

# 历史时期乌兰布和沙漠风沙活动的沉积学记录 与沙漠化防治途径分析

贾铁飞<sup>1,2</sup>, 赵明<sup>2</sup>, 包桂兰<sup>2</sup>, 银山<sup>2</sup>

(1 上海师范大学城市与旅游学院, 上海 200234; 2 内蒙古师范大学地理科学学院, 呼和浩特 010022)

**摘要:** 根据乌兰布和沙漠全新世风成砂的沉积记录和湖相沉积中风积物的沉积记录, 认为历史时期以来, 乌兰布和沙漠风沙活动主要受自然环境变化的制约, 沙漠化过程也是一个以自然作用为主、人为作用为辅的过程, 沙漠化防治的基本途径是建立稳定的绿洲生态农业, 以“绿洲化”防治“沙漠化”。

**关键词:** 乌兰布和沙漠; 历史时期; 风沙活动的沉积学记录; 沙漠化防治途径

中图分类号: P532; S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)03-0051-04

## Sedimentology Record of Activity of Sand Blown by Wind in Historical Period and Desertification Prevention and Control in Ulanbuh Sandy Land

JIA Tie-fei<sup>1,2</sup>, ZHAO Ming<sup>2</sup>, BAO Gui-lan<sup>2</sup>, YIN Shan<sup>2</sup>

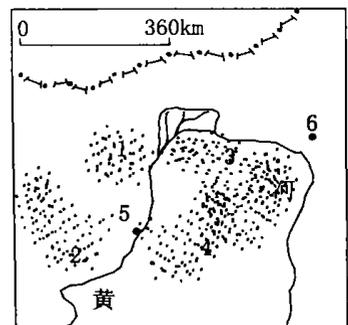
(1 Institute of City and Tourism, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China; 2 Department of Geography, Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010022, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** According to the record of sediment of sand blown by the wind in the Holocene, it is stated that Ulanbuh sandy land's activity of sand blown by the wind was restricted by environmental change in historical period, and the basic approach to desertification prevention and control is to build steady oasis ecological agriculture.

**Key words:** Ulanbuh sandy land; historical period; sedimentology record of activity of sand blown by the wind; prevention and control approach to desertification

乌兰布和沙漠位于内蒙古西部河套平原以西, 东临黄河, 北抵狼山, 南接贺兰山, 面积约 10 000 km<sup>2</sup> (图 1), 是内蒙古的六大沙漠之一。由于乌兰布和沙漠恰处于中国北方半干旱与干旱区的承接与转折位置上, 气候与环境的波动性大, 生态系统脆弱性强, 是沙漠化现实危险与潜在危险都非常大的地区。近年来, 乌兰布和沙漠风沙活动加剧, 大量流沙向东直逼黄河, 对黄河的河道造成严重的影响, 同时乌兰布和沙漠也成为中国北方沙尘暴频发的主要沙源地之一, 因而在生态环境保护与建设问题上引起政府和学术界的广泛关注。而在另一方面, 乌兰布和沙漠北部地区又以其优越的水(黄河灌渠灌溉)、光热(太阳年总辐射量、年日照时数、10 积温)、土地(沙漠中的丘间土质平地)等资源条件, 从历史时期就成为我国北方著名的绿洲农业区, 并且已经成为目前内蒙古西部农业开发的重要潜在资源区。但是, 关于乌兰布和沙漠形成成因、农业开发对生态环境的影响等问题, 一直还存在着较为分歧的意见, 如何评价人类活动在导致该地区环境

的绿洲化和荒漠化<sup>[1]</sup>方面的作用, 如何根据风沙活动的客观规律进行沙漠化防治等等, 还需要认真加以研究。



1. 乌兰布和沙漠
2. 腾格里沙漠
3. 库布齐沙漠
4. 毛乌素沙漠
5. 银川
6. 呼和浩特

图 1 乌兰布和沙漠位置图

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-04-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(49861006)。

