

利用沙尘暴进行荒漠化草原表土再造技术原理及实践

赵山志¹ 田青松¹ 那日苏¹ 王海¹ 联华¹ 塔娜¹ 乌兰²

(¹中国农业科学院草原研究所 农业部草原资源与生态重点开放实验室,内蒙古呼和浩特 010010; ²内蒙古苏尼特右旗草原工作站)

摘要 依据风沙学原理,利用沙尘暴现象对内蒙古荒漠草原进行了表层土壤再造试验。采用地表撒松散杂草(秸秆)后用尼龙网罩固定的方法,拦截沙尘暴所携带的尘土。再造后的土壤掩埋了裸露的植物根系和地表面的砾石,比对照土壤有效锌增加114.8%、有机质增加33.3%、全氮增加77.1%、有效磷增加150.0%、速效钾增加7.8%、pH值降低了1.3%。此方法为如何利用沙尘暴这一自然现象开辟了新的思路。

关键词 沙尘暴;荒漠化草原;表土再造;技术原理;可行性

中图分类号 P425.55;X4 文献标识码 A 文章编号 1007-5739(2011)03-0321-03

Principle and Practice on Re-building Desertification Grassland Topsoil by Dust-storm

ZHAO Shan-zhi¹ TIAN Qing-song¹ NA Ri-su¹ WANG Hai¹ LIAN Hua¹ TA Na¹ WU Lan²

(¹Grassland Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Grassland Resources & Ecology, Ministry of Agriculture, Hohhot, Inner Mongolia 010010; ²The Grassland Station of Suniteyou District in Inner Mongolia)

Abstract Based on the principles of the blown sand, topsoil re-building trials on the Inner Mongolian desert grassland by dust-storm phenomenon were carried out. The loosely weed(straw) with nylon net cover fixed was put on the earth surface to intercept dust carried by dust-storm. The re-built soil buried the bare plant root and the ground surface of gravel, compared with the controlled soil, available Zn of the new soil increased by 114.8%, organic matter increased by 33.3%, total nitrogen increased by 77.1%, available P increased by 150.0%, rapidly available K increased by 7.8%, and pH value lowered by 1.3%. This method that how to take advantage of this natural phenomenon, dust-storm, opened up a new way of thinking.

Key words dust-storm; desertification grassland; topsoil re-building; technical principle; feasibility

沙尘暴是一种自然现象,具有自身的发展规律,同时也是众多自然因素中不可或缺的原动力和自然资源。沙尘暴是一把“双刃剑”^[1]。沙尘暴是一种气固两相流,这种流体本身携带大量的沙物质、种子资源、营养成分(有机质、各种微量的矿物质元素等)。沙尘暴发生时,强大的风力吹蚀了土壤,造成土壤流失,所携带的沙物质可掩埋农田、工厂、草原、道路和房屋,破坏性极大,但同时它也起到搬运、重新分配营养物质、传播物种的作用。荒漠草原由于多种原因呈现极度退化的状态,主要表现是植物稀疏,地表多砾石,草根裸露。牧草呈堆状分布,地面与草根形成负位差(3~10 cm),恢复起来十分困难。我国西北地区是世界四大沙尘暴区之一中亚沙尘暴的一部分,属全球现代沙尘暴的高活动区之一^[2]。70年来,全世界的风沙物理学专家们开展了风沙运动学、风沙边界层动力学、风沙动力地貌学、沙尘扬析与传输、风沙工程学、土壤风蚀等方面的研究^[3]。最终均体现在实际应用工程上,着眼于防风和固沙2个方面,因害设防,被动应对。近几年,中国农业科学院草原研究所的科研人员在研究荒漠草原治理工作中提出主动利用沙尘暴化害为利的观点,并将其成功应用于工程实践,效果显著。

