

文章编号:1000-694X(2007)01-0110-07

沙尘暴生态效应与防治的探讨

娜仁花¹, 高润宏^{2*}, 张明铁¹

(1. 内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古农业大学林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要: 沙尘暴是一种在特定时空条件下发生的自然现象, 由于人类的过度干扰, 对沙尘暴发生的频率和强度产生了诱导作用和富集影响, 从而使人们对沙尘暴的危害出现“谈暴色变”的反应。但当沙尘暴在带来危害的同时, 也对全球和区域环境产生重要的生态影响, 表现为: 促进全球生态系统中生物地球化学循环、重新分配和平衡地球生态系统的生产力、改善大气环境、促进生物繁殖体扩散、促进生态系统演替。所以对沙尘暴的关注, 不仅要研究其对沙源区、途经区的危害, 同时也应加强以下几方面的研究: 沙尘暴对生态系统能流、物流和信息流影响; 沙尘暴对植被恢复、农作物的后续影响及区域小气候的影响; 沙尘暴单源污染与具有污染源城市的双重污染的富集作用; 沙尘暴危害与发生频率的平衡点, 经济损失与生态影响的平衡点。由此, 对沙尘暴这一自然现象, 我们应赋予科学的态度, 从而理性地进行针对沙尘暴来源地的生态治理, 做到可为、可不为的生态修复行为。

关键词: 沙尘暴; 生态效应; 沙漠治理; 理性行为

中图分类号: P445.4

文献标识码: A

沙尘暴在 20 世纪末 21 世纪初与全球环境变化、生物多样性成为备受关注的环境问题之一, 从世界各国政府、研究机构到广大民众无不谈“暴”色变, 从而掀起针对沙尘暴治理和消除的高潮, 启动大量的针对沙尘暴的生态工程。一些工程和措施对预防和削弱沙尘暴起到了重要作用, 如京津风沙源治理工程、三北防护林四期、退耕(牧)还林(草)、天然林保护工程。相反由于对沙尘暴认识上的误区和不合理的行为, 一些启动的生态工程却对当地原生生态环境产生了加速衰退和破坏的消极影响, 如典型草原大面积造林不仅没有遏制草原退化消除沙源还破坏了草原的原生植被^[1-3]。

自然灾害的发生有其突发性、偶然性, 也有其规律性和普遍性的特点, 沙尘暴发生的起源、过程、后果和效应具有规律性和普遍性, 是一种规律性的自然现象^[1-2,4-5]。加强对这种自然现象的认识, 对于我们理性地进行生态保护、环境改善和减少不必要的生态投资具有重要意义, 避免出现人定胜天的过激行为和由此导致生态衰退的不可逆过程。

通过对中国期刊全文数据库 1994—2005 年的沙尘暴检索, 在全部涉及沙尘暴关键词的 1 704 篇相关文献中, 只有 7 篇是关于沙尘暴对物质循环和环境改善的研究, 1 篇是关于沙尘暴的生态效益的研究。

目前关于沙尘暴的研究在我国主要集中于沙尘暴的危害、沙尘暴的气象学、沙尘暴的物理成分、沙尘暴发生的起源和迁移途径等方面, 而对沙尘暴发生的生态学机理、生态学效应相关研究较少。

国外在 20 世纪 20 年代初 Hankin^[6-7] 首先对印度的 Andhi 型沙尘暴的上升和下沉气流进行了分析。在此之后, Idso^[8] 和 Jeseeph^[9] 先后对沙尘暴的气候特征、沙尘暴与雷暴中湿度场的差异等做了多方面的研究。20 世纪 80 年代以来 Brazel^[10] 对发生于美国亚利桑那州的沙尘暴天气类型作了详细分析, 研究更深入一步。近年来 Thomas^[11] 又对 1999 年发生在美国中南部的沙尘暴进行了防治措施的研究。而大多数研究集中于沙尘暴的成分分析、气象分析、类型分析、成因和防治等方面^[6-12], 对沙尘暴生态效应的研究甚少。