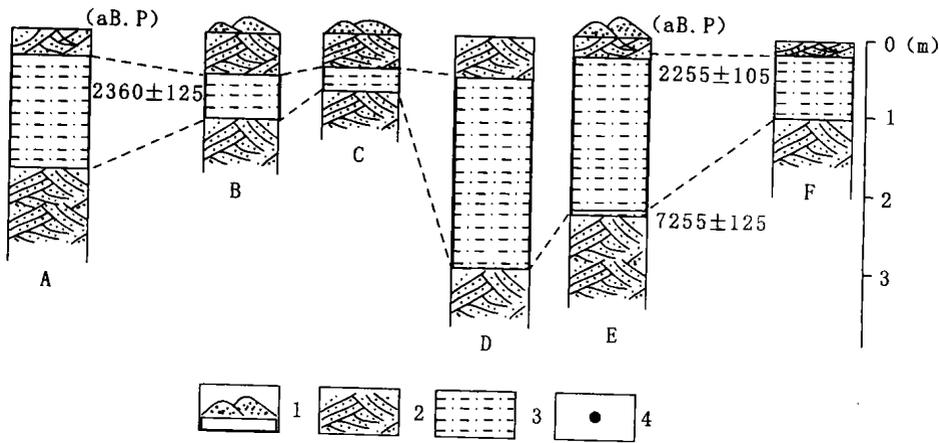
作者简介: 贾铁飞, 男, (1966-), 河北邢台人, 硕士, 教授, 主要从事环境演变研究。

# 1 历史时期乌兰布和沙漠风沙活动的沉积学记录

## 1.1 风成砂沉积记录

风沙活动及沙漠形成的最直接证据,就是沉积记录中风成砂层的稳定出露<sup>[2]</sup>,因而沉积地层中风成砂层的稳定存在,便可以认为是风沙活动的结果。根据乌兰布和沙漠北部全新世沉积剖面的记录和对比(图 2),沉积记录格局大致可以划分为 3 段:全新世早期(Q<sub>4</sub><sup>1</sup>)风成砂沉积(<sup>14</sup>C 年龄为: 7 255 ± 125 a B.P. 之前),全新世中期(Q<sub>4</sub><sup>2</sup>)河流、湖泊沉积(<sup>14</sup>C 年龄为: 7 255 ± 125 a B.P. ~ 2 255 ± 105 a B.P. 或 2 360 ± 125 a B.P.),全新世晚期(Q<sub>4</sub><sup>3</sup>)风成砂沉积(<sup>14</sup>C 年龄为: 2 255 ± 105 a B.P. 或 2 360 ± 125 a B.P. 以近)。其中,历史时期跨越了 Q<sub>4</sub><sup>2</sup> 和 Q<sub>4</sub><sup>3</sup> 2 个沉积期,也就是说,历史时期乌兰布和沙漠地区经历了非风沙活动(或风沙活动微弱)时期

和风沙活动(或风沙活动强烈)期,其时间界限是 2 255 ± 105 a B.P. 或 2 360 ± 125 a B.P.,即现代景观意义上的乌兰布和沙漠至早形成于这个时段。但是按照考古与历史地理学的研究,乌兰布和沙漠形成于汉代大规模开垦(汉代元朔二年至东汉永和五年,即 127 aB.C. ~ 140 aA.D.)之后的弃荒,是由人为影响所致<sup>[3]</sup>,这与来自沉积学年代测定的时间显然不符。与隔黄河而望的毛乌素沙地相对比,乌兰布和沙漠与其却存在着在沉积学上一致的风沙活动期,即在 2 300 ~ 2 400 a B.P.,毛乌素沙地也开始形成一个风沙活动期<sup>[4,5]</sup>。这说明在人类开始大规模开垦之前,乌兰布和沙漠地区的沉积记录上已经开始记录有强风沙活动,人为影响因素在 Q<sub>4</sub><sup>3</sup> 时期显然不是乌兰布和沙漠形成的主要原因,而是叠加在自然原因之上的辅助性因素。



A. 黄土档 B. 坝楞海子 C. 哈腾套海 D. 那林套海 E. 大闸 F. 乌兰布和农场

1. 现代沙丘; 2. 全新世风成沙; 3. 河湖相层; 4. <sup>14</sup>C 样品采集位置

图 2 乌兰布和沙漠全新世风成砂沉积剖面图

## 1.2 湖相沉积中的沉积记录

湖泊沉积,特别是湖心区的湖泊沉积,一般以经过湖泊作用的细粒沉积物为主。但在近沙漠地区风沙活动旺盛期中,风力作用的粗粒物质通过空气介质的携带,可以降落在湖泊的水面上并快速地沉落于湖底,从而将风沙活动记录于湖相沉积中。因此,通过对湖泊沉积物的沉积结构分析,便可以从湖相沉积记录中提取出有关风沙活动的信息。美国学者 L. Moldavg(1962)在试验中发现,粒径为 0.01 ~ 0.05 mm 的物质极易在空气中飘浮、搬运,是风力降尘作用的一个重要标志<sup>[6]</sup>。根据这一结论,在黄土高原和内蒙古高原的一些近沙漠地区的沉积物研究中,我国学者相继提出运用  $K_d$  值来刻划气候环境变化的方法<sup>[7,8]</sup>。 $K_d$  值定义为:

$$K_d = \frac{\text{粉砂粒级含量}(0.01 \sim 0.05 \text{ mm})}{\text{黏土粒级含量}(< 0.005 \text{ mm})}$$

