

科尔沁沙地 78 种植物繁殖体重量和形状比较

闫巧玲^{1,2}, 刘志民^{1*}, 骆永明¹, 王红梅¹

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:研究了科尔沁沙地 78 种植物的繁殖体(23 种为种子, 55 种为果实)重量和形状, 其重量差别很大, 最小的单粒重不足 0.1 mg, 最大的超过 130 mg; 形状差异也很大, 最小的方差不足 0.03, 最大的超过 0.18。综合本研究和以前研究的全部 140 种植物的研究结果, 进行了分析。结果表明: ①计有 24 种植物繁殖体单粒重小于 1 mg 并接近圆球形(方差小于 0.09), 它们可能具有持久种子库; ②1 年生植物(平均方差为 0.070)与 2 年生植物(平均方差为 0.129)间的形状差异显著($P < 0.05$), 2 年生植物的繁殖体更加扁、长; 1 年生植物也与多年生草本植物(平均方差为 0.109)之间形状差异显著($P < 0.05$), 多年生草本植物的繁殖体更加扁、长; ③有 55% 的豆科植物、70% 的藜科植物繁殖体接近圆球形(方差 < 0.06), 所有的菊科、萝藦科植物繁殖体都很扁、长(方差 > 0.06)。豆科植物显著比菊科、禾本科、藜科植物繁殖体的重量大($P < 0.05$); ④繁殖体附属物在植物的传播和定居方面具有重要的作用: 6 种萝藦科植物和 3 种杨柳科植物具有绢毛, 60% 的菊科植物具有冠毛, 6 种植物有翅, 8 种植物有宿存花柱或宿存花萼, 这些植物可能易于被风传播; 54% 的禾本科植物具芒, 减小了传播可能; 苍耳、雾冰藜、鹤虱、蒺藜、戟叶滨藜、鬼针草等植物带钩或刺, 易于被动物传播; ⑤11 种沙生植物重量居中, 其中刺沙蓬、雾冰藜具刺, 沙蓬、烛台虫实繁殖体呈圆盘形, 白草的繁殖体形状细长, 东北木蓼、山竹子、小叶锦鸡儿、苦参的繁殖体重量大, 这些植物的繁殖体因而不易被风吹动; 另外 2 种植物差巴嘎蒿和乌丹蒿具有种子遇水分泌粘液从而粘沙增重的性能。沙生植物繁殖体的这些形态特征增大了沙生植物发芽和定居的成功率。

关键词:繁殖体; 土壤种子库; 沙生植物; 附属物; 生活型; 传播

A comparative study on diaspore weight and shape of 78 species in the Horqin Steppe

YAN Qiao-Ling^{1,2}, LIU Zhi-Min^{1*}, LUO Yong-Ming¹, WANG Hong-Mei¹ (1. *Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China*; 2. *Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(11): 2422~2429.

Abstract: In this paper, we diaspore weight and shape of 78 species (23 seeds, 55 fruits) in the Horqin Steppe. Horqin Steppe, located in the semiarid agropastoral zone of northern China, has undergone severe desertification during the past decades with the formation of active dunes, degeneration of natural vegetation, and loss of biodiversity. The objectives of the paper are to find out the relationships between morphological characteristics of diaspores and vegetation processes, meanwhile, to accumulate basic data for managing vegetation in the study area.

Seeds were taken at the Wulanaodu region (119°39'~120°02'E, 42°29'~43°06'N, 480 m a. s. l.) in 2003. The climate of the region is semiarid with a mean annual precipitation of around 340 mm and a mean annual temperature of 6.3 °C. At present, 90% of the total land has been desertified and 70% of the meadow has become saline and sodic. Psammophile-dominated vegetation is well developed.