1 荒漠化草场的现状及改造的可行性

1.1 现状

荒漠草原作为我国4亿hm²草原的重要组成部分,总面积1900万hm²,是我国最为脆弱的草原生态系统之一,也是对我国生态环境产生重大影响的地区之一。砾石状荒漠草原退化的重要标志是土壤退化,在强大的风力作用下草场的表土丧失殆尽,草场表面砾石遍布,植被稀疏。荒漠草原是我国北方农牧交错带与蒙古草原之间的唯一生态屏障,也是过去利用最过度、退化最严重,生态恢复最为困难

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国农业科学院草原研究所 2009-Y-1)。

收稿日期 2010-12-27

的地区之一。这一地区冬春季节受到西伯利亚冷空气的影响,是我国沙尘暴频繁发生地之一。发生在这一地区的沙尘暴不但对当地的草场产生极大危害,也对当地的人民生产生活产生极大影响;同时沙尘暴携带大量的尘埃长驱直入我国内地,在合适的条件下发生沉降掩埋道路、农田、草场,造成环境污染,影响人民生产生活。荒漠草原的植被恢复是草原、畜牧界和科学界关注的焦点问题。对这类草原的改良利用曾经采取过松土补播、围封、施肥等方法,但收效甚微,且效果不能持久。分析其原因,主要是作为植物生长基础的土壤条件并没有改善。

1.2 利用沙尘暴进行荒漠化草场表土再造的可行性

在改良和恢复荒漠化草场的实践中,人们注意到只有对荒漠化草场的土壤状况进行改善才是抓住了这类草场治理和改良的关键。而表土已不存在,因为工程过于浩大,依靠人工的办法无法将其重建。即使从其他地方取土只能是一种破坏。这个地区是沙尘暴的频发区,每年均有强沙尘暴的发生,沙尘暴在爆发时携带大量的沙物质,这些沙物质中不但含有沙、土壤,还富含有机质、氮磷钾和丰富的矿物质微量元素,同时还是丰富的种子库。结合工程措施将沙尘暴所携带的沙物质沉降淤滞在砾石状和斑秃状荒漠化草场表面,形成再造的表土层,可以提高荒漠草场土壤肥力,营造适宜的土壤微生物生活条件,实现固土保根、保水促进植被生长,同时增加植被种类,促进植被群落的良性演替^[4-5]。

2 风沙流及其运动规律

2.1 风沙流的结构

风沙流是一种气固两相流,这种气固两相流在垂直方向随着高度的变化流体中的含沙量不同,运动速度也不一致。吴正等^[6]于1965年最早用指数函数关系来表示不同风速下气流中含沙量随高度的分布(图1)。从图1可以看出,在0~4 cm高度内,各风速下风沙流中沙物质占风沙流中总量的80%左右,这一层次的沙土也正是在草场表面再造土

壤可利用的风沙物质。

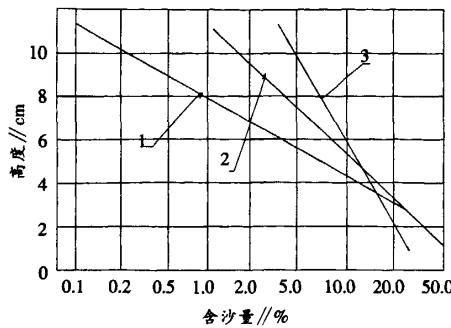


图1 不同风速下风沙流含量随高度的分布

注:1 为 4.5 m/s;2 为 7.3 m/s;3 为 13.3 m/s。

2.2 风沙流的运动规律

风沙流作用下沙粒运动方式有3种,即悬移、跃移和推移。一是悬移。细小的沙粒和尘土在风力冲击和紊流上举力作用下,脱离地面随气流移动叫悬移。二是跃移。风沙流中的沙粒在重力作用下不时下落,以平缓的倾角迅速冲击地面后,再反弹起来继续前进,并使冲击点附近部分的沙粒也加入前进行列。这种弹跳式的前进叫跃移。跃移沙的粒径一般为0.2~0.5 mm,速度可达几至几十厘米每秒。三是推移(蠕动)。沙粒或细砾沿地面滚动或滑行^④。被搬运的沙粒运动方式以跃移为主,占风沙流总含沙量的70%~80%,推移的约为20%,悬移的少于10%。伊万诺夫在1972年给出了沙粒跃移运动轨迹,如图2所示。