当  $K_d$  值增大时,表示气候向干燥、风力强盛的方向发展, $K_d$  值减小时,表示气候向湿润、风力减弱的方向发展。

在乌兰布和沙漠北部腹地东海子湖,利用钻具取得了湖泊中心底部深度达 146 cm 的连续沉积物。经对该连续沉积物的观察,可将其自下而上划分为 3 段: 1 段,深度 66 ~ 146 cm,褐色黏土或褐色粉砂质黏土; 2 段,深度 15 ~ 66 cm,灰

黑色粉砂或灰黑色黏土质粉砂; 3 段,深度 0 ~ 15 cm,灰色粉砂。在对沉积物进行<sup>14</sup>C 测年分析的同时,按照每 1 cm 取样 1 个的密度进行了沉积结构的分析并进行  $K_d$  值的计算。图 3 即为东海子湖沉积剖面的  $K_d$  值变化曲线。从该图可以得到如下的认识:

(1) 1 段沉积中,  $K_d$  值的最大峰值出现在深度 86 cm 处,按沉积速率推测的年龄是 2 550 aB.P.,其  $K_d$  值达到 0.595。依据在内蒙古浑善达克沙地的研究结果,  $K_d$  值超过 0.5 时就表明进入了以风力作用为主的沉积期<sup>[7]</sup>。这说明在 2 550 aB.P. 时,乌兰布和沙漠存在一个较为活跃的风沙活动过程。在此之后的 1 段沉积  $K_d$  值均较此前维持了一个较高的数值水平。

(2) 自沉积速率推测年龄 1 211 aB.P. 起进入 2 段沉积时期,  $K_d$  值保持了更高的数值水平,  $K_d$  值几乎均在 0.75 以上,表明整个 2 段沉积时期均是较强的风力降尘作用期。其中,在沉积深度 63 ~ 64 cm 处(沉积速率推测年龄为: 1 190 a B.P. 左右)、48 cm 处(沉积速率推测年龄为: 880 a B.P.) 出现了 2 个  $K_d$  值的峰值,分别为: 3.029 和 1.804,说明这是 2 个强风力降尘作用下的风沙活动过程。