Plant diaspores are usually referred to as seeds, even though many of them in fact are fruits. We analyzed data on seeds

基金项目: 中国科学院沈阳应用生态研究所领域前沿创新资助项目

收稿日期: 2004-03-03; 修订日期: 2004-09-10

作者简介: 闫巧玲(1978~), 女, 内蒙古自治区呼和浩特人, 博士生, 主要从事干旱区恢复生态学研究。

* 通讯联系人 Author for correspondence. E-mail: Liuzhimin655@yahoo.com.cn; zmlu@iae.ac.cn

Foundation item: Founded by Shenyang Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences

Received date: 2004-03-03; Accepted date: 2004-09-10

Biography: 闫巧玲, 1978 年生, 女, 内蒙古呼和浩特人, 中国科学院沈阳应用生态研究所生态学专业博士研究生, 主要从事干旱区恢复生态学研究。

万方数据

and indehiscent, single-seeded fruit. Air-dried weight of 100 diaspores was measured for each replica, and five replicas were employed. Most grasses caryopses were measured with the persistent lemmas and awns with which they are normally dispersed. The achenes of Compositae were measured with pappus, and seeds of *Cynanchum chinense*, *Salix gordejvii*, *Salix mongolica*, *Salix microstachya* were measured with hairs. Fruits of *Bidens bipinnata*, *Atriplex hastata* and *Tribulus terrestris* were measured with spine.

The shape of diaspores was determined by the variance of three-dimensions (length, width, height), five replicas were employed. Diaspores of Gramineae (if there being awn) were measued with the persistent lemmas but without awn; those of Compositae without pappus, *Bidens bipinnata* and *Atriplex hastata* with spine. The shape variance was smaller, the diaspore was closer to sphericity.

In this paper, we presented diaspore weight and shape of 78 species, but analyzed 140 species (others obtained from previous studies). Of the species examined, 24 species (accounting for 17%) had a diaspore weight less than 1 mg, and meanwhile, close to sphericity (variance less than 0.09). Previous studies have shown that morphological characteristics of diaspore are closely related to longevity of soil seed bank, thus these species might have persistent soil seed bank, and adapt to disturbance.

Although diaspore weight and shape might be related to life form of plants, evident distinctions of diaspore weight of different life forms were not found. The shape difference of diaspores, however, was distinct between annuals (mean variance 0.070) and biennials (mean variance 0.129) ($P<0.05$), and the diaspores of biennials were flatter and longer. Besides, there was an evident shape difference of diaspores between annuals and perennials (mean variance 0.109) ($P<0.05$), and the diaspores of perennials were flatter and longer. So, the diaspores of annuals were closest to sphericity in comparison with biennials and perennials. Study on whether they were easier to form persistent seed bank is needed.

The diaspores of 55% Leguminosae species and 70% Chenopodiaceae species were close to sphericity (variance less than 0.06), and all the diaspores of Compositae and Asclepiadaceae species were flat and elongated (variance more than 0.06). The diaspore weight of Leguminosae species was evidently larger than that of Compositae, Gramineae and Chenopodiaceae species ($P<0.05$).

The appendages of diaspores played an important role in dispersal and establishment. 6 Asclepiadaceae species and 3 Salicaceae species had diaspores with hairs. The diaspores of 60% Compositae species had pappuses. Totally, 6 species had diaspores with wings, and 8 species with styles or calyxes. All the species with appendages might be dispersed by wind easily. The diaspores of 54% Gramineae species had awns, according to previous studies, these species were not likely to be dispersed. The diaspores of species such as *Xanthium sibiricum*, *Bassia dasyphylla*, *Lappula myosotis*, *Tribulus terrestris*, *Atriplex hastata* and *Bidens bipinnata* had hooks or spines, thus they might be dispersed by animals easily.

The characteristics of diaspore weight and shape was not the only mechanism adaptive to the mobility of sand dunes, but it is one of the most important. All the psammophytes, 11 in total, had medium diaspores, some of them had appendages, and flat and elongated shapes. The diaspores of *Salsola ruhtenica* and *Bassia dasyphylla* had spine, those of *Agriophyllum squarrosum* and *Corispermum candelabrum* were disc-shaped, and those of *Pennisetum centrasiaticum* elongated. Besides, diaspores of some psammophytes, *Atraphaxis manshurica*, *Hedysarum fruticosum*, *Caragana microphylla* and *Sophora flavescens* were heavy, thus were not likely to be carried away by wind. Two other psammophilous species, *Artemisia halodendron* and *A. wudanica*, had the capability of excreting mucilage and holding sand upon moistening to increase weight. All of above mechanisims raised possibility of psammophytes' germination and success of establishment on the active sand dune.