所以加强生态效应与科学治理方面的研究工作, 对于正确认识沙尘暴、界定沙尘暴的防治目标和范围具有重要的理论意义。

1 沙尘暴研究与认识的误区

沙尘暴(sand-dust storm)是沙暴(sand storm)和尘暴(dust storm)两者兼有的总称, 是指强风把地面大量沙尘卷入空中, 使空气特别混浊, 水平能见度低于 1 km 的天气现象。其中沙暴系指大风把大

收稿日期: 2005-09-08; 改回日期: 2006-01-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(30360010); 内蒙古基金项目(200408020520)共同资助

作者简介: 娜仁花(1980—), 女(蒙古族), 内蒙古人, 硕士生, 从事生物多样性保护与生态恢复研究。E-mail: narenhua_622@126.com

* 通讯作者: 高润宏(E-mail: grhzw@vip.sina.com)

量沙粒吹入近地面气层所形成的携沙风暴；尘暴则是大风把大量尘埃及其他细粒物质卷入高空所形成的风暴^[13]。

据研究^[14-16]，沙尘暴的形成有 3 个基本条件：一是大风，这是形成沙尘暴的动力条件；二是地面上的沙尘物质，它是沙尘暴的物质基础；三是不稳定的空气状态，这是重要的局地热力条件。

沙尘暴并非中国特有，全世界有四大沙尘暴多发区，分别位于中亚、北美、中非和澳大利亚^[13,17]。

据对深海岩心和冰盖沉积物的测定，早在白垩纪末(7 000 万 aBP)，就有风沙尘暴出现。在漫长的地质历史中沙尘暴显示出周期性变化，它与地质时期气候变化和地面沙尘物质的消长有关，遇气候暖湿时期，地面植被生长茂密，生态环境条件好，沙尘暴发生频率低；反之，在冷干气候时期，则沙尘暴发生频率高^[16-17]。

根据沙尘暴发生的时间、地区和频率，说明它是一种具有普遍性和规律性的自然现象，沙尘暴不是今天出现的产物，而是自然界长期演化而来的结果。人类虽然可以在减轻其危害方面有所作为，但不能彻底根治。它的发生有其特定的环境条件和气候要求，这是不以人类的意志为转移的。

目前对沙尘暴的定位和界定偏重于人类过度活动的结果是片面的^[18-20]，甚至人类称之为：“荒漠杀手”、“人类劲敌”、“黑色杀手”、“陆地杀手”，从而在行为上开展了针对防治沙尘暴的大规模生态建设工程，忽视了自然规律和自然条件^[18]，造成了新一轮的生态干扰，从研究领域和内容上多偏重于沙尘暴的危害和防治^[21-22]。

人为因素与沙尘暴存在辩证的关系。沙尘暴是一种自然气候现象。并非是有人类以后才出现的，沙尘暴有它存在的合理性和必要性，但人类不合理的活动加速了沙尘暴的发展，破坏了沙尘暴的正常循环路径和强度。也就是说人为因素干扰的出现使沙尘暴发展成了一种灾害^[20]。

由中国沙尘暴多发地的西北地区，从 20 世纪的沙尘暴发生规律可以看出，中国的沙尘暴次数随年代的增加而发生的次数在增加，但具有沙尘暴发源地之称的民勤和田地区其沙尘暴次数却有减弱的趋势(见表 1)。这进一步反映了沙尘暴的发生需要一定的气候和地域条件，是一种自然现象，它具有规律性、普遍性，而不是偶然的和突发的。

表 2 表明，除朱日和、兴海两地外，其他地方总沙尘暴日数在 20 世纪随年代发展，具有减少的趋

表 1 民勤、和田和全国沙尘暴发生次数年代统计

Tab. 1 Decadal sand-dust storm times happened in Minqin, Hetian and China			
20 世纪/年代	全国/次	民勤/次	和田/次
50	5	11	10
60	8	10	8
70	13	13	14
80	14	8	5
90	23	7	4

