

# 沙地固定过程不同阶段优势植物种生态特性的比较研究

张继义<sup>1,2</sup>, 赵哈林<sup>2</sup>, 张铜会<sup>2</sup>, 赵学勇<sup>2</sup>

(1. 兰州理工大学, 甘肃 兰州 730050; 2. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 流动沙地、半固定沙地、固定沙地是沙地固定过程几个明显的阶段, 每一阶段发育着典型的群落类型, 沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron*)、隐子草(*Cleistogenes squarrosa*) 分别是流动沙地、半固定沙地、固定沙地上群落的优势种。沙米种子圆而扁平的形态, 种子萌发后胚根的快速伸长, 是其适应流动沙地风沙环境的主要特征。沙埋促进生长, 生长对水分条件的快速反应以及全季生长型特征是差巴嘎蒿在半固定沙地繁茂生长的主要原因。而隐子草则以增加根系生物量投入比例、须根系形态及其分布的浅表化来适应固定沙地的旱化土壤水分条件。

**关键词:** 沙地固定过程; 优势种; 生态特性

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2004)05—0001—04

中图分类号: S288

## Ecological Characteristics of Dominant Species During Stabilization of Mobile Sand Dunes

ZHANG Ji-yi<sup>1,2</sup>, ZHAO Ha-lin<sup>2</sup>, ZHANG Tong-hui<sup>2</sup>, ZHAO Xue-yong<sup>2</sup>

(1. Lanzhou University of Sciences and Engineering, Lanzhou 730000, Gansu Province, China;

2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou 730000, Gansu Province, China)

**Abstract:** There are three stages in the stabilization process of sand dunes, namely mobility, semi-fixed and fixed. *Agriophyllum squarrosum*, *Artemisia halodendron* and *Cleistogenes squarrosa* are the dominant species of communities on mobile sand dunes, semi-fixed sand dunes and fixed sand dunes, respectively. Main adaptive characteristics of *Agriophyllum squarrosum* include flat-shaped seeds and rapid growth of embryo roots after germination. The vigorous growth of *Artemisia halodendron* in semi-fixed sand dunes is promoted by positive growth reaction to sand burial promoting growth, rapid reaction to changed soil water conditions and perennial growth. *Cleistogenes squarrosa* is adapted to the arid conditions of stabilized sand dunes due to its ability to increasing root biomass.

**Keywords:** stabilization process of sand dunes; dominant species; ecological characteristics

我国北方干旱半干旱农牧交错带土地沙质荒漠化已成为严重的环境问题<sup>[1]</sup>。科尔沁沙地是我国北方农牧交错带的典型区域<sup>[2]</sup>, 由于沙土基质的干燥疏松和干燥多风气候条件的藕合, 使这一地区的生态环境异常脆弱。人口增长引起的土地过垦和超载放牧导致植被大量破坏, 风蚀沙化迅速扩展。植被恢复成为这一地区非常紧迫的任务。

流动沙地是风蚀沙化、沙积等过程的产物, 流动沙地上植被极端退化, 风沙活动强烈。流动沙地植被恢复是整个区域退化生态系统重建的重点和难点。以流动沙地为起点的植被恢复过程存在着从流动沙地沙米群落到半固定沙地差巴嘎蒿群落、再到固定沙地

隐子草群落几个明显的演替变化阶段<sup>[3]</sup>, 每一阶段发育着典型的群落类型, 每一群落类型中优势种的作用明显。沙地固定过程中这种物种更替现象是物种生态特性、环境条件、种间关系(竞争作用)共同作用的结果, 其中物种生态特性对环境条件的适应是最基本的决定因素。优势物种是群落的建群种, 对群落生态功能的维持起主要作用。研究沙地固定过程优势物种的生态特性有助于认识各个物种对沙地环境条件的适应机理和物种更替原因。沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron*)和隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)分别是流动沙地、半固定沙地和固定沙地上的优势物种(表1), 本文对它们的生

活型、种子萌发与幼苗生长、生物量分配、种群分布等生态特性进行了比较研究,从而为该区域植被恢复实践中充分利用乡土物种资源加速生态建设步伐提供科学依据,提高环境建设的科学性、针对性和有效性。