(3) 在 3 段沉积中,  $K_d$  值在 2 段沉积的基础上仍保持了

增强的趋势, 说明仍是一个风力降尘作用下风沙活动很强的时期。

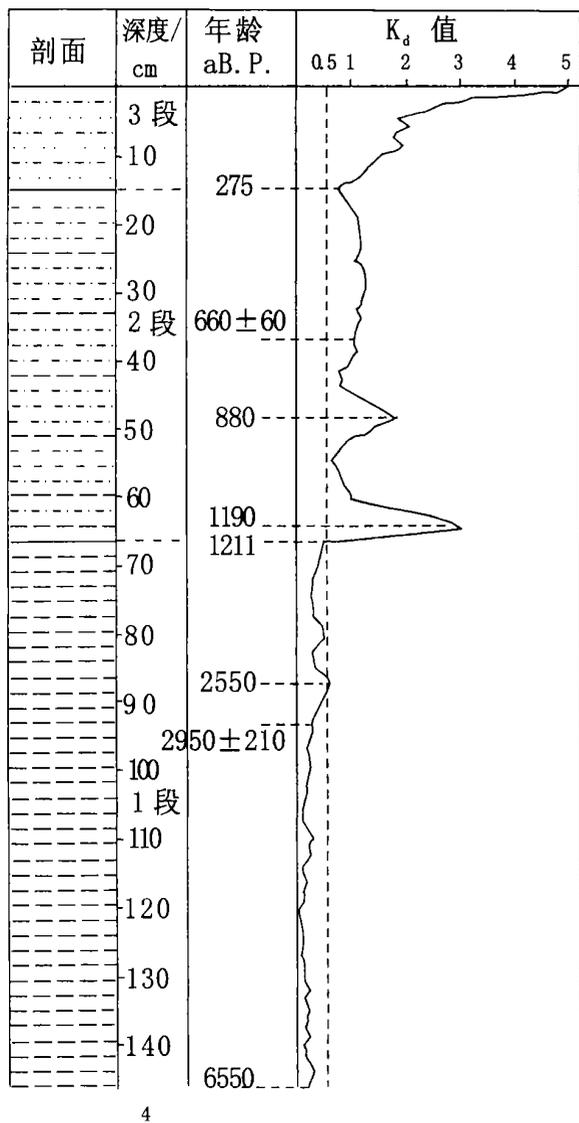


图3 沉积物  $K_d$  值曲线

### 1.3 风沙活动的沉积学记录分析的结论

由以上的沉积记录分析可以得出以下结论:

(1) 中全新世以来乌兰布和沙漠风沙活动的活跃期始自 2 255 a.B.P. ~ 2 550 a.B.P. (其间的误差可能是由<sup>14</sup>C 年龄与沉积速率推测年龄之间的差异而导致的), 这与毛乌素沙地具有相同的风沙活跃期(2 300 ~ 2 400 a.B.P.), 因此是一个以自然环境变化为主要原因的风沙活动过程。

(2) 汉代大规模开垦(汉代元朔二年至东汉永和五年, 即 127 a.B.C. ~ 140 a.A.D. 或 2 077 a.B.P. ~ 1 810 a.B.P.) 显然是在以自然原因为主的风沙活动期起始之后, 应是人类活动对自然环境变化响应滞后而导致的推动沙漠化发展的行为, 其结果是在东汉永和五年即 140 a.A.D. (1 810 a.B.P.) 不得不放弃了垦荒, 说明人类的行为最终在自然的变化面前变得无为了。

(3) 在沉积速率推测年龄 1 211 a.B.P. 之后, 乌兰布和

沙漠进入了晚全新世中风沙活动的最强烈的时期,  $K_d$  值达到了 3. 029(1 190 a.B.P. 左右)、1. 804(880 a.B.P. 左右), 这便不难理解公元 981 年(宋太宗太平兴国六年), 王延德出使高昌(今吐鲁番)道经本地区时, 已是“沙深三尺, 马不能骑, 行人皆乘骆驼”之实了。而在毛乌素沙地北部的孟家湾、城川等地, 均有起始于 1 265 a.B.P. 或 1 560 a.B.P. 之后的一期风成砂沉积<sup>[5]</sup>, 这应与乌兰布和沙漠的这次风沙活动旺盛期相当, 亦说明这一风沙活跃期是广泛存在的, 并非局部地区人为原因所致。

(4) 近代乌兰布和沙漠风沙活跃期起始于约 300 a 以来, 在近 200 a 中风沙活动持续加强,  $K_d$  值达到 5, 这是近 100 a 来中亚地区干暖化加强<sup>[9]</sup>、中国北方季风气候与内陆气候过渡地带干暖化波动造成沙漠化程度加强<sup>[10]</sup>的具体表现, 在毛乌素沙地与库布齐沙地, 这个干暖化波动还造成二者连为一体<sup>[11]</sup>。所以, 并不应该将这个过程的完全简单地归结为新中国成立后在这个地区进行的农业开发。

## 2 乌兰布和沙漠沙漠化过程分析

沙漠化过程的实质就是风沙地貌中以流动沙丘为主的风积地貌的形成发育过程, 因此这是一个以自然为主的过程, 制约这个过程的主要因素, 也应当是风积地貌形成发育所必需的自然条件, 人为因素则只能是一个诱发因素。

### 2.1 沙漠化过程的自然作用分析

地貌形成与发育的 2 个基本条件是物质和营力, 就风沙地貌而言, 就是沙源和风力作用。乌兰布和沙漠的风成砂沉积基底是黄河冲积、湖积物以及老风成砂, 这些松散的沉积物构成了乌兰布和沙漠充足的风沙活动沙源物质, 这样制约乌兰布和沙漠风沙地貌发育的主要自然因素便是风力作用, 而风力作用的变化又受制于气候环境的变化, 因此乌兰布和沙漠的沙漠化过程主要是环境演变的结果。