资料来源：陈志清(2000)^[15]、周自江(2002)^[21]。

表 2 15 个代表站不同年代的平均年总沙尘暴日数

Tab. 2 Annual mean sand-dust storm days during different decades at the 15 typical stations					
代表站	1954— 1960	1961— 1970	1971— 1980	1981— 1990	1991— 2000
北京	4.1	4.6	1.4	0.7	0.4
朱日和	2.9	8.0	8.9	8.3	7.4
呼和浩特	13.9	7.8	4.8	1.1	1.7
赤峰	12.4	5.4	4.4	0.7	0.8
额济纳	29	20.5	13.7	12	5.4
榆林	18.4	11.5	13.6	5.7	1
银川	16.1	2.8	7.0	6.7	1.9
西宁	12.6	6.5	6.2	0.2	0.3
兴海	7	2	2.5	13.8	16.8
兰州	8.6	1.3	3.2	0.6	0.1
张掖	18.6	21.6	20.3	10.8	4.3
民勤	44.3	30.5	39.3	30.7	12
乌鲁木齐	3.9	4.8	6.4	1.9	0.3
哈密	15.6	9.9	8.5	5.1	0.4
和田	36.1	32.5	31.0	26	14.3

资料来源：周自江(2002)^[21]

势。但目前沙尘暴在受影响城市中有加强的趋势，这是否说明城市的扩展、城镇周边建设与开发，已造成了原生地表环境的破坏；加之污染、城市热岛效应和风的冷锋相互作用，不可避免地产生浮尘天气，从而造成沙尘暴在输送与迁移途中加剧。这种人类过度的干扰是否诱导沙尘暴发生的突发性和偶然性，乃至出现目前沙尘暴发生的次数和强度增加，值得进一步研究。

加强沙尘暴与受害城市生态关系的研究，正确处理城市建设中的规模和建设方式的问题，降低沙尘暴对途经城市造成的损失，这方面的研究应是人类反醒和思考的内容。

2 沙尘暴的生态功能

沙尘暴既然是一种自然现象,它在带来破坏性后果的同时,对全球生态或区域生态也将产生重要的作用。祝廷成等认为沙尘暴具有中和酸雨、提供矿质营养、缓减温室效应、太阳伞效应和净化空气的功能^[18]。在前人大量研究基础上,本文进一步补充如下。

2.1 促进全球生态系统中的生物地球化学循环

物质循环是生态系统的存在和维系的根本,地球生态系统中的物质是通过水分循环,气体循环,沉积循环实现的^[20,23],它的基本动力和流应分别是水流、风流和生物流。基本动力随水系和海洋进行循环,这是以水为媒介进行物质循环的动力途径;生物通过自身的新陈代谢、扩散、迁移和搬运实现与环境的物质循环,表现为“源”与“汇”的物质交换;其中沙尘暴作为风流重要途径与媒介物沙粒、浮尘构成沙尘暴流,同样具有输送物质的功能,在全球生态系统物质循环中具有不可替代的作用^[24]。

撒哈拉及其周围干旱区是全球四大沙暴区之一,其沙尘可由热带东风气流的携带,越过大西洋,输送到美洲大陆。Swap^[22,25]的研究结果表明:撒哈拉的沙尘可输送到巴西亚马逊平原,一次撒哈拉的强沙尘暴过程可有约 4.8×10^5 t 尘埃输送到亚马孙平原东北部,年输送沉降量达 1.3×10^7 t,相当于每

年沉降 $190 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。Ellis^[17,26]通过对拉丁美洲巴巴多斯 $4 \mu\text{m}$ 气溶胶中铝元素的分析结果表明:约 55% 铝粒子样品来自于北非地区。Franzen^[27]对 1991 年 3 月在欧洲的中部和南部以及斯堪的纳维亚北部,来自于撒哈拉沙尘暴过程的分析结果表明:撒哈拉沙尘可输送沉降在德国北部地区,此次尘暴过程的涉及面积至少为 $3.2 \times 10^5 \text{ km}^2$,仅在上述区域的降尘量估计接近 $5.0 \times 10^4 \text{ t}$ 。

2.2 重新分配和平衡地球生态系统的生产力

强大的高频率的沙尘暴将对陆地和海洋生态系统生产力的转换起到重要作用,在沙尘暴中携带大量的 TSP^[28] (Al、Fe、Mn、Na、S、Sc、Cu、Ni、Pb),其中, S 和 Fe 在海洋生产力转换中具有重要地位,二者形成的正循环反馈是海洋生产力不断持续的关键。