Nevertheless, the investigation of diaspore dispersal and soil seed bank persistence is needed before we could fully understand the ecological significance of diaspore morphology.

Ke y words: diaspore; soil seed bank; psammophytes; appendages; life form; dispersal

文章编号:1000-0933(2004)11-2422-08 中图分类号:Q948 文献标识码:A

万方数据
已有很多学者研究报道了植物繁殖体的形态特征及其生态学意义,并且指出繁殖体形态学与干扰的关系密切^[1~4]。英国、

阿根廷、澳大利亚、新西兰等国对大量繁殖体的重量进行了专门的比较研究^[1,5];我国学者研究了典型草原 120 个物种的繁殖体大小^[6]。但对繁殖体形状的研究多在近些年^[7~9];国内有关繁殖体形态、附属物及其生态功能的多物种比较研究目前还很少见。

在科尔沁沙地,草地退化、生物多样性丧失和杂草入侵都很突出。进行生态恢复迫切需要多物种的比较研究。比较研究能使生态学家辨识出植物适应进化的主要途径并且确定在特定生境中植物具备适合度(或适合度缺乏)而所表现出的生活史和生理特点^[10]。但是,从繁殖角度进行多物种繁殖体形态学的比较研究还很少见。

作者已研究了科尔沁沙地 70 种植物繁殖体形状^[11]和 69 种植物繁殖体重量^[12],但只包括了当地植物区系的部分主要植物。为了为相关研究积累基础数据,系统地探讨繁殖体形态学与生态适应的关系,并为植被的保护和管理提供依据,作者又对该区系的 78 种植物的繁殖体形状、附属物和重量进行了比较。

1 材料和方法

1.1 科尔沁沙地植被特点

科尔沁沙地属于半干旱气候条件下的沙地,具有坳甸相间的地貌特点。现有植被分为 5 种类型:①流动、半流动沙地先锋植被-常见的优势植物有沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)、乌丹蒿(*Artemisia wudanica*)、差巴嘎蒿(*A. halodendron*)、黄柳(*Salix gordejewii*)、白草(*Pennisetum centrasiaticum*)、烛台虫实(*Corispermum candelabrum*)等;②固定、半固定沙地灌木、半灌木植被-优势植物有小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)、东北木蓼(*Atraphaxis manshurica*)等;③固定沙地草本植被-优势植物有糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、冰草(*Agropyron cristatum*)、大籽蒿(*A. sieversiana*)、黄蒿(*A. scoparia*)、地锦草(*Euphorbia humifusa*)、蒺藜(*Tribulus terrestris*)等;④沙质草甸植被-优势植物有野古草(*Arundinella hirta*)、牛鞭草(*Hemarthria compressa*)、拂子茅(*Calamagrostis epigeios*)、华北翦股颖(*Agrostis clavata*)、黄金菊(*Hypochoeris grandiflora*)、箭头唐松草(*Thalictrum simplex*)、小黄花菜(*Heimerocallis minor*)、毛茛(*Ranunculus japonicus*)等;⑤沙地森林植被-天然森林植被大部分被破坏,广泛分布人工森林植被,如杨树人工林、樟子松人工林、山杏人工林等。

1.2 研究地点

乌兰敖都地区(119°39'~120°02'E, 42°2'~43°06'N, 480 m a. s. l.)属于半干旱气候,平均年降水量为 340 mm,年平均气温 6.3℃。目前,当地 90 % 的土地已经荒漠化,70 % 的草甸盐碱化,同时,已发育了沙生植物占优势的植被。

1.3 研究方法

供试植物共有 78 种,均为种子植物,分属于 28 科。对其中的 55 种测量果实,23 种测量种子。全部种子于 2003 年采集。根据前人论述^[1,6],在此所分析的也是种子、闭果和单种果实。每种的数量测对象列于表 1 中。

繁殖体重量的量测方法 禾本科植物带外稃和芒(如果有芒)量测;菊科植物果实测量时带冠毛;鬼针草(*Bidens bipinnata*)、戟叶滨藜(*Atriplex hastate*)、蒺藜等的果实带刺量测;鹅绒藤(*Cynanchum chinense*)、蒙古柳(*Salix mongolica*)、红柳(*S. microstachya*)、黄柳等种子带毛量测^[1]。因为这些附属物具有植物传播价值。重量是 100 粒繁殖体的风干重量。每种植物有 5 个重复。

