

# 浑善达克沙地 10 年生态恢复回顾与展望

蒋高明<sup>1</sup>, 刘美珍<sup>1</sup>, 牛书丽<sup>1</sup>, 李永庚<sup>1</sup>, 彭 羽<sup>2</sup>, 李 刚<sup>3</sup>, 苏本营<sup>4</sup>

1. 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093
2. 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081
3. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西杨凌 712100
4. 山东农业大学作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018

**摘要** 2000年以来,为配合国家“京津风沙源治理工程”,中国科学院在浑善达克沙地启动了“浑善达克和京北农牧交错区退化生态系统恢复试验示范研究”重大课题,连续开展了10年的生态恢复工作,取得了重大进展。项目实验区内蒙古正蓝旗巴音胡舒嘎查有72户288口牧民、面积8400hm<sup>2</sup>的沙地草地,具有流动沙丘、半固定沙丘、固定沙丘、滩地、湿地5种景观类型。经过10年生态治理,沙地草地得到了基本恢复,困扰国家的沙尘暴问题基本得到解决;牧民结束了买草历史,每年牧草出现富余;通了公路;牧民住上了新房,安装了交流电;有了自来水,改善了卫生条件;建立了中国草原上最大的“以畜代畜”示范基地。巴音胡舒试验区,作为荒漠化防治与生物多样性保护的典型案例,被媒体大量报道,并进入美国大学教科书。10年来,浑善达克生态恢复取得了明显的生态、社会与经济效益。本文简要回顾了试验的具体做法、取得的进展及存在的问题,并对今后大规模推广应用该试验成果提出了可操作性的建议。

**关键词** 生态恢复;自然力;以地养地;以畜代畜;生态草业

中国分类号 S81

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.25.002

## Ten-year-period Demonstration Project in Hunshandake Sandland and Prospect for the Future Development of Eco-stock Farming Industry

JIANG Gaoming<sup>1</sup>, LIU Meizhen<sup>1</sup>, NIU Shuli<sup>1</sup>, LI Yonggeng<sup>1</sup>, PENG Yu<sup>2</sup>, LI Gang<sup>3</sup>, SU Benying<sup>4</sup>

1. State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China
2. College of Life and Environmental Science, Minzu University of China, Beijing 100081, China
3. College of Life Sciences, Northwest of A&F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China
4. State Key Laboratory of Crop Biology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China

**Abstract** In order to realize the national goal of “combating dust storm and desertification in northern Beijing-Tianjin region”, since 2000, the Chinese Academy of Sciences has initiated a huge demonstration project in Hunshandake Sandland and Northern Beijing agriculture-pasture trans-zones. After 10 years’ experiment in Hunshandake Sandland, great achievements are realized both ecologically

收稿日期: 2011-08-05; 修回日期: 2011-08-11

基金项目: 中国科学院植被与环境变化国家重点实验室自由探索项目(2011ZYTS03); 中国科学院西部行动计划(1-2期)(KSCX1-08-02)项目;

UNESCO Sustainable Management of Marginal Drylands (SUMAMAD, 0064319) 项目; 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2007CB106804); 国家创新团队项目(30821062); 国家科技支撑计划项目(2008BADB0B05)。

作者简介: 蒋高明(中国科协所属全国学会个人会员登记号:S2899004101),研究员,研究方向为植物生理生态学与恢复生态学,电子信箱: jianggm@126.com

and economically. Bayinhushu, the village where the demonstration project was conducted, has 72 household, 288 persons, and a sandland area of 8400hm<sup>2</sup>. The main landscapes include shifting sand dunes, semi-shifting sand dunes, fixed sand dunes, meadows, and wetlands. The serious land degradation has been controlled, plentiful sandland vegetation is recovered, and dust storms are ceased in the demonstration area. The local herdsmen have ended the history of buying forages during winter and early spring from the market, nowadays, they are able to sell the superfluous forages to the market. Herdsmen of Bayinhushu now have their own driveways, new houses, tap-waters, and bathrooms; the living standard is significantly improved. The largest demonstration base for "replacing livestock with poultry" in China's grassland has established. The successful restoration story of Bayinhushu, especially as the case of desertification prevention and biodiversity conservation, has been intensively reported by academic journals and/or media both nationwide and internationwide. The prestigious *Science* magazine once reported the project achievement as a great ecological event in its special column of News Focus. The US college textbook, *Geology and the Environment* (6e), also refers Hunshandake story as the successful case of dust storm controlling. The main approaches, achievements, and challenges involving the demonstration project after 10 years' operation are concisely reviewed. Suggestions that are based on the actual practices and go far toward the sustainable development of eco-stock farming industry in a large region of grassland, especially in the four main sandlands in China have been put forward.