图 1 表明了庄国顺对沙尘暴气溶胶的研究结果^[28]。既从我国大陆上空通过沙尘暴远距离输送到太平洋的地壳源及人为源的气溶胶中对海洋表层生物有决定意义的 Fe(II) 增加,海洋浮游生物随之增加,浮游生物的增加使得 DMS(二甲基硫)增加, DMS 增加导致海洋大气中硫酸盐气溶胶的增加,它又促使生物所需的 Fe(II) 增加,同时也使海洋生物对 CO_2 吸收随之增加,促进了全球硫、铁和碳的物质循环,改变着全球生态系统的生产力,同时也影响着全球气候变化。

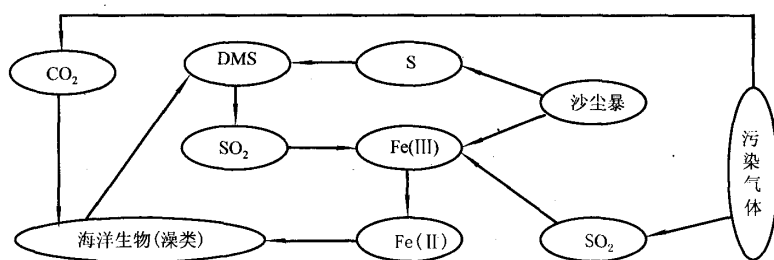


图 1 沙尘暴中 MSA 与海洋生产力的正反馈关系

Fig. 1 Positive feedback of MSA from sand-dust storm on ocean productivity

2.3 改善大气环境

由于沙尘暴是在一定气候条件下形成的,那么它的发生和发展同样对大气环境产生影响,具体表现在以下方面。

2.3.1 降温增湿,中和酸雨、缓减温室效应

Joseph 对印度西北部“Anghi”型对流沙尘暴的研究结果表明^[9]:当强沙尘暴过境时,能见度由 3

km 迅速降至 200 m,甚至近 100 m,风速可由 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 骤增至近 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,增大 4 倍多;气温降低 5°C 左右,相对湿度增加 10% 以上。在 1976 年 5 月 20 日的一次沙尘暴过程中,印度的德里机场在 2 min 左右的时间内,能见度由 4 000 m 以上骤减到 280 m;温度从 38°C 迅速降到 25°C ,相对湿度从 31% 快速上升到 70%,风速达到 $7.380 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

沙尘暴天气过程中所产生的沙尘气溶胶可随大

气环流输送到较远的地方去,对那里的天气和气候产生影响。据有关研究^[29]表明:来自中国西北地区的黄沙粒子到达日本后将作为日本上空过冷却云中凝结核的主要部分,对日本的降水起着重要作用;又加之黄沙冰晶核呈碱性,它对防止日本酸雨的产生起着积极的中和作用^[23,30]。同时沙尘暴中携带的Fe(Ⅲ)与大气中的SO₂反应,消除空气中因含过多SO₂而形成酸雨的条件(见图1)。Iwasaka^[31]对1979年4月14—15日发源于中国西北沙漠地区一次沙尘暴过程的研究表明:尘暴云的水平范围大约 $1.36 \times 10^6 \text{ km}^2$,总的沙尘粒子质量至少有 $1.63 \times 10^6 \text{ t}$ 。雷达监测结果表明,尘暴云是由两层组成,较高一层高度约6 km,较低一层的高度约2 km。其轨迹分析结果显示,上层的沙尘云来自于中国的塔克拉玛干沙漠,下层的沙尘云来自于西北戈壁沙漠区和黄河流域。这些均表明,中国西北地区的沙尘暴天气过程,对日本的天气气候产生重要影响。

沙尘含有许多营养物质,其中的铁正是海洋中所缺少的营养元素。海水中增加的营养物质导致其中的藻类大量繁殖。这些增加的藻类光合作用要吸收更多的二氧化碳,而二氧化碳这种温室气体的减少又使得地球的温度进一步降低(见图1),并且沙尘直接屏蔽太阳辐射,从而使地球的冷期沿长。按照这种推断,陆地和海洋的这种互动模式对于大气的影响将导致地球温室效应的减小,如果没有其他因素打破这种反馈性的降温,地球的“冰期”就不久远^[32]。