繁殖体形状的量测方法 游标卡尺为量测工具。禾本科植物带外稃量测,但去芒(如果有芒),菊科植物果实不带冠毛测量。鬼针草、戟叶滨藜、蒺藜等的果实带刺量测^[1]。每种植物有 5 个重复。用 Thompson 等介绍的方法衡量繁殖体的形状^[1],即将种子形状与球体形状对比,求繁殖体长、宽、高的总体方差,总体方差的计算公式为 $[n \sum x^2 - (\sum x)^2]/n^2$ 。用繁殖体三维(长、宽、高)的方差衡量繁殖体形状。方差越小、繁殖体越接近圆球形;方差越大,繁殖体越细长或扁平。但在计算方差前要对数据进行转换。转换方法是先将长定为 1,然后求出宽和高对于长的比值。表 1 所列数值为每种繁殖体的平均方差。

根据文献^[13~16]确定植物的生活型和生态特性。

2 结果

2.1 繁殖体重量特点

所量测的 78 种植物的繁殖体(种子或果实)重量差别很大,最小的单粒重不足 0.1 mg,最大的超过 130 mg(表 1)。对传播体为果实的植物,可以大致分为 5 个组别(表 2)。对传播体为种子的植物,可以大致分为 4 个组别(表 2)。以果实作为传播体的 1 年生杂草重量居中,以种子作为繁殖体的 1 年生杂草重量偏小。2 年生植物果实和种子重量较小。多年生杂草有的繁殖体重量小,如野艾蒿(*Artemisia lavandulaefolia*),有的繁殖体重量大,如华北鸦葱(*Scorzonera albicaulis*)。草原植物繁殖体重量复杂。草甸植物传播体为种子时,重量偏小;传播体为果实时,重量从小到中。沙生植物繁殖体重量居中或偏大。

2.2 繁殖体形状特点

78 种植物繁殖体形状差异很大,最小的方差不足 0.030,最大的超过 0.180(表 1)。对传播体为果实的植物,其形状可以大致分为 7 个组别(表 3)。对传播体为种子的植物,其形状可以大致分为 6 个组别(表 3)。

3)。以果实作为传播体的1年生杂草种间三维差异显著($R^2=0.9362$),以种子作为繁殖体的1年生杂草种间三维比较接近(方差均小于0.06)。2年生植物繁殖体种间三维间差异很大。多年生杂草有的繁殖体三维比较接近,如麦瓶草(*Silene jennisensis*),有的繁殖体三维间差异较大,如华北鸦葱。

