

沙坡头地区人工生态系统的建立 与生物类群的繁衍

刘家琼 石庆辉 李玉俊

(中国科学院兰州沙漠研究所, 兰州 730000)

摘要 在沙坡头格状沙丘上建立人工生态系统始于1956年。经过30余年的植物引种和筛选实践, 当地少浆植物^[1]——油蒿 (*Artemisia ordosica*)、柠条 (*Caragana korshinskii*) 和花棒 (*Hedysarum scoparium*) 是我们人工生态系统里的主要建群植物。该系统在初建的10年内, 植被覆盖度呈上升趋势, 10年以后覆盖度由30%下降至20%, 再往后的约20年间又下降至10%以下。但由于兰藻类、藓类和草本等植物及微生物的出现并繁衍, 形成了生物结皮。随之, 动物种类出现和丰富起来了。相对稳定的生物类群、生态系统的结构和能量传递模式等都在形成和发展之中, 它为荒漠地区的草场重建提供了经验, 也为研究该地区生物多样性的动态过程提供了场所。

关键词 人工生态系统, 物种, 衰退, 恢复

1 问题的提出

包兰铁路兰州至银川段要六次穿越腾格里大沙漠, 绵延长约40 km。为保证火车安全运营, 采用生物措施固阻流动沙丘迁移掩埋铁轨是我们的研究课题。研究区选定在腾格里沙漠流动最高大的沙坡头格状沙丘地段, 它长达16 km。

2 自然概况

研究地区位于宁夏回族自治区中卫县境内, 地处腾格里沙漠东南缘, 为草原化荒漠地区, 海拔1500 m, 沙漠类型主要是格状新月形沙丘链(封2), 高大密集, 连绵不断, 由西北向东南倾斜, 主梁相对高度为5~10 m, 主梁间距为50~150 m。植被覆盖度约为1%。

该地区气候干燥, 夏季炎热, 冬季严寒。年均气温为9.6℃, 1月气温约为-6.9℃, 7月气温约为24.3℃, 绝对最高气温为38.1℃, 沙面最高气温可达74℃, 绝对最低气温为-25.1℃, 年极端温差为63.2℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温为3017℃; 4月下旬为初霜期, 终霜期在4月中旬, 植物生长期为150~180天; 年均降水量为186.2 mm, 多集中在夏秋两季, 夏季的降水量占59%, 降雨集中造成旱期加长, 最长旱期达86天; 年均空气湿度为43%, 最湿的8月其空气湿度也只有57%; 蒸发量达2690.3 mm, 约为年降水量的13倍, 干燥度为2.5; 年均风速为2.8 m/s, 最大风速达19.0 m/s; 起沙风速为4.5 m/s, 风向以西北为主, 次为东风和东北风; 土壤属棕钙土地带, 但分布有大面积流动风沙土, 山前沙层厚度为3~5 m, 格状沙丘覆沙厚达45~80 m, 其沙层稳定含水量仅为2~3%。

3 试验设计与研究方法

3.1 样地的选择 沙坡头地段的沙丘,每年从西北向东南移动3~4 m。为此,我们确定铁路北侧的固沙带宽度为500 m,南侧的固沙带宽度为200 m。分别于1956年、1964~1965年、1966年和1981~1982年,扎设1×1 m麦草方格组成固沙屏障,以稳定沙面(图1、封2),再栽种植物。