**Keywords** ecological restoration; natural process; nursing the land using the land itself; replacing livestock with poultry; eco-stock farming industry

## 0 引言

浑善达克沙地距北京正北的直线距离为180km, 面积为5.3万km<sup>2</sup>, 曾经牧草丰美。进入21世纪以来, 由于连年超载过牧, 该沙地严重退化, 并由此诱发了严重的沙尘暴<sup>[1]</sup>。为治理沙尘暴, 2000年国家紧急启动“京津风沙源治理工程”, 为配合这一工程的科学实施, 中国科学院同步启动了“浑善达克和京北农牧交错区退化生态系统恢复试验示范研究”重大课题。在这片沙地上, 诞生了一系列全新的治沙理念, 如“以地养地”<sup>[2-3]</sup>、“借助自然力恢复”<sup>[4]</sup>、“畜南下、禽北上”<sup>[5]</sup>, 在国内外引起了较大反响。本文主要介绍浑善达克沙地生态恢复10年主要做法、取得的进展、存在的挑战以及今后生态草业发展等。

## 1 生态恢复主要措施

### 1.1 研究地点概况

中国有四大沙地, 全部在内蒙古自治区境内, 分别是浑善达克沙地、科尔沁沙地、毛乌素沙地和呼伦贝尔沙地, 总面积约15.6万km<sup>2</sup>。在浑善达克沙地, 沙地榆(*Ulmus pumila* var. *sabulosa*)稀树疏林草原景观在北半球是少见的。在20世纪60年代, 浑善达克流动沙丘只有2%左右, 2000年流动沙丘达70%。治理沙尘暴需从稳定下垫面植被入手, 即采取有效措施将植被, 尤其是沙地草地恢复起来。

试验地点位于内蒙古正蓝旗巴音胡舒嘎查(村), 有72户288口牧民, 土地8400hm<sup>2</sup>, 属典型的浑善达克沙地。10年前, 牧民为了致富大量养殖牲畜, 中等牧户每家养殖60多头牛和300多只羊。全嘎查牲畜数量达11566头, 其中羊在总牲畜中所占比重较大, 约为57%—75%。仅1990—1993年4年内, 山羊数量增长了3倍。如此众多的牲口越冬是个大难题, 每年冬春季节的草料总是不够用, 牧户不得不每年花约1万元去100km外的地方买草。

### 1.2 植树造林失败

2000年, 在草原、农牧交错区、沙地甚至新疆的沙漠, 稳定地表植被的流行做法是植树造林, 用树木阻挡沙尘暴。2001年春, 设计了乔、灌、草多层次、高密度的防风林。为了保证树木成活, 使用生根剂处理树苗。当年, 种植的旱柳(*Salix matsudana*)萌芽了, 然而好景不长, 第2年那些树木就不再抽叶。实际上, 第1年是树木假萌发, 植物用的养料是树干储存的, 半干旱区强烈的蒸发、严酷的冬季、强烈的大风使得它们很难生存, 第2年栽植的树木全部死亡。

### 1.3 压缩牲畜数量并种植牧草

为保障牲畜有足够的草料并安全越冬, 采取了2个方案。方案之一是压缩牲口数量, 使草料相对充足。指导牧民对牲畜结构进行调整, 减少羊尤其是山羊数量, 增加牛在牲畜中的比例。2002年总牲畜减至5783头, 牲畜总数减少了50%, 调整后, 牛由原来的25%增至43%<sup>[6]</sup>。为减少数量下降造成的经济损失, 主要采取提高牲畜质量的做法, 如引导牧民改养产奶量明显高于本地“笨”牛的锡盟达尔奶牛。这样, 牲畜数量虽有所下降, 但收入下降不明显, 牧民能够接受。即使如此, 草畜矛盾依然十分突出, 便实施了第2方案, 即给牲口种草, 在小范围土地上高效生产牧草。选择严重退化的2667hm<sup>2</sup>土地进行试验, 其中67hm<sup>2</sup>(占2667hm<sup>2</sup>土地的2.5%)作高效地, 将大面积沙地草地生态恢复的压力放到这2.5%的土地上。在这少量的土地上进行高投入, 如打井、架电、修路, 而在剩余土地上, 基本不投入, 只建围栏, 任其自然恢复, 仅在严重退化的流动沙丘上种植一些灌木或插一些柳条作为沙障。将这种利用一小片, 保护一大块的土地利用方式, 称为“以地养地”生态恢复模式, 即种666.6m<sup>2</sup>人工饲料地, 可以使3.3—6.7hm<sup>2</sup>退化沙地草地得到自然恢复<sup>[7]</sup>。

从中国科学院遗传与发育研究所引进生长期只有3个月的英红玉米(*Zea mays* var. *rugosa*)。开始围封草地时, 牧民怀

疑和抵制,他们觉得本来草场就不够用了,围封掉了嘎查 1/3 的草地,无疑更加重了放牧压力。当地领导耐心说服了牧民,让他们配合试验,并承诺如出现损失,由旗人民政府负责补偿,这样试验才得以继续进行。在地方政府的有利配合下,2667hm<sup>2</sup> 严重退化的草场被彻底封育起来,同时组织专人看护,防止牲口进入破坏。