2.3.2 降低粉尘污染,净化大气

庄国顺实验表明:As、Sb、Se三种元素在非沙尘暴期间,北京的气溶胶富集系数远低于沙尘暴期间气溶胶的富集系数,而沙尘暴所过之处,粉尘可以吸附途经区域所产生的大量污染物^[28]。

沙尘暴的高频运动,可迅速带走途经城市上空大量的污染气体和浮尘,参与全球生物地球化学循环,使大气中污染物进一步被降解。沙尘在空中大规模飘荡、大范围清洗,减轻了因废气过度积累造成的污染,有净化大气的作用^[18,33]。

2.4 促进生物繁殖体扩散

生物的扩散有主动和被动两种方式,扩散动力有水动力、风动力和生物媒介,沙尘暴是一种强劲的风动力,是生物扩散过程中传播距离最远的自然传播方式,是微生物和植物的果实及种子进行异地传播的主要途径。

微生物是生态系统的重要组成部分,不同微生物对生态系统的更新具有重要作用,沙尘暴作为生物的远源输送方式,在一定程度上具有输送功能,胡克关于远源沙尘暴输送微生物的试验证明了这一点^[34]。

植物果实通过风动力、水动力和生物媒介进行长距离的传播,以实现遗传体的扩散和新生境的拓展,进而扩大和更新种群。水和生物媒介由于受地理阻隔和种子活力的影响,植物的繁殖体传播距离受到限制,而沙尘暴具有全球性,这对于传播以风动力进行扩散的植物繁殖体是最好的方式,特别是那些在进化和适应过程中果实或种子具扩散器、种子千粒重较小的植物,借助于沙尘暴不仅在沙源区进行扩散,完成沙源区植被的恢复与更新,也促进全球不同区系植物种的分布。

内蒙古阿拉善荒漠灌木果实类型分析表明,果实千粒重由大变,形状由卵形向球形和圆形变化,同时还衍生出特殊的种子扩散器,如冠毛、翅等,这些形态特征完全是适应于荒漠中风动力而形成的。沙尘暴作为一种种子远源传播媒介,对上述特征繁殖器官的植物应具有更强的传播能力,所以沙尘暴对荒漠区植物种子传播和荒漠植被的更新具有重要的生态流作用^[35]。

2.5 促进生态系统演替

生态系统是开放的系统,存在着物质的流动、能量的循环和物种的更新,促进生态系统不断进行演替的动力有其内部生态学机制,同时也有外部动力^[24]。沙尘暴作为外部动力,一方面为生态系统增加新的物种,打破原有生态系统的物种组成,特别是微生物的进入^[34],从而对原有生态系统形成冲击;另一方面,沙尘暴输入了生态系统生物部分的环境基质中,为其他物种定居或不同演替阶段物种的更新提供了可能,从而加速生态系统演替。

生态系统具有一定的抗性,生态系统越健康,其抗性越强;相对来说,衰退的生态系统抗性较弱,沙尘暴的干扰有助于加快衰退生态系统的演替,使得生态系统向着较为健康的方向发展^[24]。

3 关于由沙尘暴引发的生态建设

沙尘暴形成的一个重要条件是具有沙源,堵住沙源,就相当于治理了沙尘暴。但是沙漠是自然界一种景观,和高山、大海、湖泊一样,它的存在有其合理性^[2,4,36],人类不可能,也没有必要把沙漠都变成

绿洲。但是人类又要不断地改善自己的生存环境,这就引发了人类不断要与沙漠相抗争。在这一抗争过程中,怎样做到人类既保护自己,又不违反自然存在的客观性和规律性,这就要求人类在防治荒漠化过程中确定改造环境的目标和范围,而不是有沙必治,有漠必改,从而避免做一些徒劳的生态环境工程。

一个最明显的道理是如果地面全部为植物覆盖,也没有过多的沙尘,再大的风也不会引起沙尘暴;同样,如果没有恶劣的气候条件,没有狂风,地面全是沙尘,也不会引起沙尘暴。地面植物覆盖与沙尘状况,在大的自然地理背景与特定的环境条件下主要是由生态过程决定的,而恶劣的气候条件则是由大气环流过程决定的^[18]。问题是这只是一假设,沙尘暴这种生态过程是由其尘源的气候条件决定的,从而在这种气候条件下形成了相对应的地带性植被和土壤,这一点是不以人类的意志为转移的,所以说沙尘暴是不可避免的,也没有必要根除,只是目前由于人类的活动加剧了这一生态过程,消除这一过程是我们人类要做的^[3]。