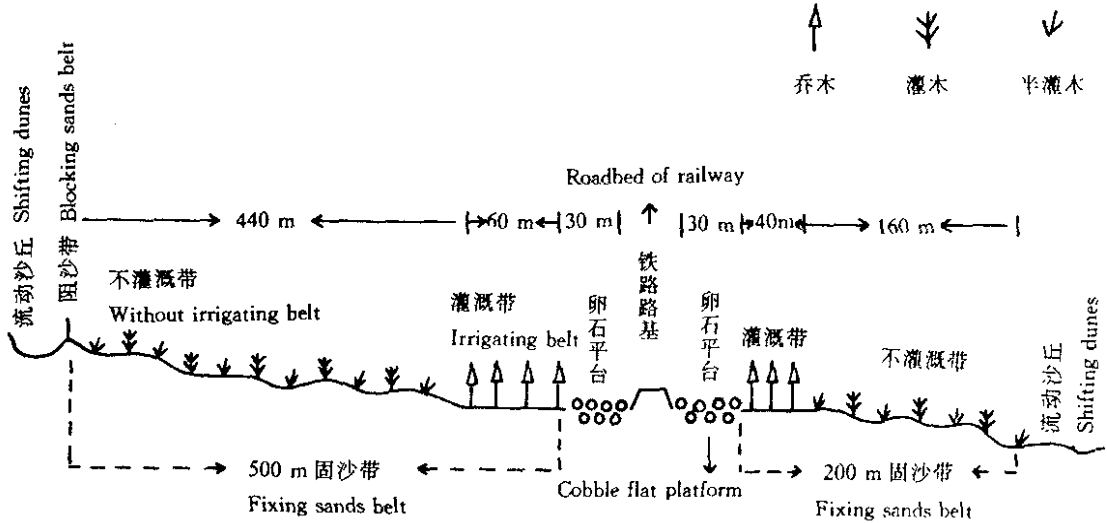


图1 包兰线沙坡头地段铁路治沙防护体系示意图

Fig. 1 Sketch map on protection system of controlling sands in Shapotou section, Baotou-Lanzhou railway

3.2 树种选择 早期从国内外引来50多种植物,其中有一些为中生树种,如小叶杨(*Populus simonii*)、箭杆杨(*P. nigra* var. *thevestina*)、银白杨(*P. alba*)、旱柳(*Salix matsudana*)、榆树(*Ulmus pumila*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)等,它们的需水量很大,根本不能适应无灌溉条件的格状沙丘干旱生境,先后相继死亡。适应存活下来的仅有8种:来自土库曼中亚沙漠的乔状沙拐枣(*Calligonum arborescens*)、头状沙拐枣(*C. caput-medusae*);东北章古台的黄柳(*Salix gordejvii*);陕北的中间锦鸡儿(*Caragana intermedia*)和当地的油蒿(*Artemisia ordosica*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)及沙木蓼(*Atraphaxis bracteata*)。它们经历了特别干旱年份的考验,能较好地适应这里的严酷环境,成为优良的固沙植物。

3.3 密度与配置方式的选择 密度:早期,我们栽种半灌木和灌木均采用0.5×0.5 m和0.5×1.0 m的株行距,忽视了沙层含水量能否满足在如此密植情况下植物对水份的需求,因而长势不良。后来,根据固沙植物的耗水量、沙层的蓄水量进行计算^[1,2]并实践证明:一株大的灌木需要4 m²的营养面积,半灌木需要2 m²的营养面积,才能维持正常生长。配置方式:①单一树种栽植。一遇干旱年则大面积死亡,不宜采用;②不同树种混合栽植。如天然植被中的油蒿和柠条长势良好。观察它们的根系,油蒿的根集中分布在10~40 cm沙层里,柠条根系集中在50~80 cm的沙层,而它们的地上部分则是柠条高于油蒿。高矮结合有利于阻挡风沙,我们在人工生态系统中采用了这种配置方式;③带状栽植。我们有两个方案:一个方案是2行柠条、空2行,2行油蒿、空2行,2行花棒……,照此重复进行。另一方案为柠条、花棒各减1行,而留空各增加1行。带状栽植方式到第8年后,总覆盖度可达28.3%,是目前最好的方式,因而在建立人工生态系统中被广泛采用。

4 人工生态系统内生物的发展与物种入侵

4.1 植物种类和植被覆盖度的变化 根据不同年代、不同树种所配置栽植区的固定样方观测资料(表1),我们看出:人工生态系统的固阻功能上升时期为9年。这一段时间除个别年份

表1 1982年栽植区植被覆盖度变化

Table 1 Change on the cover-degree(%) of planting area in 1982

群落名称 Name of Comm.	花棒 + 柠条 + 油蒿 <i>Hedysarum scoparium</i> + <i>Caragana korshikii</i> + <i>Artemisia ordosica</i>											
测定年限 Surveying year	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
覆盖度(%) Cover-degree(%)	2.59	7.30	17.57	25.38	22.10	22.20	20.54	27.20	26.20	24.80	21.50	22.90