#### 1.4 自然力恢复

对大面积退化沙地,采取自然力恢复措施,即利用土壤库幸存的各种繁殖体以及植物繁殖的种子为种源,不引进外来种。浑善达克沙地有高等植物 800 多种,其代表植物有沙地榆、白桦 (*Betula platyphylla*)、枫树 (*Acer pictum subsp. mono*)、山丁子 (*Malus baccata*)、稠李 (*Prunus padus*)、小红柳 (*Salix microstachya*)、野玫瑰 (*Rosa multiflora*)、赖草 (*Aneurolepidium dasystachys*)、羊草 (*Leymus chinensis*)、大画眉草 (*Eragrostis pilosa*)、冰草 (*Agropyron cristatum*)、黄花菜 (*Hemerocallis citrina*)、金莲花 (*Tropaeolum majus*)、百合 (*Lilium brownii var. viridulum*)、干枝梅 (*Limonium bicolor*)、地榆 (*Sanguisorba officinalis*)、马先蒿 (*Pedicularis rhinanthoides*)、红门兰 (*Orchis brevicalcarata*)、报春花 (*Primula malacoides*)、批针叶黄华 (*Thermopsis lanceolata*)、蓝刺头 (*Echinops laizfolius*) 等。在长期的生态进化过程中,这些植物具有很强的生态适应能力。至于野生动物,如狼 (*Canis lupus albus*)、黄羊 (*Canis lupus campestris*)、马鹿 (*Cervus elaphus*)、狍子 (*C. pygargus*)、獾 (*Meles meles*)、沙狐 (*Vulpes corsac*)、野兔 (*Lepus sp.*) 等之前很常见,在保护的前提下自行恢复。浑善达克沙地生态景观非常丰富,至少存在 5 种生境类型,分别是流动沙区、半流动沙丘、固定沙丘、塔拉(蒙语,意为丘间低地)、淖尔(湿地),不同生境分别有不同植物,其中后 3 种类型恢复本地物种相对容易,仅在流动沙丘上建造人工沙障,以稳定地表土壤,保证植物定局。

#### 1.5 以禽代畜

大面积退化沙地草地封育后,采取“以禽代畜”做法,即牛羊逐步被鸡鹅等禽类替代,增加牧民收入(图 1)。该做法具有以下优点。(1)充分利用草原空间资源。草原空间大,禽类自由活动的空间大。(2)充分利用草原的水热资源。草原年降水量虽只有 250—450mm,但集中在 6—9 月,这一时期光照充



图 1 草原养鸡

Fig. 1 Chicken farming on the grassland

足、雨量集中、温度适宜,对禽类健康有利。(3)充分利用草原食物资源。草原上的各种昆虫、草籽、嫩叶、灌木籽、树种都是很好的“粮食”。(4)减少牧民劳动强度。草原养鸡仅利用植物生长的三四个月时间,加上育雏以及后期出售所需时间,前后生产周期不超过 6 个月,牧民“劳作半年,休息半年”,传统的接冬羔、冬季放牧等辛苦活从此远离牧民。(5)大大提高牧民收入,促进生态恢复,为当地牧民带来新的生态就业机会<sup>[3]</sup>。自 2005 年起,带动牧民先后养殖 10 万只鸡,自 2010 年起,在草原养殖柴鸡的基础上引领发展草原柴鸡蛋产业。

## 2 浑善达克沙地生态恢复 10 年主要进展

### 2.1 生态效益

在没有牲口破坏的前提下,沙地草地被压制的自然力得到充分释放。2002 年 6 月,高效饲料地英红玉米高度不足 30cm 时,封育区草层高度已达 1.43m(图 2),产草量为 39750kg/hm<sup>2</sup>(鲜重);2003 年,滩地草丛最高达 1.85m,生物量超过 48750kg/hm<sup>2</sup>(鲜重)。2003 年沙地榆幼树平均为 1.8 株/m<sup>2</sup>,实生苗为 7 株/m<sup>2</sup>,其中固定沙丘阴坡坡基处,幼苗高达 158 株/m<sup>2</sup><sup>[7]</sup>;2008 年自然生长的榆树高度已达 5—8m。试验区内地内植被总盖度达 60%,许多地段为 100% 恢复(图 3)。以前靠人工种植都难以成活的小红柳 3 年后自然发生了,2011 年已形成稳定的群落(图 4)。与对照组相比,固定沙丘生物量提高了 3.8 倍,丘间低地提高了 9 倍(图 5)。恢复前固定沙地以冷蒿 (*Artemisia frigida*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*) 和寸草苔 (*Carex duriuscula*) 等为主,2 年后冰草、本地肤 (*Kochia prostrata*) 等占优势;沙丘低地群落的优势植被由羊草、披碱草 (*Elymus dahuricus*) 等取代了灰绿藜 (*Chenopodium glaucum*) 和尖头叶藜 (*C. acuminatum*) 等。野生动物野兔、沙狐、大雁 (*Branta canadensis*)、灰鹤 (*Grus grus*) 甚至狼又回到了这片土地。