由于沙漠存在的客观性^[37-39],人类在扩大沙漠的诱导性。所以人类在沙漠面前应做的是一方面消除这种诱导效应;另一方面,有条件的情况下,对人类居住的沙源区进行治沙的锁边作用,而不是治理沙漠,我们进行治理沙漠是以保护人类生存为目的,而不是要对整个沙漠景观进行改造,这也是我们人类办不到的。

4 关于沙尘暴研究及治理展望

沙尘暴既有危害性,又对全球和区域生态环境与大气环境有影响,既是一种有规律的普遍性的自然现象,又是由人类诱导而产生的一种突发性和偶然性的富集生态后果。因此,对沙尘暴的关注可加强以下几个方面:

1) 加强沙尘暴生态能对生态系统能流、物流和信息流的研究。沙尘暴在带来灾难性破坏的同时,其输送着大量有机矿物质成分,促进着全球生物地球化学循环,同时其携带的能流和信息对全球或区域生态系统具有重要影响。加强这方面的研究,对于揭示全球环境变化、生物多样性改变和区域景观变迁都有重要意义。

2) 沙尘暴对植被恢复、农作物的后续影响及区域小气候的影响。沙尘暴对输送和扩散植物种子具有动力作用,从而不同地域的适宜生境为随沙尘暴

扩散的种子定居提供了选择余地,植物繁殖体较大尺度范围内的扩散,可加速荒漠区植被的更新和沙尘暴途经区植被的补充。

沙尘暴可对大气环境产生深刻的影响,这些影响既有临时效应,也具有持续和长久作用,从而对区域小气候的规律性变化和农田也将产生作用,掌握这些作用,对旱作农业进行作物选择和耕作无疑具有重要意义。

3) 加强沙尘暴单源污染与具有污染源城市的双重污染研究。沙尘暴是一种自然现象,其随带的能流、物流和信息流对途经地区产生的是单一的沙尘暴效应。但是,由于目前城市发展和城镇的开发,工业和建筑规模不断扩张,这种由人为活动产生的负生态效应,加上沙尘暴强大的动力,不可避免地造成区域乃至全球的复合污染。这种污染可能是富集性的,从而对环境产生的效应更为复杂,怎样减少或降低这种富集污染是城市规划和建设中应着重注意的方面。

4) 理性认识沙尘暴,科学进行退化生态系统恢复。沙尘暴是一种自然现象,目前由于沙尘暴的频繁发生^[40],发生区,特别是城市区对沙尘暴更为关注。对沙尘暴引发的严重后果进行关注是无可厚非的,但由此进行冲动式地开展沙尘暴治理运动,可能由于人的不理性,进行的人为干扰会对沙尘暴发源地生态造成新的冲击。沙尘暴的起源地气候条件是干旱区,其地带性植被组成是草原化荒漠和荒漠区,根据生态规律和气候、环境特点进行生态系统的修复是科学的,但是目前形成的一致做法是进行大面积的人工造林,人工植树造林是否能遏制沙尘暴,防治沙漠化,这不是一个简单的问题。“草原无树”是内蒙古典型草原中包涵生态内容的重要现象,它反映了内蒙古典型草原特定的气候特点、土壤结构、特定的植被是以多年生草本形成的地带性植物^[3,18]。但是,由于沙尘暴的发生,及维护京津的需要,在内蒙古典型草原,可看到大量的植树生态工程,这是否能达到预期的目标。自然现象的发生有其内在的机制在起作用,人类对之应做到可为和不可为,避免不科学的改造行为。可为是针对我们人类过度干扰而进行的修复,不可为是针对大自然固有的现象而无作为,让大自然自我修复。

5) 研究沙尘暴危害与频率的平衡点,经济损失与生态影响的平衡点。沙尘暴发生的年度频率和时间的周期性是全球生态系统进行生物地球化学循环的一种途径,沙尘暴过度发生,对人类生存安全不