注:测定在每年生长的最旺盛季节进行

因降雨量减少会影响植物生长外,植被覆盖度增加呈上升趋势;功能稳定时期为栽种后的第10~16年。在花棒-柠条-油蒿的人工生态系统中,油蒿先进入衰老期,一遇干旱,它先大量死亡。以1982年的栽植区为例,在 $6 \times 11 \text{ m}^2$ 的样方内,1987年降雨量为119.7 mm,油蒿死亡2株;1991年降雨量为121.0 mm,累计死掉8株;1993年降雨量为199.0 mm,样方内的10株油蒿全部死亡。说明油蒿的生命期一般在10年左右。花棒和柠条的生长虽然可受到干旱影响,但遇到丰雨年份又可恢复正常生长,植被覆盖度继续增加。到了第17年以后,花棒和柠条也进入衰退时期,但此期间由于地表的枯枝落叶积累、腐烂,有了较厚的落叶层。

我们在1956年和1964年的老固沙区见到了蓝藻类植物^[3]:有具鞘微鞘藻(*Microcoleus vaginatus*)、伪双点颤藻(*Oscillatoria obscura*)和双尖菱板藻(*Hantzschia amphioxys*)等18种之多,它们的丝状残体及其分泌物与沙土在交织一起。藓类植物——长尖扭口藓(*Barbula ditrichoidis*)、银叶真藓(*Bryum argenteum*)大量繁殖,其密度可达154株/ cm^2 。浅根系的草本植物入侵定居下来的有:雾冰藜(*Bassia dasyphylla*)、蒙古虫实(*Corispermum mongolicum*)、蝶果虫实(*C. patelliforme*)、小画眉草(*Eragrostis poaeoides*)、刺沙蓬(*Salsola ruthenica*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、沙兰刺头(*Echinops gmelinii*)、沙葱(*Allium mongolicum*)、分枝鸦葱(*Scorzonera divaricata*)等等。它们和天然更新的油蒿一起,其总覆盖度仍可达30%,好雨年份和雨水分布均匀正值植物生长时期,覆盖度可达50%以上,尤其是小画眉草在老固沙区长得特别多,每平方米可达708株,其残体直至翌年7月中旬仍紧贴地表,能起到很好的固沙作用。

4.2 土壤层和土壤微生物出现 在人工生态系统里,每年大气降尘厚约1.6 mm,营养物质较丰富,加上植物的枯枝落叶和藻类分泌物粘结表层沙土。生物结皮层厚在1 cm以上(表2),有较明显的成土过程,土壤粘粒增加了14~20倍,容重由1.56g降至1.45g,持水量增加,渗漏水减少了1/3。土壤中的细菌为流沙区的2.5倍,放线菌为27倍,真菌为48倍(表3)。

4.3 动物的种类与栖息繁衍 由于这里植物生长繁茂,风速下降了40%,输沙量大大减少,仅为2.5%(流沙区输沙量以100%计),为荒漠中动物的栖息繁衍提供了好场所。现已查明:有两栖类3种——花背蟾蜍(*Bufo raddei*)、中国林蛙(*Rana chensinensis*)、黑斑蛙(*R. nigromaculata*);爬行类5种——荒漠沙蜥(*Phrynocephalus przewalskii*)、荒漠麻蜥(*Eremias przewalskii*)、虎斑游蛇(*Natrix tigrina lateralis*)、花条蛇(*Psammodon lineolatus*)和蝮蛇(*Agh-*

表2 生物结皮层和土壤厚度及保水率(%)^{*}

Table 2 Thick of biological crust layer and soil layer or keeping water rate(%)

项 目 Item	栽植区起始年份 Years of planting areas at first					
	1956	1964	1973	1982	对照 Contrast	
结皮厚度(cm) Crust layer	2.10	1.00	0.60	0.40	-	
土层厚度(cm) Soil layer	5.80	5.20	2.50	2.00	-	
保水率(%)	结皮层(cm) crust layer	15.42	17.57	15.99	11.64	6.44
	结皮层下~10cm under crust layer	5.49	6.12	5.79	6.43	4.41
	土层 10~20cm soil layer 10~20	0.92	0.61	1.65	1.43	2.32
渗水深度(cm)	31	40	44	48		

* 在一次降水量为 9.6 mm 时, 1993-05-13 测定

During 9.6 mm precipitation, Surveying time: May 13, 1993

测定保水率(%): 直接钻取结皮层及土层作烘干处理

Surveying keeping water rate(%): Drilling and drying biological crust layer and soil layer