图 2 封育 1 年的浑善达克沙地草本植物

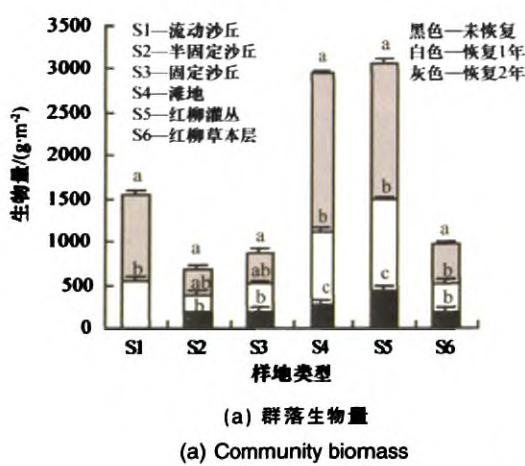
Fig. 2 Vegetation in the meadow of Hunshandake Sandland after only one year's enclose



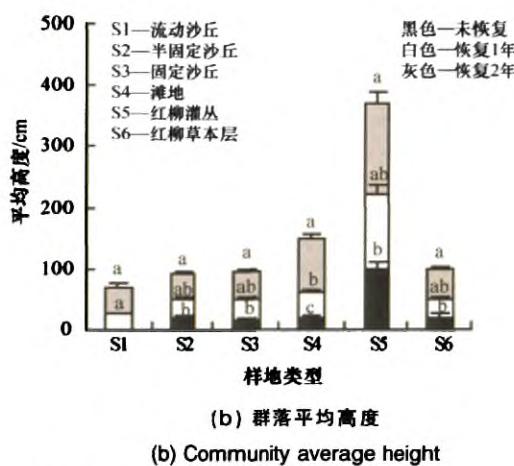
图3 生态恢复4年后浑善达克沙地自然生长的赖草群落  
Fig. 3 *Aneurolepidium dasystachys* community restored naturally in Hunshandake Sandland after four years' enclose



图4 自然恢复的小红柳群落  
Fig. 4 *Salix microstachya* community restored naturally



(a) 群落生物量  
(a) Community biomass



(b) 群落平均高度  
(b) Community average height

图5 不同样地恢复前后群落生物量及平均高度的变化

Fig. 5 Community biomass and average height variations of different site types before and after regeneration

注:字母a—c表示同一样地类型内显著性差异( $P<0.05$ )。

Note: Letters a—c show significant difference in the same site type at  $P<0.05$ .

在相同降水量下,浑善达克沙地周边的草原生物量只有10t 碳/ $\text{hm}^2$ ;而“泼”在沙地上,就变成了30t 碳/ $\text{hm}^2$ 。沙地上年(实际上只有3.5个月)平均生产力为10.67t 碳/ $\text{hm}^2$ (包括根系),其中草贡献了93.3%,灌木6.4%,林仅贡献了0.3%<sup>[8]</sup>。

沙地草地自然力释放后,植物群落恢复给科学家带来了极好的研究机遇。本研究团队围绕土壤种子库<sup>[9]</sup>、稀树疏林净生产力、豆科植物的功能<sup>[10-11]</sup>、植物水分生态学<sup>[12-14]</sup>、沙地草地植物气体交换<sup>[15-20]</sup>、叶绿素荧光动力学<sup>[21-22]</sup>、生境<sup>[23]</sup>与牲畜啃食<sup>[24]</sup>对植物性状塑造性等问题开展了大量研究,回答了沙地草地在减少人为压力下快速恢复的生态学机制。

## 2.2 社会效益

中国科学院巴音胡舒生态恢复试验成功后,产生了巨大的社会影响,除了国内外媒体以及学术刊物对该试验进行了大量报道外<sup>[16-25-26]</sup>,巴音胡舒牧民也切身体会到变化。

(1) 牧民家有了草。原来由于过度放牧,沙子被啃出来了,牧民每年须花钱买草,如今每家可以分到1—2万元的优

质牧草。

(2) 牧民家有了电。2000年试验开始时,牧民家只能用12V风力直流发电机发出的电,只能用来照明和看黑白电视,本研究团队的仪器根本没有办法充电。试验开始后,投资30万元将交流电引进了村庄。

(3) 牧民有了自己的公路。以前轿车根本进不了嘎查(村庄),越野车经常陷在沙子里。2007年,联合国教科文组织(UNESCO)、联合国大学(UNU)、国际干旱农业研究中心(ICARDA)等国际组织召集12个干旱、半干旱区国家30名专家来到巴音胡舒试验点现场观摩,为配合国际会议在巴音胡舒召开,正蓝旗人民政府投资130万元修建了从207国道到巴音胡舒嘎查的10km的砂石路。