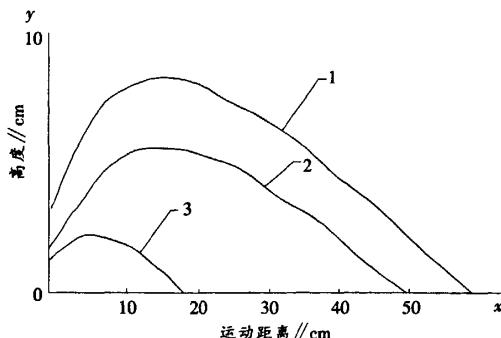


图2 沙颗粒跃移运动轨迹

注:1、2、3 分别表示沙颗粒不同起动风速(m/s)。

图3是典型的沙粒颗粒受力情况。当风沿水平方向吹过时,风和沙粒运动速度分别是 u 、 V_0 ,这样风的作用力是 F_1 ,沙粒的重力和浮力分别是 F_g 、 F_2 。

$$\text{沙粒最大运动高度: } Z_{\max} = \frac{Z_0'^2}{2g_0}$$

$$\text{沙粒最大运动距离: } X_{\max} = \frac{2uZ_0' - \frac{1}{K} \ln[1 + \frac{2KZ_0'(u - X_0')}{g_0}]}{g_0}$$

式中, Z_0' 为垂直分速度, g_0 为垂直分加速度, u 为水平速度, $K = \frac{3C_e\rho}{4\rho_d}$ (其中 C_e 为形态系数, 其值近似为1, ρ 为空气密度, ρ_d 为沙粒密度), X_0' 为水平位移。

2.3 风沙流的可分离性和沉积作用

风沙流的可分离性和沉积特性,当风速减小,或沙粒

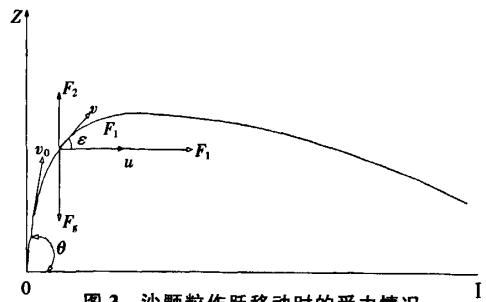


图3 沙颗粒作跃移动时的受力情况

受到地面垫层结构的影响,沙粒与气流产生分离,即发生沉积^{⑤~⑧}。风沙流分离的条件为:风沙流中80%的沙粒按跃移的方式运动,其运动高度大约在4 cm(风速为13 m/s),运动距离随地面结构发生变化。

姚云峰^⑨给出了地表状况与风沙流结构的数学表达式:

$$Z_0 = \exp\left(\frac{\sum \lg Z}{B - \sqrt[3]{S}}\right)$$

式中, Z_0 为地面粗糙度, B 为系数, $\sum \lg Z$ 是各测风高度的对数和, S 为结构数。从公式可以看出,对于固定的测风高度来说,粗糙度 Z_0 与结构数 S 成正比。从而看出,地面结构数 S 的增大有利于沙物质的积存和滞留。工程措施的目的就是创造沙物质积存的条件。

3 表土再造工程

3.1 试验地概况

试验地设在内蒙古苏尼特右旗新宝力格嘎查,地理坐标为北纬 42°59'4", 东经 112°45'12"。苏尼特右旗属于中温带干旱性大陆性气候,四季主要特点:春季(4—5月)干旱风大,温差变化剧烈;夏季(6—8月)短促干热,降雨增多而且集中;秋季(9—10月)天气晴朗,凉爽宜人;冬季(11月至翌3月)盛行西北风,寒冷漫长。水资源少而集中,风能资源丰富但危害性大。全旗年平均气温 3.9 °C, 无霜期 135 d, 多年平均降雨量 160 mm 左右, 蒸发量 2 800 mm 左右, 最近 4 年降雨量平均为 60 mm, 蒸发量在 2 384 mm, 年日照时数 3 200 h, 平均风速 5.5 m/s, 是沙尘暴频发区。试验地草场类型属于温性荒漠化草场类,草场极度退化,植物稀疏,地表植被盖度 5%~10%,遍布砾石,表层土壤已不存在。试验地占地面积 10 hm², 并用围栏防护。同时,设对照区(CK)。