根据在乌兰布和沙漠地区的野外调查, 风成砂沉积与下伏沉积物的接触关系共有下列 3 种形式: 新风成砂形成于老风成砂的下风向并覆盖于老风成砂之上; 新风成砂堆积于以河流、湖泊沉积为基底的风蚀洼地的下风向, 且河湖相沉积层多已被侵蚀穿透而露出了其下的老风成砂; 新风成砂堆积于河湖相沉积之上。在 3 种接触关系表明乌兰布和沙漠的沙漠化过程是以就地起沙为主的, 而非单纯沙物质的迁移形成沙漠, 同时也表明, 沙漠化的自然作用过程就是在风力作用下的“老沙翻新”、“暗沙(即被河湖相沉积物封盖的老风成砂)投明”的过程。因此, 影响沙漠化自然作用过程发展的因素主要来自 2 个方面: 一是风力作用的强弱, 即风力作用强劲则沙漠化过程发展快; 二是“老沙”的固结程度和“暗沙”被河湖相沉积封盖的严密程度, “老沙”固结好、“暗沙”被封盖严则不易被风力作用侵蚀, 从而也不易形成新的风成砂。由此可知, 除风沙地貌发育必须的基本条件以外, 影响乌兰布和沙漠沙漠化过程的主要自然因素为, 老风成砂的固结程度(包括沙丘的固定程度)、河湖相沉积层的厚度及对老风成砂的封盖程度。

### 2.2 沙漠化过程的人为作用分析

乌兰布和沙漠自汉代起就成为中国北方著名的农垦区,

人类的开发作用造就了沙漠中的绿洲农业景观。据历史记载,由于风沙的肆虐和政治军事上的原因,东汉永和五年乌兰布和沙漠绿洲农业区结束了大规模的开垦被摧撻。之后游牧民族进入本区,直至明清时期才有大量的移民进入本区继续进行绿洲农业的开发。新中国成立后,在政府的领导下,乌兰布和沙漠绿洲农业区又开始了新的农业开发和风沙治理,以农业开发为主的人为作用对沙漠化进程的影响再度引起高度关注。

据对乌兰布和沙漠进行的考察,自古而今绿洲农业垦殖的土壤基底即是中全新世河湖相沉积层(当地居民俗称“红胶泥”)。这层“红胶泥”几乎遍布乌兰布和沙漠北部绿洲农业区,多下伏于晚全新世风成砂(沙丘)之下,或分布于晚全新世风成沙丘的丘间(即丘间沙质平地),其出露的层顶面海拔高度非常一致(海拔 1 040 m),且因其下伏沙丘起伏和地形起伏的原因,它的厚度各处不一,基本上在 0.5~3 m 之间。这层“红胶泥”不但是历世代绿洲农业耕作的土壤母质层,也是乌兰布和沙漠封盖老风成砂、阻止“老砂翻新”、“暗砂投明”的“保护层”。据在乌兰布和沙漠野外的考察,人类在该层上进行的农业活动,会造成以下 3 种情况,并形成对沙漠化的促进作用:

(1) 农业耕作使该“红胶泥”层被耕透,其下原来被封盖的老风成沙出露成为明沙(当地称之为“漏沙地”),在风力作用下形成新的流沙。

(2) 农业耕作使“红胶泥”层中地下水位下降,地表因失水而使土壤粗瘠,在风力作用下该层被侵蚀而形成新的流沙。

(3) 为扩大耕作面积,人为地将覆盖在“红胶泥”层之上的已经趋于固定的晚全新世风成沙丘剥离,使得固定、半固定沙丘重新活化,从而形成新的流沙。

因此,人为作用对沙漠化的促进影响,在乌兰布和沙漠只表现为通过改变地表状况(地表物质的固结程度)而使风力产生侵蚀作用的阈限值减小(即起沙风值减小),从而诱发或促进了沙漠化进程。但在另一方面,人类的垦殖行为又可以促进沙漠地区土壤的发育和对沙地的植物覆被,从而减轻沙漠化的危害。这也正是对人类活动对干旱半干旱地区影响的“沙漠化”和“绿洲化”结果的辩证认识。

### 3 乌兰布和沙漠沙漠化防治的途径分析

沙漠化防治的过程,实质上就是通过人为因素的介入延缓、减弱或遏制沙漠化自然过程的速度、强度与进程,其核心问题仍然是人为因素的介入,而非保持纯自然状态。但对于人为作用对干旱半干旱荒漠地区影响的结果,前人已经有“荒(沙)漠化”(原文意为荒漠化,在乌兰布和沙漠地区的表现以沙漠化为主,后同。)和“绿洲化”非此即彼的结论<sup>[1]</sup>,而我国西部地区环境与农业发展的历史也证明了这个结论的正确性。这就是说,沙漠化治理这一人为因素的介入,必定是参考文献:

[1] 赵松乔. 人类活动对西北干旱区环境的作用[J]. 干旱区地理, 1987(1): 1-9.