(4) 牧民有了安全的饮用水。以前牧民喝的水是浅层地下水,水井就在牲口圈附近,打出来的水是浅黄色的,含有亚硝酸盐等有害物质。现在,村里打出了深井,牲口与居民区分离了,饮用水更加安全。

(5) 牧民家有了卫生间。过去在巴音胡舒嘎查开展野外工作时,上厕所很困难,因为牧民家根本没有厕所。现在随着牧民卫生意识增强,加上政府扶持,嘎查建造了公共厕所,且每家都有卫生间。

(6) 全嘎查牧民住上新房。2008年,正蓝旗将巴音胡舒嘎查列为全旗社会主义新农村建设的3个示范嘎查之一,为每户投资近14万元,共投入1000万元对整个嘎查住房进行搬迁改造。土炕换成席梦思,有暖气、自来水、网络、卫生间等。

生态恢复10年后,巴音胡舒嘎查退化沙地草地得到全面恢复,生物多样性也得到有效保护。正蓝旗巴音胡舒嘎查作为中国保护生物多样性的成功案例之一<sup>[27]</sup>,被美国*Science*报道<sup>[28]</sup>,并进入美国大学教科书<sup>[29]</sup>,在国内外广为人知。试验充分证明,减少人为破坏、建立自然保护区可实现大面积沙地草地退化生态系统的恢复<sup>[29-31]</sup>。

### 2.3 经济效益

2004年,牧民由原来的每户每年买10t干草,到每户分到35t干草,发生了翻天覆地的变化。牧草出现了富裕,该嘎查结束了买草的历史。2667hm<sup>2</sup>草地的成功恢复还带动全嘎查8400hm<sup>2</sup>草场的恢复。

草原生态产业效益很可观。以草原养鸡为例,不计牧民劳动力成本,每只鸡净赚15元左右,超过牧民养牛羊的收入(平均150元/hm<sup>2</sup>)。牧民那森乌日图2007年养殖400只鸡,净收入7000多元;2010年,该牧户卖掉了所有的牛羊,改养鸡和发展生态旅游,年收入超过10万元。因为有了大量的草,奶产业得以发展,宝力格、赛华力格、刚苏和、额尔登毕力格、嘎日玛5户牧民加工传统的有机奶食品,户均收入5万元以上。

## 3 生态恢复面临的主要挑战

就目前土地利用格局来看,中国草地发挥的是低效益的生产功能和部分生态功能。由于土地利用效率低,牧民为增加收入放养大量牲口,造成草原出现不同程度的退化,直接诱发了沙尘暴等生态灾难;初级生产力下降后,虫鼠害更加猖獗,土壤损失加剧;几万年土壤中固定的碳被释放出来,草地的生态功能也因生产力下降而不能有效发挥<sup>[32]</sup>。前10年的生态恢复中,取得效益最大的是国家生态效益,其次是地方的社会效益,但牧民的经济效益没有很好地实现。必须根据人类已掌握的科学知识,探索草原生态与生产功能,改善治本的技术措施。如果沙地草地采取新的土地利用方式,即使出发点是好的,但依然面临下面的几种挑战。

挑战之一是土地已经分到牧民手中,草原已被围栏分割,整合土地资源存在难度。解决方案是,根据牧民自己的意愿采取适当补助做法,优先发展条件好、积极性高的牧户,发挥带头示范作用。

挑战之二是生态产品的市场化问题。除传统畜产品在当地销售外,“以畜代畜”新兴草产业面临禽蛋类产品销售难

题,优质无优价,存在规模和市场对接问题。目前的风险都压在企业头上,使得投入资金回笼受阻。解决方案是投入一定的种子资金,由企业牵头做前期的营销工作,由牧民承担部分育雏、养殖风险。先小规模试验,然后逐步扩大规模,规避形式主义造成的市场风险。

挑战之三是管理中存在的问题。国家投入的资金使用效率低,资金使用不透明,牧民受益面小。解决方案是制定科学的资金使用规章制度,人员使用量才而用,避免为了领导满意而搞形象工程等唯上做法,牧民由被动参与变主动参与。要充分发挥人民群众的聪明才智,科学家要善于总结经验,不能盲目指挥。

## 4 生态草产业构想

中国有各类草地4亿hm<sup>2</sup>,占国土面积的41.6%,但仅承载1.62亿人口,占全国人口的12.2%;而占国土面积仅12.5%的1.2亿hm<sup>2</sup>耕地却承载8.1亿人口,还为4.2亿城市人口提供了粮食、蔬菜、蛋以及约80%的肉类。数千年来粗放使用草地,对草地缺乏必要的技术、资金以及劳动力投入,是造成草地生产力与人口承载力下降的根本原因。因此,建议在中国科学院连续10年浑善达克沙地生态治理试验示范研究基础上,研究提高沙地草地生产力与牧民收入的治本措施,并建立大型草业特区进行示范,从中寻找经验,率先在中国四大沙地(约15.6万km<sup>2</sup>)上推广。可针对生态草业特区基本单元(嘎查)可持续草业发展的瓶颈问题——牧民增收,开展先导研究,从而绘制生态恢复与草业可持续发展的路线图,提取生态草业发展的关键参数,为进一步设计大型生态草业试验示范项目提供可资借鉴的样本。