3.2 地面工程处理方法

于 2009 年 11 月 15 日将蓬松的杂草(或庄稼秸秆)均匀地撒在退化的草地表面,厚度控制在 4~6 cm,然后用网格状的尼龙网罩住撒在地表面的草,目的是使其固定,防止被风吹走。撒在地表面的杂草其枝条在地面上的形态各不相同(角度、弯曲、方向等),相互支撑和叠压,形成 1 个多层次、多缝隙的与鸟巢结构相似的垫层。由于风沙流的可分离特性,风沙流在经过鸟巢状地面结构时在由杂草形成的层和缝隙枝条上产生碰撞(具有直射、反射、沉降等)作用,而产生强烈的不规则的涡流,风速降低。同时,风沙流内的沙物质作跃移运动时会跌落在由杂草枝条形成的层和缝隙内,直至将缝隙填满。沙物质与杂草结合,形成稳定的混合土层,完成了土壤再造过程。同时,由于地表粗糙度增加,悬

移高度抬高,也增大了地表风的携沙量。

3.3 工程效果分析

2009年12月24日苏尼特右旗遭遇一场强沙尘暴,27日调查试验地再造土壤厚度平均为3~5 cm。地表平整,积存的土壤将砾石掩埋,达到了预期效果。采用多样点的方法,分别采集再造后的土壤和对照区内0~10 cm深的土壤,经中国农业科学院土壤肥料研究所检验,结果见表1。从表1可以看出,再造后的土壤比CK土壤锌增加114.8%、有

机质增加33.3%、全氮增加77.1%、有效磷增加150.0%、速效钾增加7.8%、pH值降低了1.3%。充分说明了再造后的土壤营养情况大大改善,有利于植物生长。经初步测定,再造后的土壤每20 g重量的土壤内含有2粒植物种子,其含种量的巨大可见一斑。

4 结语

通过对风沙运动理论的分析研究,依据风沙物理学原理设计的“利用沙尘暴进行荒漠化草场再造技术”是可行

表1再造土壤与对照土壤营养成分检验结果

样品	有效锌//mg/kg	有机质//%	全氮//%	有效磷//mg/kg	速效钾//mg/kg	pH值	NH ₄ -N烘干基//mg/kg	NO ₃ -N烘干基//mg/kg
再造土壤	0.58	2.16	0.085	96.0	248	7.5	13.18	12.770
CK	0.27	1.62	0.048	38.4	230	7.6	11.90	3.037

的。使用这一技术可实现荒漠化草场的表土再造,再造后的土壤营养成分和pH值与对照相比有较大改善。建议进一步深入研究土壤再造后草场植被的演替规律;控制再造土壤厚度的技术;采用现代研究手段(风洞、高速摄影、遥控摄影等)对利用沙尘暴对荒漠草场土壤再造技术的理论进行研究。

5 参考文献

[1] 吴正,林裕泉.风沙运动的若干规律及防止风沙危害问题的初步研究[M]//治沙研究(第七号).北京:科学出版社,1965.

(上接第314页)

- [2] 马玉明,王林和,姚云峰,等.风沙运动学[M].呼和浩特:远方出版社,2004.
- [3] 刘贤万.颗粒运动及其数理简析[J].中国沙漠,1993(2):4~11.
- [4] 贺大良.输沙量与风速关系的几个问题[J].中国沙漠,1993(2):17~21.
- [5] R A 拜格诺.风沙和荒漠沙丘物理学[M].钱宁,林秉南,译.北京:科学出版社,1959.
- [6] 杨保,邹学勇,董光荣.风沙流中颗粒跃移研究的某些进展与问题[J].中国沙漠,1999(2):11~16.
- [7] 朱震达.治沙工程学[M].北京:中国环境出版社,1998.
- [8] 董治宝,王涛,屈建军.风沙物理学学科建设的若干问题[J].中国沙漠,2002(3):4~8.