[2] 吴正. 风沙地貌学[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 1-33.

以“绿洲化”为治理目标的。因此,趋“绿洲化”、避“沙漠化”就成为包括乌兰布和沙漠在内的我国西部干旱半干旱荒漠地区荒(沙)漠化防治的惟一出发点。

就乌兰布和沙漠而言,自汉代以来的人为垦殖历史已经充分说明,人为因素的介入导致了乌兰布和沙漠北部拥有了“绿洲化”的历史,而在乌兰布和沙漠的南部,至今未有人类的开发,始终是沙漠景观而无“绿洲化”与“沙漠化”之间的异变。这也证明人为因素决非乌兰布和沙漠沙漠化的主导因素,这与历史时期以来乌兰布和沙漠风沙活动的沉积学记录是相吻合的,且正确的人为影响正是乌兰布和沙漠摆脱沙漠化、实现稳定的绿洲化的关键所在,这同时也是正确进行沙漠化防治的认识基础。基于此,乌兰布和沙漠沙漠化防治途径有以下几个方面:

(1) 基于环境效益、经济效益相统一的绿洲生态农业开发。乌兰布和沙漠具有水、光温、土地资源的优势,应该在保障环境效益的基础上最大限度地发挥资源优势,变资源优势为经济优势。必须摒弃单纯以种树、种草为主的所谓生态治理,必须摒弃简单的“退耕还林、还草”的做法,通过建立和发展生态大农业,建设起稳定的绿洲生态农业系统,实现环境效益与经济效益的统一。为此,应就乌兰布和沙漠地区的 PRED 问题进行全面而系统的研究,深入研究适应该地区绿洲生态农业发展的人地关系系统、资源环境系统和农业产业系统,通过不断调整和优化绿洲生态大农业的产业结构,最终实现绿洲农业生态系统的可持续发展,从而有效地对沙漠化进行防治。这就要求从社会、经济、生态的大系统观点出发考虑沙漠化的防治<sup>[12]</sup>,而不是简单地依靠单一的工程措施进行沙漠化防治。

(2) 基于适应自然环境变化的波动性农业开发。自然环境的多变、易变是该地区持久性的特点,特别是“风、水对立”的环境特点(即湿润期与强风力作用期异相分布)<sup>[10]</sup>,使水分条件不但直接制约着其他资源优势的有效发挥,成为该区域农业发展的制约因素,还是影响沙漠化自然作用过程的重要因素。近期要围绕黄河灌渠供水问题进行动态模拟研究,建立农业发展中的波动性机制,以期在主动适应环境变化、水分条件变化等方面做出及时的应对措施,避免由于滞后的生产行为调控所导致的对自然环境的消极适应和盲目破坏,从而造成环境效益与经济效益的双双丧失。

(3) 基于对自然条件的深刻认识,科学地实施生态环境建设工程。深刻地总结近 50 年来不同时期中盲目进行植树造林和盲目进行“以粮为纲”的二个方面的教训,通过对该地区土壤基底母质、农田灌溉与地下水变化规律、河湖相沉积层分布及变化等的深入研究,制定出科学详尽的生态环境建设规划,避免错误决策导致的对环境的破坏。