表3 结皮层至土壤层中微生物数量(10^3 个/g 干土)Table 3 Microbe amount from biological crust layer to 10cm of soil layer(10^3 ind./g drought soil)

栽植年份 Planting years	结皮层~10cm crust layer~10cm		
	细菌 Microbes	放线菌 Actinomycetes	真菌 Fungi
1956	32 200.82	48.33	4.34
1964	63 752.76	35.89	6.23
1981	20 213.79	44.09	5.22
对照 contrast	15 698.12	1.57	0.11
比值 ratio	2.47	27.20	47.80

istrodon halysintermedius); 鸟类有凤头百灵(*Galerida cristate*)、灰斑鸠(*Streptopelia decuco-10*)、红尾伯劳(*Lanius cristatus*)、戴胜(*Upupa epops*)、毛腿沙鸡(*Syrhaptes paradoxus*)、岩鸽(*Columba rupestris*)、灰鹊鸽(*Motacilla cinerea*)等计 100 种; 哺乳类有大耳刺猬(*Hemiechinus auritus*)、蒙古兔(*Lepus tolai*)、阿拉善黄鼠(*Spermophilus alaschanicus*)、五指趾跳鼠(*Allactaga sibirica*)、三趾跳鼠(*Dipus sagitta*)、狼(*Canis lupus*)、赤狐(*Vulpes vulpes*)、狗獾(*Meles meles*)、荒漠猫(*Felis bieti*)、黄羊(*Procapra gutturosa*)等; 昆虫有 314 种^[4-6], 主要害虫有灰斑古毒蛾(*Orgia ericae*)、黄斑星天牛(*Anoplophora nobilis*)、蒿金叶甲(*Chrysomela acuginosa*)、旱柳原野螟(*Proteuclaste stotzneri*)、雪毒蛾(*Stilpnolia salicis*)、沙枣木虱(*Trioza magnisetosa*)、国槐木虱(*Psylla willetti*)、榆叶蝉(*Empoasca bipunctata*)和樟子松球蚜(*Adelges* sp.)。最值得惊奇的是这里出现了珍稀昆虫碧蝶(*Papilio bianor*)，也有本区最耐旱、耐热、耐渴和耐饥饿的昆虫——光背漠甲(*Sternoplax* sp.)和扁东方鳖甲(*Anatolica* sp.)。

5 人工生态系统的利用和保护

5.1 沙坡头以固为主、固阻结合的人工生态系统建立起来后, 阻止了流动沙丘的迁移, 保证了火车的安全运行。这一防沙治沙的经验已被推广到公路建设中, 如新疆塔克拉玛干石油公路的修建。阿尔及利亚、尼日利亚、马里和日本等国也效仿我们的做法。

5.2 沙坡头原有一处壮丽的沙坡鸣钟景观,过去由于交通堵塞,没有被利用起来。包兰线火车畅通后,公路笔直,草场油绿(封2),每年吸引大量国内外游客到此观光,目睹世界沙都奇景。

5.3 沙坡头地处半农半牧区,人工生态系统的建立改变了当地的生态环境,促进了生产的发展。但农牧业的扩展和狩猎业的出现,给人工生态系统的合理利用和保护带来了威胁,为了保护几代科技工作者和工人們的劳动成果,我们沙坡头沙漠试验站与环保部门、铁路固沙等生产单位联合起来做好爱护林木和放牧围栏的教育工作,阻止游人在禁区内的狩猎活动,但还需要得到当地政府和国家在法制方面的支持。

参 考 文 献

- 1 中国科学院兰州沙漠研究所沙坡头沙漠科学研究所.腾格里沙漠沙坡头地区流沙治理研究.宁夏人民出版社,1980,132~133
- 2 刘家琼,蒲锦春,刘新民.我国沙漠中主要不同生态类型植物的水分关系和旱生结构比较研究.植物学报,1987,29(6):662~673
- 3 中国科学院兰州沙漠研究所沙坡头沙漠科学研究所.腾格里沙漠沙坡头地区流沙治理研究(二).宁夏人民出版社,1988,107~119
- 4 北京农业大学主编.果树昆虫学(下册).农业出版社,1985,239~626
- 5 蒋书楠等.中国经济昆虫志·鞘翅目天牛(三).北京:科学出版社,1985
- 6 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴Ⅱ.北京:科学出版社,1983,172