年日照时数的相关性最为显著,其次为年平均风速、年降水量,与年日照时数和年平均风速为正相关,而与年降水量为负相关。

3 结论

研究结果表明,1951—2009年大连市年平均气温显著上升,各季节平均气温也均呈上升趋势,春季和冬季上升趋势明显,夏季和秋季升温较弱。年极端最低、最高气温均呈上升趋势,年极端最低气温上升趋势比年极端最高气温上升趋势更为显著。1951—2009年,大连市年降水量呈下降趋势,但是下降趋势不明显。夏季、秋季、冬季降水量均呈现下降趋势,尤以夏季降水量减少最多,只有春季降水量呈上升趋势。月降水量差异明显,7—8月降水量基本达到全年降水量的50%。大连市年日照时数呈现下降趋势,5月日照时数最多,12月日照时数最少。大连市年平均风速呈下降趋势,4月平均风速最大,8月平均风速最小。从季节平均风速上看,冬春季平均风速大,夏秋两季平均风速较小。大连市年蒸发量呈下降趋势,5月平均蒸发量最大,1月平均蒸发量最小。年蒸发量与年日照时数的相关性最显著,其次为年平均风速、年降水量,与年日照时数和年平均风速呈正相关,而与年降水量呈负相关。

4 参考文献

- [1] 陈隆勋,朱玉琴,王文,等.中国近45年来气候变化的研究[J].气象学报,1998,56(3):257~271.
- [2] 任国玉,吴虹,陈正洪.我国降水变化趋势的空间特征[J].应用气象学报,2000,11(3):322~330.
- [3] 陈文海,柳艳香,马国柱.中国1951~1997年气候变化趋势的季节特征[J].高原气象,2002,21(3):251~257.
- [4] 陈隆勋,周秀骥,李维亮,等.中国近80年来气候变化特征及形成机制[J].气象学报,2004,62(5):634~646.
- [5] 廉毅,倪超玉.吉林省40年来气温和降水的变化[J].应用气象学报,1997,8(2):197~204.
- [6] 韩艳凤,江志红,王翼,等.东北地区夏季降水时空变化特征[J].气象科技,2005,32(2):136~142.

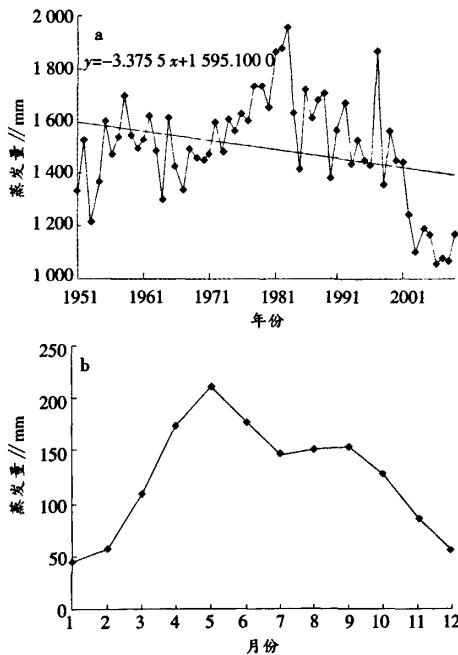


图8 1951—2009年大连市年和月平均蒸发量变化

的2.4倍。年蒸发量与年日照时数的相关系数为0.7007,通过了0.001的信度检验,说明了二者的相关性非常显著。年蒸发量与年平均风速的相关系数为0.5153,也通过了0.001的信度检验,相关性也非常明显。年蒸发量与年降水量的相关系数为-0.2562,通过了0.05的信度检验,而年蒸发量与年平均气温的相关系数仅为-0.1544,未通过信度检验,说明二者相关性不明显。综上所述,年蒸发量与