表 1 物种分布及其在群落中的重要值

物 种	流动沙地	半固定沙地	固定沙地
沙 米	68.075	0.000	0.000
狗尾草	16.914	3.719	8.241
雾冰藜	9.057	4.830	0.963
猪毛菜	3.394	4.093	6.394
虫 实	0.187	3.194	2.978
地梢瓜	1.431	1.389	0.151
差巴嘎蒿	0.943	73.603	0.000
马 唐	0.000	0.492	0.488
苦买菜	0.000	1.441	0.000
画眉草	0.000	0.265	10.421
三芒草	0.000	0.983	9.677
虎尾草	0.000	0.000	12.259
蒺藜草	0.000	0.000	0.000
胡枝子	0.000	1.936	2.898
扁宿豆	0.000	0.000	0.430
砂引草	0.000	0.000	0.000
地 锦	0.000	0.461	0.223
白 草	0.000	0.397	1.257
赖 草	0.000	3.195	0.043
乳浆大戟	0.000	0.000	0.105
冷 蒿	0.000	0.000	1.645
米口袋	0.000	0.000	0.000
芦 苇	0.000	0.000	0.457
唐松草	0.000	0.000	0.356
鸡眼草	0.000	0.000	0.057
山 葱	0.000	0.000	0.899
寸苔草	0.000	0.000	0.256
鹤 虱	0.000	0.000	0.644
白山蓟	0.000	0.000	0.017
砂蓝刺头	0.000	0.000	0.021
防 风	0.000	0.000	0.655
萎陵菜	0.000	0.000	0.748
蒺 藜	0.000	0.000	3.987
灰绿藜	0.000	0.000	6.854
黄 蒿	0.000	0.000	2.850
隐子草	0.000	0.000	24.028
总种数	7.000	14.000	30.000

# 1 自然概况

研究在位于科尔沁沙地中南部的内蒙古自治区奈曼旗境内中国科学院奈曼沙漠化研究站进行,地理位置 120°41'E, 42°54'N。该地区属半干旱气候,年平均降水量 366 mm,年蒸发量 1 935 mm,年均气温 6.5℃,1月平均气温-12.7℃,7月平均气温 23.7℃,

10℃积温 3 000℃以上,无霜期 150 d。年均风速 3.5 m/s,8 级以上大风年均 21 次,主要发生在春季 3—5 月。土壤类型为沙质栗钙土,经破坏后则退化为流动风沙土。沙土基质分布广泛,风沙活动强烈<sup>[1—2,4]</sup>。

## 2 研究方法

(1) 室内试验。用采集的种子室内播种,进行种子发芽和幼苗生长观察,生长停止后测定根、茎、叶等各器官生物量以及整株生物量。

(2) 野外调查。在野外选取典型的处于流动沙地、半固定沙地和固定沙地阶段的群落进行植被调查,每群落类型随机查 20 个样方,样方面积 1 m<sup>2</sup>,记录样方内所有植物种类的丰度、多度和盖度,计算各植物种类的重要值。

## 3 结果分析与讨论

### 3.1 分类地位与生活型特征

生活型是物种生态特性的重要方面,对于物种适应环境的方式和种群的繁殖、增长有重要影响。相对于一年生植物来说,多年生植物的种群增长过程较为缓慢,兼具无性和有性繁殖方式,多年生植物更容易保持种群的稳定。而一年生植物完全依赖于种子繁殖,每年要经历结实、散布、萌发等一系列过程,这些过程环境条件的不确定性决定了每一步骤成功概率的不确定性,并最终影响种群能否成功地实现繁衍以及种群数量的规模和大小,因此种群波动较大。从流动沙地到半固定沙地、再到固定沙地,群落优势物种从一年生植物变为多年生植物,表明了群落结构和功能向着可持续和稳定的方向发展。

差巴嘎蒿是半固定沙地的建群种,具有很高的优势度,也是当地最重要的固沙植物。多年生小半灌木的生活型是差巴嘎蒿重要的生态特征之一,是对沙地环境的适应特征之一。地上芽植物的特性决定了差巴嘎蒿的生物量可以年复一年地积累,因而具有较高的地上活生物量,枝叶稠密,对地表的覆盖程度和保护作用加强,促进沙地环境从流动转向半固定,并进一步向固定沙地转化。没有地上芽植物这一生活型特征作基础,差巴嘎蒿就不能发挥其在沙地固定过程中如此重要的生态作用(表 2)。

### 3.2 种子形态

种子形态、大小影响种子的散布和传播能力。沙米、差巴嘎蒿、隐子草都是小粒或极小粒种子,有利于借助风力进行散布,确保种群在群落斑块空间内的扩散和传播,这是保证其种群增长并成为优势种的条件之一。

流动沙地上极端不稳定的基质条件使大多数植物的繁殖体难以入侵和定居, 植物种子或因风蚀不能在目标空间存留, 或因沙积、沙埋过厚而失效, 这是流动沙地上植被恢复的困难之一。沙米种子圆而扁平的形态有利于种子在沙土中的存留, 不象大多数植物圆

球形或椭球形种子容易在风力作用下发生滚动、飘散等运移过程。这是沙米作为流动沙地先锋群落的建群种能够成功的侵入和定居在流动沙地上的适应特征之一。与沙米相比, 差巴嘎蒿和隐子草的椭球形种子实现定居则需要相对较为稳定的环境(表 3)。