利,不发生难以保证全球生态系统物质循环。怎样实现沙尘暴的发生遵循其自然规律,消除人类由于干扰而产生的诱导效应,使危害降低到最小这一平衡点应是今后关于沙尘暴生态、经济相结合研究的一个方面。这一平衡点对沙尘暴源的生态治理面积有一定要求,从而实现治理区和非治理区,避免不必要的生态投资。

5 建议

在全国生态脆弱区进行生态规划,确定生态功能区、生态建设区、人类居住区。

在生态功能区中,人类建立生态自然保护区,由自然系统进行自我修复和演替,人类不可以进行干扰,实现不可为的战略;在生态建设区中人类进行由于人类干扰产生的生态系统的修复工作,对沙源区为人类居住进行合理的“锁边”治理,解除人类对沙尘暴发生的诱导作用,进行可为活动;在人类居住区,进行生态系统“能量补给”,利用生态系统能流原理进行“加环”,以提高荒漠区人类居住的生产力。

参考文献(References):

- [1] 陈广庭. 北京沙尘暴史及治理对策[J]. 科学对社会的影响, 2000, (4): 31—36.
- [2] 赵光平, 陈楠. 生态退化下的宁夏沙尘暴发生发展规律特征[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 45—49.
- [3] 陈佐忠. 沙尘暴的发生与草地生态治理[J]. 中国草地, 2001, 23(3): 73—74.
- [4] 宋宗水. 产生沙尘暴的自然因素与人类活动因素[J]. 中国农业资源与区划, 2004, 25(2): 5—8.
- [5] 张克存, 屈建军, 马中华. 近 50 年来民勤沙尘暴的环境特征[J]. 中国沙漠, 2004, 24(3): 257—260.
- [6] 石广玉, 赵思雄. 沙尘暴研究中的若干科学问题[J]. 大气科学, 2003, 27(4): 591—606.
- [7] Hankin E H. On dust raising wind sad descending currents [J]. J India Met Memoirs, 1921, 22: Part VI.
- [8] Idso S B, Ingram R S, Pritchard J M. An American Haboob [J]. Bull AMS, 1972, 50: 930—935.
- [9] Joseph P V, Raipal D K, Deka S N. “Andhi”, the convective dust storms of Northwest India[J]. Mausam, 1980, 31: 431—442.
- [10] Brazel A J, Nicking W C. The relationship of weather types to dust storm of Northwest India[J]. J Climatology, 1986, 6(3): 255—275.
- [11] Gill T E, Peterson R E. Wind and Dust Storm in West Texas and Southeast New Mexico. USA, April 14, 1999[EB/OL]. (2001-08-31). <http://www.atmo.ttu.edu/dust/April141999DustStorm.html>.
- [12] 王石英, 蔡强国, 吴淑安. 美国历史时期沙尘暴的治理及其对中国的借鉴意义[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 120—128.
- [13] 赵兴梁. 甘肃特大沙尘暴的危害与对策[J]. 中国沙漠, 1993, 13(3): 1—7.
- [14] 钱正安, 贺慧霞, 瞿章, 等. 我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征[C]//中国沙尘暴研究. 北京: 气象出版社, 1997: 1—10.
- [15] 陈志清. 从沙尘暴看西部大开发中生态环境保护的重要性[J]. 地球科学进展, 2000, 19(3): 259—265.
- [16] 夏训诚, 杨根生, 等. 中国西北地区沙尘暴灾害及防治[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [17] 王式功. 沙尘暴研究的进展[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 349—356.
- [18] 祝廷成. 沙尘暴的生态效益[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(1): 33—37.
- [19] 胡金明. 中国沙尘暴特征及人类活动对其发展趋势的影响[J]. 自然灾害学报, 1999(4): 49—56.
- [20] 韦惠兰, 张宏亮. 人为因素与沙尘暴关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(4): 1—6.
- [21] 周自江. 近 47 年中国沙尘暴气候特征研究[J]. 应用气象学报, 2002, 13(2): 193—200.
- [22] Swap R. Saharan dust in the Amazon Basin[J]. Tellus, 1992, 44B(2): 133—149.
- [23] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 256.
- [24] 肖笃宇, 李秀珍, 高峻, 等. 景观生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 60—71.
- [25] Swap R. Saharan dust in the Amazon Basin[J]. Tellus, 1992, 44B(2): 133—149.
- [26] Ellis J R, Merrill W G. Trajectories for Saharan dust transported to Barbados using Stokes law to describe gravitational settling[J]. Journal of Applied Meteorology, 1995, 34: 1716—1726.
- [27] Franzen L G. The Saharan dust episode of southern and central Europe, and northern Scandinavia March, 1991 [J]. Weather, 1995, 50(9): 313—318.
- [28] 庄国顺. 2000 年我国沙尘暴的组成、来源、粒径分布及其对全球环境的影响[J]. 科学通报, 2001, 46(3): 191—197.
- [29] 田中丰显. 云的冰晶化过程——冰晶核[J]. 气象研究, 1974, 122: 689—737.
- [30] 瞿章, 徐宝玉, 贺慧霞, 等. “930505”沙尘暴的若干启示[J]. 干旱区地理, 1994, 17(1): 63—67.
- [31] Iwasaka Y. The transport and special scale of Asian dust-storm clouds: a case study of the dust-storm event of April, 1979[J]. Tellus, 1983, 35B(3): 189—196.
- [32] 吕海亮. 沙尘暴与温室效应[J]. 森林与人类, 2002, (2): 13.
- [33] 介冬梅, 祝廷成, 周守标, 等. 中国草原带与东亚沙尘暴[J]. 草地学报, 2003, 11(1): 3—9.
- [34] 胡克. 远源沙尘暴对城市生态环境影响的初步研究[J]. 长春科技大学学报, 2001, 31(2): 176—179.
- [35] 庞立东, 高润宏. 阿拉善荒漠灌木繁殖体适应多样性研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2006, 27(1): 69—73.
- [36] 金监明, 曹凤中. 荒漠化和沙土尘暴若干问题的思考[C]//第