新兴草产业的构想是,以保护草原生态环境为主线,不使用会造成环境污染的化学物质作为增产手段,恢复沙地草地自然生态系统;逐步拆除围栏;将牧民收入在现有基础上加倍,由现在的每人每年5000元提高到1万元;充分利用传统牧业优势,尊重内蒙古牧区传统文化,提升牧民生活水平;草地退化得到根本遏制。现在以生态草业基本单元(嘎查)为例,建议开展生态草业项目如下。

第一,选择适宜优质高产饲草料品种,发展优质高产饲草料栽培技术<sup>[33]</sup>;平衡配比施肥和根瘤菌固氮技术;发展杂草和病虫害防治技术、群落稳定性调控技术、新技术物质运用技术、优化刈割技术、饲草料加工调制技术等。带动20户牧民在667hm<sup>2</sup>高效地中进行该项试验,所生产的牧草满足400头基础母畜分需求,部分豆科苜蓿加工成鸡蛋蛋白饲料,多余的进入市场。

第二,选择塔拉等生态良好区域进行围栏封育,在干旱的春季进行人工补水,在雨季进行天然矿物与有机肥添加,利用已有的牧草及其植物多样性发展多样化牧草,将天然草地生产力在现有的基础上提高50%—100%。试验规模为1333hm<sup>2</sup>,满足400头基础母畜常年牧草需求,多余的进入市

场。带动 40 户牧民经营该项草产业。

第三, 充分利用沙地草地空间与牧草资源优势, 压缩养殖规模, 轮流使用草地, 每户牧民限养 20 头母牛, 利用双胚胎和胚胎性别鉴定技术, 实现年产 25—30 头牛犊, 当年离开草原, 彻底避免“春瘦、秋肥、冬掉膘”恶性循环, 使牧民毛收入达到 5—6 万元, 扣除部分精料成本后净收入实现 4 万元以上; 结合国家生态补偿机制(4 口之家增加 1.2 万元), 保证牧民收入在现有基础上加倍, 而其当年利用的草原减少至原来的 1/3。带动 40 户牧民从事该项产业试验与示范。

第四, 充分发挥草原上活动空间大、天然食物充足的优势, 将杂食性家禽引入草原替代部分家畜, 利用草原牧鸡相关的产品保证牧民的经济收入提高。4 月份育雏, 6 月份利用柳编的可移动鸡舍进行游牧散养, 将家禽采食活动与害虫防治、草原施肥有机结合起来。这样不仅有利于植物生长, 也有助于生产高品质禽产品, 从而带动牧民致富。利用畜力进行养殖场地转移, 既养禽又养畜。示范带动 40 户牧民从事草原牧鸡活动, 放养产蛋母鸡 2 万只, 实现产值 200 万元。

第五, 在保护前提下充分利用沙地草地植物资源。中国沙地植被具有丰富的植物资源, 合理开发利用沙地资源植物, 重视豆科植物的功能<sup>[34]</sup>, 既是当前生态治理工程的重要内容, 也是健康生态草业建设和农林牧复合经营可持续发展的前提条件和必要保障。开展对沙地资源植物的种质资源保护、引种驯化、栽培、可更新性维护和合理开发利用, 研制出具有经济效益的沙地植被重建技术和沙区可持续发展的资源植物利用技术, 从而有效促进沙地受损生态系统的生态恢复重建、生态环境保护以及地方经济的可持续发展。

## 5 结论

中国科学院在浑善达克沙地连续进行 10 年的生态恢复实践充分表明, 只要尊重自然规律, 严重退化的沙地草地就能够得到有效恢复, 实现生态系统功能。充分发挥自然力, 可起到“事半功倍”的效果。牧民收入的提高需要改变传统的数量畜牧业做法, 充分利用生长季节的雨热资源, 避免牲畜“春瘦、秋肥、冬掉膘”恶性循环, 可以适当发展草地幼畜以供农区育肥, 或发展“以禽代畜”替代生计, 减少土地压力, 提高牧民经济收入。国家和地方的经费使用应重点解决社区生存的压力, 释放自然的恢复潜力。生态保护与生态建设涉及许多部门, 如林业、农业、水利、环保、矿产资源、土地、自然保护区等。经费的发放应考虑具有较好经济实力和信誉的企业或科研单位, 采取的措施必须建立在成功的科学试验基础之上, 而不能停留在理论推导上。在治理中应当考虑使退化地区的“当事人”受益, 而不是政府或者部门“养人”。治理后的效果应当能够巩固, 社区的经济、生态应当可持续发展。