表 2 优势物种的生活型特征

物 种	适生环境	分类地位	生 活 型
沙 米	流动沙地	藜科, 沙蓬属	一年生草本植物
差巴嘎蒿	半固定沙地	菊科, 蒿属	多年生半灌木(地上芽植物)
隐子草	固定沙地	禾本科, 隐子草属	多年生丛生型禾草(地面芽植物)

表 3 各伏势物种种子形态

物 种	种子形状	种子大小	千粒重
沙 米	圆形, 扁平	小	1. 71
差巴嘎蒿	椭球形	极小	0. 32
隐子草	椭球形	极小	0. 21

3. 3 种子萌发

沙米种子萌发需要一定的覆沙条件。在不覆沙的情况下, 即使种子保持湿润也不能萌发, 这是对流动沙地风蚀环境的一种适应。差巴嘎蒿种子在湿润后能产生一层胶质, 可以粘附沙粒, 这样就增大了种子重量, 降低了极小粒种子的移动性, 有利于种子成功定居, 这是对流动沙地环境的适应性特征。隐子草种子数量少, 且萌发率低, 这是其在侵入群落后种群增长缓慢的一个原因(表 4)。

表 4 种子萌发条件

物 种	最适土壤含水量/ %	理想萌发率/ %	不覆沙	最适覆沙厚度/ cm
沙 米	2~3	72	不能萌发	0. 5~3. 0
差巴嘎蒿	3~4	42	不能萌发	0. 0~2. 0
隐子草	4~5	36	能够萌发	0. 0~1. 0

3. 4 繁殖方式与幼苗生长

沙米种子萌发后, 胚根首先快速伸长, 而地上部生长缓慢。胚根的迅速伸长可以使幼苗在短时间内牢固地固着于沙土中, 抵御风蚀的侵害。胚根迅速进入较深的沙层中提高了幼苗水分供给的保证度, 避免上部干沙层的形成对幼苗造成的伤害。这些都是对流动沙地风沙环境的适应特征。沙米是明显的直根系类型, 主根发达, 侧根数量少, 主根长度可以达到 70 cm 深的土层, 扩大了根系吸收水分和养分的范围, 这是对流动沙地贫瘠环境的适应, 也说明沙米可能对水分条件的要求较高, 是典型的沙生植物, 而非旱生植物。

差巴嘎蒿和隐子草都兼具种子繁殖和无性繁殖方式, 它们首先以种子繁殖进行扩散和传播, 侵入空

白斑块, 随后以母株为中心进行无性繁殖, 扩大种群, 实现对空间的占据和种群的充分增长。

差巴嘎蒿的无性繁殖需借助沙埋来完成。风沙流遇到差巴嘎蒿灌丛后减速沉积, 枝条受到沙埋后便萌发不定根, 并萌发数量更多的新枝条, 使其灌丛更加密集, 这是差巴嘎蒿非常重要的的适应特征之一。差巴嘎蒿根系包括 2 部分, 一是其母株即实生苗形成的主根, 数量少而分布深, 可达 70 cm 深的沙层; 二是枝条沙埋后萌发形成的不定根, 属须根系, 数量多而分布浅, 主要分布于 30 cm 土层。差巴嘎蒿因而兼具吸收表层和较深层水分的能力。其主根吸收较深层的水分用以植株在干旱时维持生存, 而不定根用以吸收降雨后充分湿润的表层土壤较高的含水量进行迅速生长, 完成生物量的积累。因此, 这种适应方式提高了种群水分供给的有效性和保证度。同时, 差巴嘎蒿为全季生长型, 即使在生长季的末期(9 月上旬), 只要土壤水分充足就能持续生长, 表现出对水分条件的强烈依赖性。差巴嘎蒿的生长对水分的反映快速而灵敏, 特别是在生长季的中后期, 在有充足的降雨后, 其新梢生长便能迅速增加。这些适应特征对差巴嘎蒿生物量的积累和在半固定沙地的优势度贡献很大。

隐子草是典型的须根系植物, 没有主根, 分布在 0—30 cm 土层内。这些特征与固定沙地环境旱化相适应。须根系植物根细而密, 扩大了根系的吸收面积, 使对水分的利用效率达到最大。表明隐子草是典型的旱生植物, 主要依靠天然降雨所补给的表层土壤水分而生存并维持种群的增长(表 5)。

3. 5 生物量的器官构成

沙米叶生物量占比重较小, 主要的生物量集中于茎秆上, 这使得沙米的茎秆粗壮发达, 机械强度高, 能阻挡流动沙地上较强的风沙流。沙米是一年生草本植物, 在一个生长季结束后植株便干枯死亡, 而沙米直根系的特点和生物量分配上的特点使沙米茎秆在干枯后不倒伏, 维持较高的地上立枯生物量, 并可存留

