类型分异与台站所处地理位置息息相关。

综合各台站风沙天气类型,地球化学、重矿物等分析追踪结果和典型沙尘天气过程气象云图显示,得出北京沙尘物质来源的结论:扬沙为就地起沙,永定、潮白、御河古沙土沉积和城市建设弃土为主要沙尘来源;沙尘暴及浮尘物质主要来自上风向沙尘暴多发区,内蒙古高原阴山北坡及浑善达克沙地南缘农牧交错带旱作农耕地和退化草原是沙尘物质的最主要提供者。

受地理位置和地形制约,上风向沙尘进入北京有三个主要通道,俗称“风口”,它们是关沟、潮白河和永定河河谷(或谷地)。

历史上北京也曾出现过强沙尘暴肆虐的天气,最早的沙尘暴记录出现在公元440年(北魏太平真君元年),15世纪中叶到17世纪中后期(明代中后期到清代前期)是北京平原沙尘暴最多发、强度最大的时期,并且,沙尘暴和持续的旱灾加速了明王朝的灭亡。从北京沙尘暴发展历史可以总结出两条结论:①北京沙尘暴出现在周围大规模开垦土地后若干年(约30年左右);②沙尘暴在干冷的气候条件下最为猖獗。

4 减轻沙尘暴的策略和措施

20世纪初美国大规模开发西部土地,导致30年代震惊世界的“黑风暴”;60年代,前苏联开垦哈萨克斯坦卡拉库姆荒漠周围土地同样出现强烈的沙尘暴。美国20世纪30年代以后,对西部的建设和改造中大力调整农业种植结构,采取不同成熟期和不同播种期作物间作、套种和作物留茬,大力推行免耕法及改革农机具等一套行之有效的方法;前苏联20世纪60年代以后,对中亚的建设和改造中重视兴修水利工程、大力建设农田防护林网都收到了比较好的效果。为世界提供了两种不同的防治沙尘暴技术模式——简称农业措施(美国)和林业措施(前苏联)。我们应吸取世界其它沙尘暴多发地区的成功经验,制订适合我国国情的防沙治沙、恢复生态策略和方针。

沙尘暴是由天气过程和地面过程共同作用的产物。但是目前人类控制天气的能力还很有限,减缓沙尘暴灾害频度与强度的关键在于搞好地面的生态保护与建设。坚持“预防为主、保护优先、防治并重”的生态保护与建设方针;建立和完善生态保护的法规和政策体系,停止导致生态环境继续恶化的一切生产活动,对于超出生态承载能力的地区要采取一定的生态移民措施。

(1) 尽快确定旱作农业区的北界,作为实施“退耕”的标准。在全国农业区划的基础上,结合沙漠化土地分布特征和沙尘物质分布状况划出(图2)。

(2) 尽快编制各地区的“退耕还林还草”规划,科学地实施退耕还林还草举措。遵循生物气候带的原则,依据立地条件确定乔、灌、草种类和具体植物种,应以乡土植物种为主,在沙尘源区增加灌木和半灌木组分。

(3) 合理调配流域水资源。针对内陆河流域水资源利用不当引起的下游生态问题,利用经济杠杆,在上中游强制性地推行节水灌溉,提高水资源的利用率,保护和恢复内陆河下游生态环境。

20世纪50年代,石羊河每年流入民勤的水量为5.73亿 m^3 ;20世纪60年代为4.45亿 m^3 ;20世纪70年代3.22亿 m^3 ;目前削减到1.20亿 m^3 ,建成第三期景电提水工程后,从黄河仅调水0.7亿 m^3 ,仍未恢复到20世纪50年代的1/3,为了维持剩余土地生产,转而开采地下水,引起地下水位的大幅度下降,20世纪70年代地下水位比20世纪50年代下降3~5m;现在仍以每年0.4m下降。地下水

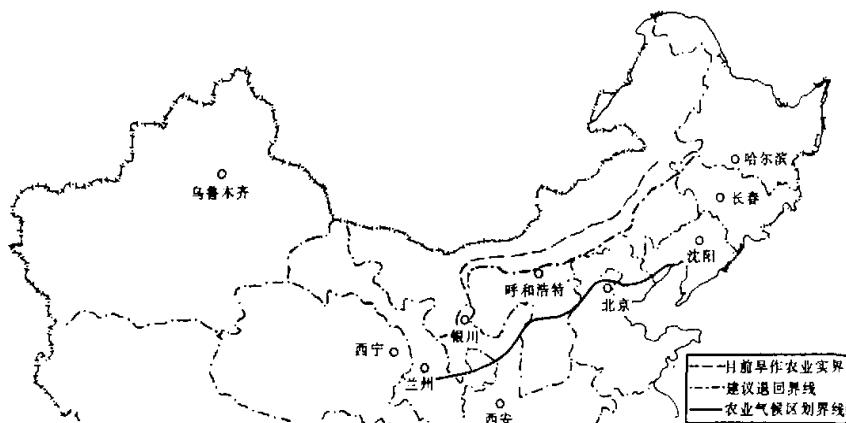


图 2 华北旱作农业界线

Fig. 2 The boundary of arid culture in North China

位的大幅度下降,引起防风固沙梭梭林和沙枣林大片死亡。20世纪60年代栽种的 $1.33 \text{ 万 } \text{hm}^2$ 沙枣,除了河流两岸和农田附近之外,现已死亡和半死亡90%。原已固定的沙丘开始移动,对民勤县城和农田构成极大威胁。