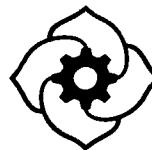
## 参考文献(References)

- [1] 韩同林, 林景星, 王永, 等. 京津地区“沙尘暴”的性质和治理——以北京 2006 年 4 月 16 日的尘暴为例[J]. 地质通报, 2007, 26(2): 117—127.
- [2] 蒋高明. 沙尘暴及其治理[J]. 中国科学院院刊, 2002(6): 419—423.
- [3] Jiang Gaoming. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2002(6): 419—423.
- [4] 蒋高明. 退化生态系统的恢复与管理——兼论自然保护区在其中发挥的作用[J]. 植物学通报, 2003, 20(3): 373—382.
- [5] Jiang Gaoming. Chinese Bulletin of Botany, 2003, 20(3): 373—382.
- [6] 蒋高明. 以自然之力恢复自然[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [7] Jiang Gaoming. Using the natural source to restore the degraded ecosystem[M]. Beijing: China Hydrological Press, 2007.
- [8] 蒋高明. 草原养禽好处多[N]. 第一财经日报, 2009—07—20.
- [9] Jiang Gaoming. Beneficents from chicken farming in grassland[N]. Chinese Business Times, 2009—07—20.
- [10] 刘美珍, 蒋高明, 高雷明, 等. 浑善达克沙地退化生态系统恢复试验研究[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2719—2727.
- [11] Liu Meizhen, Jiang Gaoming, Gao Leiming, et al. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(12): 2719—2727.
- [12] 李永庆, 蒋高明, 高雷明, 等. 人为干扰对浑善达克沙地榆树疏林的影响[J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 829—834.
- [13] Li Yonggeng, Jiang Gaoming, Gao Leiming, et al. Acta Phytocologica Sinica, 2003, 27(6): 829—834.
- [14] Li G, Liu M Z, Li Y G, et al. Biomass carbon storage and net primary production in different habitats of Hunshandake Sandland, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(4): 217—224.
- [15] Liu M Z, Jiang G M, Yu S L, et al. The role of soil seed bank in natural restoration of the degraded Hunshandak Sandland, North China[J]. Restoration Ecology, 2009, 17(1): 127—136.
- [16] Niu S L, Jiang G M, Gao L M, et al. Comparison of gas exchange traits of different plant species in Hunshandak Sandland Area [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2003, 27(3): 318—324.
- [17] Niu S L, Jiang G M, Wan S Q, et al. A sand-fixing pioneer C<sub>3</sub> species in sandland displays characteristics of C<sub>4</sub> metabolism [J]. Environmental and Experimental Botany, 2006, 57(2): 123—130.
- [18] Niu S L, Jiang G M, Li Y G, et al. Diurnal gas exchange and superior resources use efficiency of typical C<sub>4</sub> species in Hunshandak Sandland, China[J]. Photosynthetica, 2003, 41(2): 221—226.
- [19] Niu S L, Peng Y, Jiang G M, et al. Differential responses to simulated precipitation exhibited by a typical shrub and a herb coexisted in Hunshandak Sandy Land[J]. Acta Botanica Sinica, 2004, 46(10): 1170—1177.
- [20] Niu S L, Jiang G M, Wan S Q, et al. Ecophysiological acclimation to different soil moistures in plants from a semi-arid sandland[J]. Journal of Arid Environments, 2005, 63(2): 353—365.
- [21] 黄振英, 董学军, 蒋高明, 等. 沙柳光合作用和蒸腾作用日动态变化的初步研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 817—823.
- [22] Huang Zhenying, Dong Xuejun, Jiang Gaoming, et al. Acta Botanica Boreali-Occidentalis Sinica, 2002, 22(4): 817—823.
- [23] Li Y G, Jiang G M, Niu S L, et al. Gas exchange and water use efficiency of three native tree species in Hunshandak Sandland of China [J]. Photosynthetica, 2003, 41(2): 227—232.
- [24] Liu M Z, Jiang G M, Li Y G, et al. Gas exchange, photochemical efficiency and leaf water potential in three *Salix* species[J]. Photosynthetica, 2003, 41(2): 393—398.
- [25] Liu M Z, Jiang G M, Li Y G, et al. Photosynthetic characteristics of a C<sub>3</sub> pioneer species[J]. Photosynthetica, 2003, 41(3): 293—296.
- [26] Niu S L, Jiang G M, Li Y G, et al. Comparison of photosynthetic traits between two typical shrubs: legume and non-legume in Hunshandake