总之,乌兰布和沙漠沙漠化防治最有效的途径就是以“绿洲化”防止“沙漠化”。

## 4 退耕还林还草措施研究

### 4.1 建立以草(灌)为先行主体的生态植被体系

干旱缺水是黄土丘陵区生态植被重建的第一位限制性因素,尤其是近年来,随着春季厄尔尼诺现象等异常气候,持续干旱不仅使退耕还林还草的难度加大,而且使原有的林木出现了严重干枯死亡现象,如绥德水保站试验场沟坡以上地带 70 年代初期栽植的刺槐乔木林尽管曾形成过茂密的林子,但因近年来干旱少雨存活无几,仅 2001 年 5~7 月份严重干旱使其余乔木林死亡 53%,灌木林死亡 55%;清涧县 1999 年退耕还林中栽植的 40 多万株油松,成活的只有 100 多株,延安宝塔区冯庄乡 2000 年在水土流失的陡坡地上,栽植几十公顷大扁杏,因干旱而枯死,其它各县如延川、延长、米脂等县栽植的刺槐、杨树和油松等乔木林均出现了因干旱而成活率极低的现象。而同期在甘肃的马莲河流域和陕西吴旗、子丹等地以草业为主导产业,大规模的建立优质牧草基地,不仅成活率较高,有效的防治了水土流失,而且形成了具有外销竞争的商品基地,同时带动了当地畜牧养殖业的快速发展。由此可见,重建该区新的植被生态,快速改善生态环境,必须从该区自然环境的适应性出发,遵循植被演替的自然规律,首先利用耗水量和养分需求较少的草(灌)起步,经过一个时期,气候立地条件改善后,再逐步营造适宜的乔木林以及各类复合型生态植被体系。

### 4.2 建立草业开发为主体的产业化发展格局

区域山川秀美退耕还林还草的目标是“山变绿、水变清、

人变富”,也就是实施各种有效措施的基础上在增加林草覆盖率、减少水土流失、改善生态环境,以取得生态效益为目标的同时,更要考虑赖以土地维生的农民直接获得的经济效益,这样才能使宏伟的世纪工程真正达到“退得下、还得上、稳得住、不反弹”。草业开发作为区域经济发展的一项基础性产业,它不仅包括草地畜牧业、饲料业而且还包括草的深加工工业以及非牧开发性的草坪业、草皮护坡工程和草业绿地旅游观光业等。在以种草起步,强化产业的过程中,必须有开拓创新意识,根据当地实际情况提出明确的指导思想和目标,编制科学的规划实施方案,提出具有区域特色和区位优势的主体产业,以既定的主体产业如畜牧养殖或观光旅游为主线,带动其它相关产业的发展。

### 4.3 建立草业开发的“双效”营运体系

彻底改变该区脆弱的生态环境,建设生态、经济双效工程。一方面要建立健全配套政策、支持服务等管理体系;另一方面还要以科技为支撑,使草这一基础产业步入经济高效之路。管理上,要强化领导,加大宣传力度,制定激励的资金扶持和优惠政策等;科技服务和科技创新上,要调动相关的科研单位和大专院校,选育良种草种,建立多元化的优良草种科技园区,引进和选育经济高效的草畜品种,开展集约化的舍饲养殖和胚胎克隆示范研究,并安排一定的资金开展草业深加工、综合利用以及新兴草产品的高科技开发,使草业这一朝阳产业起到生态和经济的双效性,实现真正意义上的山川秀美宏伟目标。

## 参考文献:

- [1] 卢宗凡,梁一民.中国黄土高原生态农业[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.103-107.
- [2] 汪上和,赵金荣.黄河流域水土保持研究[M].郑州:黄河水利出版社,1997.190-195.
- [3] 郭志贤.种草是陕北水土保持生态建设的先行官[J].陕西水土保持,2001(3):4-6.
- [4] 吴钦孝,杨文治.黄土高原植被建设与持续发展[M].北京:科学出版社,1998.79-84.

(上接第 54 页)

- [3] 侯仁之,俞伟超.乌兰布和沙漠的考古发现和地理环境变迁[J].考古,1973(2):92-107.
- [4] 周昆书.内蒙古萨拉乌苏河流域冰缘期划分及意义[A].见:史前地震与第四纪地质编写组编,史前地震与第四纪地质[M].西安:陕西科技出版社,1982.149-153.
- [5] 贾铁飞,何雨,李容全.全新世内蒙古自然环境演变及其特点[J].干旱区地理,1996,19(4):19-25.
- [6] Moldvay L. On the covering sedimentation from eolian suspension[J]. Acta Universitatis Szegediensis, 1962, I. XIV. 75-79.
- [7] 李容全,郑良美,朱国荣.内蒙古高原内陆湖泊与环境[M].北京:北京师范大学出版社,1990.66-75.
- [8] 刘东生.黄土与环境[M].北京:科学出版社,1985.223-275.
- [9] 施雅风.山地冰川与湖泊萎缩所指示的亚洲中部气候干暖化趋势与未来展望[J].地理学报,1990(1):1-9.
- [10] 贾铁飞.中国北方季风气候与内陆气候过渡地带全新世环境演变[J].内蒙古师大学报(自然科学版),1995(1):64-70.