2~3 个生长季。在科尔沁沙地, 每年的春季 3—5 月是风大沙多的季节, 风蚀沙化就主要发生在这一时期, 因此沙米植株干枯后以地表立枯形式存在可起到重要的防风固沙作用。这也是沙米作为流动沙地先锋群落优势种重要的适应性特征, 对发挥防风固沙作用和降低表面基质的流动性、促进后续物种的侵入和群落演替与植被发育有重要作用。

差巴嘎蒿作为一种半灌木, 其生物量分配在茎杆上的比重高于普通草本植物, 但小于灌木和乔木, 这与其相对细而柔软的枝条相适应。细而柔软的枝条(特别是一年生枝条)容易受沙埋, 而沙埋是促进差巴嘎蒿种群增长和繁茂生长的一个主要条件。由此看出, 生物量分配、植物形态与种群生态特性、群落生态功能之间存在着相互联系、相互影响的关系(表 6)。

表 5 固沙植物幼苗生长情况

物 种	繁殖方式	苗木高度/cm	根系类型及长度	生 长 类 型
沙 米	种子繁殖(有性繁殖)	30~60	直根系, 主根长度 30~60 cm	前期生长型, 8 月份以后基本停止生长
差巴嘎蒿	兼具种子繁殖与无性繁殖	50~90	兼有主根和不定根, 主根长 50~70 cm, 不定根长 20~30 cm	全季生长型, 生长可延续到 9 月
隐子草	兼具种子繁殖与无性繁殖	10~30	须根系, 侧向分布在 0—30 cm 土层内	前期生长型, 8 月以后基本停止生长

表 6 生物量的器官构成

物 种	单株(丛)生物量	地上部				根系	地上部/地下部
		茎	叶	果	合计		
沙 米	2.428	1.369	0.263	0.207	1.839	0.589	3.120
差巴嘎蒿	168.492	58.521	17.507	27.136	103.164	65.328	1.580
隐子草	11.422	4.673	1.683	0.088	6.444	4.978	1.290

从沙米到差巴嘎蒿、再到隐子草, 地上部/地下部生物量比率逐渐变小, 即植物在根系上投入的资源比例增加, 这与它们所处的沙地环境的水分状况相适应。从流动沙地到半固定沙地、再到固定沙地由于植被发育不断消耗沙层储备水分, 水分条件逐渐恶化。沙米、差巴嘎蒿对水分条件的要求较高, 适应于水分条件较好的流动沙地和半固定沙地。在固定沙地上大多数草本植物基本只能依赖天然降水所补给的表层土壤水分维持生长, 因次, 隐子草是一种典型的旱生植物, 其较高的根系生物量分配比例是旱生植物特性的典型反映。根系生物量的增加有助于增强根系对土壤的固结和保护作用, 防止风蚀的产生。作为固定沙地的优势种, 隐子草地上部枝叶柔软, 机械强度较低, 抵御风力侵蚀的能力下降。这说明从流动沙地、半固定沙地到固定沙地, 植被的防护功能从以地上部枝叶对地面的覆盖保护为主转向以植物根系对土壤的穿插和固结、提高土壤的抗风蚀性为主。

4 结 论

(1) 物种生态特性对沙地环境的适应决定其在群落中的优势度和生态功能的发挥。沙地固定过程环境条件的变化是物种更替的根本原因。

(2) 物种对环境条件的适应方式和机制表现出

复杂性和多样性。它包括植物种的繁殖方式、生长特性、生活型、生物量分配等多个方面。很多时候, 植物形态、生态功能和对环境的适应方式是相互统一和相互促进的。

(3) 总体来说, 在流动沙地上沙米以圆而扁平的种子等特征适应基质条件的极端不稳定性, 使繁殖体能够成功地侵入和定居在群落斑块空间内是主要的适应特征。在半固定沙地上, 差巴嘎蒿作为地上芽植物的生活型特征和耐沙埋的特性使其积累较高的地上生物量是主要的适应特征。其次, 沙米和差巴嘎蒿都能适应极端贫乏的养分条件, 能够旺盛生长, 并积累较高的地上生物量。而固定沙地上隐子草适应土壤水分缺乏的旱生形态成为主要的适应性特征。

[参 考 文 献]

[1] 朱震达, 陈广庭. 中国土地沙质荒漠化[M]. 北京: 科学出版社, 1994.

[2] 赵哈林, 刘新民, 李胜功, 等. 科尔沁沙地脆弱生态环境的基本属性特征和成因分析[J]. 中国沙漠, 1998, 18(2): 10—16.

[3] 李胜功, 赵爱芬, 常学礼. 科尔沁沙地植被演替的几个问题[J]. 中国沙漠, 1997, 17(1): 25—32.

[4] 刘新民, 赵哈林, 赵爱芬, 等. 科尔沁沙地风沙环境与植被[M]. 北京: 科学出版社, 1996.