- 二届生物多样性保护与利用高新技术国际研讨会论文集. 北京: 科学技术出版社, 2001: 9—11.
- [37] 李耀辉. 近年来我国沙尘暴研究的新进展[J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 616—622.
- [38] 赵光平, 郑广芬, 王卫东. 宁夏特强沙尘暴气候背景及其成灾规律研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23(4): 420—427.
- [39] 雷向杰, 李亚丽, 王小宁, 等. 陕西强沙尘暴、特强沙尘暴天气气候特征分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 118—122.
- [40] 成天涛, 吕达仁, 王革丽, 等. 浑善达克沙地气候因子对沙尘暴频率影响作用的模拟研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 68—74.

Discussion on Ecological Effect and Reasonable Control of Sand-dust Storm

NA Ren-hua¹, GAO Run-hong², ZHANG Ming-tie¹

(1. Ecology and Environment College of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China; 2. Forestry College of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China)

Abstract: Sand-dust storm is a natural phenomenon that happened in particular space and particular time, its happening frequency and intensity have been accumulated and strengthened under the excessive interference of mankind. People are very afraid of the harming of sand-dust storms. However, sand-dust storms also bring some important ecological effect on the global and regional eco-environment. They can promote the biogeochemical cycle of the global eco-system, redistribute and balance the productivity of the earth ecosystem, improve atmosphere environment, accelerate the biological breed disperse and the eco-system succession. We should not only pay attention to the harming of sand-dust storms in source region and passing routes, but also strengthen the study on the following aspects: the impact of sand-dust storms on energy flow, nutrient flow and communication flow of ecosystem; impact on vegetation restoration, crops cultivation and regional climate; the study on single pollution of sand-dust storm and the accumulated pollution caused by sand-dust storm and these cities that have pollution sources; the study on the balance point between sand-dust storm harming and its happening frequency, and the balance point between economic loss and ecological effect. Therefore, we should endue the scientific attitude on this phenomenon and carry through the ecological management rationally on the source regions, complete the action of ecological rehabilitation according that we can do it or not. In the paper, the ecotone of China is divided into three areas, that is, the ecological function area, the ecological rehabilitation area and the human habitation area. Thus we should adopt different ecological management measures.

Keywords: sand-dust storm; ecological effect; desert control; reasonable behavior