黑河是我国西北干旱区较大的内陆河,其境内正义峡分水站20世纪50年代每年给下游分水 $12.06 \text{ 亿 } \text{m}^3$,20世纪60年代缩减为 $10.35 \text{ 亿 } \text{m}^3$,1985年仅 $7.9 \text{ 亿 } \text{m}^3$,已无河水供给下游。下游额济纳旗居延海绿洲生态环境严重恶化,东、西居延海已干涸,大小湖沼竭泽,天然林草面积锐减,土地沙漠化严重发展,沙尘暴频繁。

(4) 善待沙漠、慎重移民。严格控制沙漠开发,尽快在沙漠边缘过渡带、干湖盆、内陆河下游建立封育区和省级、国家级自然保护区。

大沙漠地区沙丘沙粒度经反复分选,粉尘颗粒较少,仅有2%~5%,为此风沙活动仅对沙漠及附近有一定危害,它对输移较远的尘暴物质的作用相对较少。对下游区尘暴影响,比起沙漠周围隔离带、旱耕地、草原区粉尘物质作用偏低。显而易见,直接危害轻。同时沙漠区雨量都在100 mm以下,在目前自然条件和社会条件下,还谈不到治理问题。治理沙漠,也必然要破坏周边隔离带,会影响到微妙的生态平衡。从整体上讲,没有必要加以治理。而且这些沙漠的周边地带或多或少还有稀疏不等的沙生灌丛和灌丛沙堆,成为沙漠与周边环境的隔离带。所谓沙漠的扩展,实际上是破坏沙漠周边自然植被隔离带的恶果。

沙漠周边隔离带多为固定、半固定沙丘,距地面

2 m高度的风速比流动沙丘和裸露的风蚀地相比降低50%左右。破坏后的隔离带,断面风沙流携带的沙量达 $14 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$,而未破坏隔离带仅为 $0.714 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$,二者相差20倍。

隔离带封育,建立自然保护区后自然面貌迅速改观。如额济纳旗八道桥自然保护区封育后林木密度大,幼苗成林快,一株大茎级的老龄树,周围根蘖繁殖的有效面积可达 0.15 hm^2 ,封育当年萌生的幼苗多达134株,封育6 a就郁闭成林。封育前胡杨残次林乔、灌、草三层植被总盖度在20%以下,产草量不足 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,封育6 a后,植被总覆盖度达到70%~95%,胡杨的鲜叶和嫩叶生物量5.1万 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,林下草本植物的生物量1.5万 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,绿洲外围封育区,封育20 a,植被盖度由15%提高到40%~50%。

(5) 保护、完善、巩固、提高绿洲防护林体系。绿洲内部的农田防护林需要结合防沙、治沙工程进一步完善提高。在防沙阻沙林外缘划定300~500 m宽的封沙育草带,严禁放牧樵采。每年适当引洪灌溉丘间低地以促进自然植被的恢复。

另外,绿洲防护林多为过熟林,应经严格审批和在有效监督下,有计划、有步骤地进行更新。

(6) 改革耕作制度,提高冬春季农田覆被率,革新农机具,发展阳光大棚、温室等高科技农业。中央提出的天保、退耕还林还草、防沙治沙工程就是减缓沙尘暴的重大决策。

充分利用风能、太阳能,解决农村、牧区薪柴燃料,发挥农牧民积极性和中央政策扶持结合,发展经济,提高沙区群众生活是停止生态破坏的关键。

(7) 大力提倡舍饲和棚圈牧业,围封草场和加快飞播治沙,限制牲畜数量,使草原得到休生养息,并辅以抚育措施,恢复草原生态环境。

(8) 强化沙尘暴的科学的研究,加强沙尘暴源区监测网的建设,掌握沙尘暴发生发展的机制和规律,做到对沙尘暴的预警预报,减轻沙尘暴灾害的损失。

Situation of Sand-dust Storms and Countermeasures in North China

WANG Tao, CHEN Guang-ting, QIAN Zheng-an, YANG Gen-shen,
QU Jian-jun, LI Dong-liang

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: There are four sand-dust storm center and origin regions in North China: (1) Hexi Corridor in Gansu Province and Alxa League in Inner Mongolia; (2) Taklimakan Desert and its surroundings in south of Xinjiang Autonomous Region; (3) North slope of Yingsan Mountain in Inner Mongolia and Otingdag Sandy Land and its nearby regions; (4) along the Great Wall in Inner Mongolia, Shanxi Province and Ningxia Hui Autonomous Region. In 20th century, the occurrence of dust storm has decreasing tendency with fluctuation since 1950s and little increase in 1990s. In 2000 and 2001 it increased greatly and the time is predicted as the begin of new-round dust storm period. The deterioration of ecological environment and variations of meteorological conditions are the reasons to cause increasing of dust storm. At present, human being have limit ability to control weather, and the key to reduce the frequency and intensity of dust storm is to protect and reconstruct ecological environment; to persist the ecological protection and construction policy of prevention as major, protection as priority, prevention and controlling as same important; to construct and complete law regulation and policy system; to stop any productive action causing severe deterioration of ecological environment; and to take certain ecological emigrating measures for over-loading ecological bearing ability region.

Key words: North China; sand-dust storm; source region; developing tendency; ecological environment