- Sandland[J]. *Photosynthetica*, 2003, 41(1): 111–116.
- [20] Peng Y, Jiang G M, Liu X H, et al. Photosynthesis, transpiration, water use efficiency of four plant species with grazing intensities in Hunshandake Sandland, China[J]. *Journal of Arid Environments*, 2007, 70: 304–315.
- [21] Jiang C D, Jiang G M, Wang X Z, et al. Increased photosynthetic activities and thermostability of photosystem II with leaf development of elm seedlings (*Ulmus pumila*) probed by the fast fluorescence rise OJIP[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2006, 58(1–3): 261–268.
- [22] Li Y G, Li L H, Jiang G M, et al. Traits of chlorophyll fluorescence in 99 plant species from the sparse–elm grassland in Hunshandak Sandland [J]. *Photosynthetica*, 2004, 42(2): 243–249.
- [23] Su H, Li Y G, Lan Z J, et al. Leaf-level plasticity of *Salix gordejevii* in fixed dunes compared with lowland in Hunshandake Sandland, North China[J]. *Journal of Plant Research*, 2009, 122: 611–622.
- [24] Zhang Z, Wang S P, Jiang G M, et al. Responses of *Artemisia frigida* Willd. (Compositae) and *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel. (Poaceae) to sheep saliva[J]. *Journal of Arid Environments*, 2007, 70: 111–119.
- [25] Jiang G M. The control of sandstorms in Inner Mongolia[M]// Lee C, Schaaf T, eds. The Future of Drylands. Paris: UNESCO Press, 2008: 471–482.
- [26] Normile D. Getting at the roots of killer dust storms (Jiang Gaoming's story)[J]. *Science*, 2007, 317: 314–316.
- [27] 锡林郭勒盟行政公署. 锡盟正蓝旗巴音胡舒嘎查成为中国保护生物多样性的成功案例 [EB/OL]. [2010–05–25]. <http://www.nmg.gov.cn/nmdt/ArticleContent.aspx?id=62821&ClassId=172&ChannelId=137>.
- Xilingol League Government Office. Zhenglan Banner of Xilgol League became a successful case in biodiversity conservation of China[EB/OL].
- [2010–05–25]. <http://www.nmg.gov.cn/nmdt/ArticleContent.aspx?id=62821&ClassId=172&ChannelId=137>.
- [28] Pipkin B, Trent D D, Hazle R, et al. Geology and the environment[M]. 6th ed. Australia, Brazil, Japan, Korea, Mexico, Singapore, Spain, United Kingdom and United States: Brooks/Cole Cengage Learning, 2010.
- [29] Jiang G M, Liu M Z, Han N Y, et al. Potential for restoration of degraded steppe in the Xilingol Biosphere Reserve through urbanization [J]. *Environmental Conservation*, 2003, 30(3): 304–310.
- [30] Peng Y, Jiang G M, Liu M Z, et al. Potentials for combating desertification in Hunshandak Sandland through nature reserve [J]. *Environmental Management*, 2004, 35(4): 453–460.
- [31] 彭羽, 蒋高明, 李永庆, 等. 浑善达克沙地榆树疏林自然保护区核心区设计的初步研究[J]. 植物生态学报, 2005, 29(5): 775–780.
- Peng Yu, Jiang Gaoming, Li Yongqeng, et al. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(5): 775–780.
- [32] 王光美, 蒋高明, 彭羽, 等. 基于社区发展的生物多样性保护策略——以浑善达克沙地生态恢复为例 [J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1459–1465.
- Wang Guangmei, Jiang Gaoming, Peng Yu, et al. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(6): 1459–1465.
- [33] 牛书丽, 蒋高明. 人工草地建设在退化生态系统恢复中的作用[J]. 应用生态学报, 2004, 15(9): 1662–1666.
- Niu Shuli, Jiang Gaoming. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(9): 1662–1666.
- [34] 牛书丽, 蒋高明. 豆科植物在中国草原生态系统中的地位及其生理生态研究[J]. 植物学通报, 2004, 21(1): 9–18.
- Niu Shuli, Jiang Gaoming. *Chinese Bulletin of Botany*, 2004, 21(1): 9–18.

(责任编辑 孙秀云)

·学术动态·



## “第九届全国表面工程学术会议”征文

中国机械工程学会主办的“第九届全国表面工程学术会议”将于 2011 年 10 月 26—28 日在浙江宁波召开。

**征文范围:** 表面工程基础理论、表界面科学; 物理气相沉积和化学气相沉积薄膜技术; 电 / 化学沉积、阳极 / 微弧氧化等液相表面处理技术; 喷涂及自动化表面工程技术; 化学表面热处理、三束材料表面改性技术; 氮化、渗碳、三束等材料表面改性技术; 功能薄膜(光、电、磁功能薄膜); 有机涂层技术; 分子薄膜、微纳表面工程; 摩擦、磨损与润滑; 腐蚀与防护技术; 生物表面工程; 其他表面工程相关研究。

**摘要截止日期: 2011 年 12 月 31 日; 论文截止日期: 2012 年 5 月 31 日。**

**电    话:** 027-83641631。

**电子信箱:** zhangfanwh@qq.com。