表1 78种植物的繁殖体方差和重量

Table 1 Diaspore variances and weights of 78 species								
植物种* Species	所属科 Fmily	生态类群 Ecological type	生活型 Life form	100粒重量 (±SE) 100 diaspore Weight(mg)	平均方差 Mean variance	附属物 Appendages	量测对象 (种子或果实) Diaspore type (Seeds or fruits)	
1 差巴嘎蒿 <i>Artemisia halodendron</i>	菊科 Compositae	P	SS	34.58±0.37	0.112	无 None	瘦果 Achene	
2 野艾蒿 <i>A. lavandulaefolia</i>		W	PH	9.22±0.42	0.104	无 None	瘦果 Achene	
3 乌丹蒿 <i>A. wudanica</i>		P	SS	49.16±0.69	0.111	无 None	瘦果 Achene	
4 鬼针草 <i>Bidens bipinnata</i>		W	AH	205.18±6.63	0.156	刺 Spine	瘦果 Achene	
5 西疆短星菊 <i>Brachyactis roulei</i>		M	AH	181.42±8.81	0.125	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
6 刺儿菜 <i>Cirsium segetum</i>		W	PH	254.40±6.98	0.126	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
7 飞蓬 <i>Erigeron acer</i>		W	BH	14.10±1.23	0.102	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
8 泽兰 <i>Eupatorium lindleyanum</i>		M	PH	31.58±0.84	0.118	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
9 阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>		ST	PH	35.56±1.36	0.097	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
10 欧亚旋覆花 <i>Inula britannica</i>		M	PH	11.98±1.66	0.129	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
11 山苦菜 <i>Ixeris chinensis</i>		W	PH	25.02±0.46	0.172	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
12 蒙山莴苣 <i>Lactuca tatarica</i>		M	PH	62.62±3.30	0.137	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
13 驴耳风毛菊 <i>Saussurea glomerata</i>		M	PH	64.42±3.44	0.145	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
14 碱地风毛菊 <i>S. runcinata</i>		M	PH	158.58±14.08	0.135	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
15 华北鸦葱 <i>Scorzonera albicaulis</i>		M	PH	319.28±15.31	0.184	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
16 羽叶千里光 <i>Senecio argunensis</i>		M	PH	73.08±2.91	0.144	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
17 蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>		M	PH	87.44±6.33	0.145	冠毛 Pappus	瘦果 Achene	
18 醉马草 <i>Achnatherum inebrians</i>	禾本科 Gramineae	W	PH	317.74±6.79	0.173	芒 Awn	颖果 Caryopsis	
19 虎尾草 <i>Chloris virgata</i>		W	AH	56.54±1.08	0.133	芒 Awn	颖果 Caryopsis	
20 阿尔泰针茅 <i>Stipa krylovii</i>		ST	PH	1330.14±63.41	0.198	芒 Awn	颖果 Caryopsis	
21 星星草 <i>Puccinellia tenuiflora</i>		M	PH	7.24±0.80	0.124	无 None	颖果 Caryopsis	
22 拂子茅 <i>Calamagrostis epigeios</i>		M	PH	19.90±0.79	0.157	芒 Awn	颖果 Caryopsis	
23 羊草 <i>Leymus chinensis</i>		M	PH	271.18±3.38	0.171	无 None	颖果 Caryopsis	
24 芦苇 <i>Phragmites communis</i>		M	PH	31.96±0.84	0.167	无 None	颖果 Caryopsis	
25 荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i>		M	PH	55.18±2.66	0.161	无 None	颖果 Caryopsis	
26 三芒草 <i>Aristida adscensionis</i>		ST	AH	97.92±4.93	0.207	芒 Awn	颖果 Caryopsis	
27 华北翦股颖 <i>Agrostis clavata</i>		M	PH	6.52±0.09	0.137	无 None	颖果 Caryopsis	
28 荩草 <i>Arthraxon hispidus</i>	豆科 Leguminosae	M	AH	77.20±1.76	0.151	芒 Awn	颖果 Caryopsis	
29 冰草 <i>Agropyron cristatum</i>		ST	PH	203.60±4.82	0.156	芒 Awn	颖果 Caryopsis	
30 大油芒 <i>Spodiopogon sibiricus</i>		M	PH	108.82±4.01	0.150	芒 Awn	颖果 Caryopsis	
31 白草 <i>Pennisetum contrasiaticum</i>		P	PH	92.90±2.17	0.159	无 None	颖果 Caryopsis	
32 小叶锦鸡儿 <i>Caragana microphylla</i>		P	S	3324.48±58.91	0.047	无 None	种子 Seed	
33 牧马豆 <i>Thermopsis lanceolata</i>		M	PH	1590.36±28.57	0.035	无 None	种子 Seed	
34 多枝棘豆 <i>Oxytropis ramosissima</i>		P	PH	182.54±2.17	0.069	无 None	种子 Seed	
35 绿珠藜 <i>Chenopodium acuminatum</i>	藜科 Chenopodiaceae	W	AH	39.90±0.34	0.045	无 None	种子 Seed	
36 刺藜 <i>C. aristatum</i>		W	AH	9.22±0.16	0.052	无 None	种子 Seed	
37 鞑靼滨藜 <i>Atriplex tatarica</i>		W	AH	805.00±37.76	0.051	结块 Curdle	胞果 Ultricle	
38 戟叶滨藜 <i>A. hastata</i>		W	AH	817.30±17.49	0.030	刺 Spine	胞果 Ultricle	
39 烛台虫实 <i>Corispermum candelabrum</i>	萝藦科 Asclepiadaceae	P	AH	221.62±4.36	0.112	翅 Wing	胞果 Ultricle	
40 杠柳 <i>Periploca sepium</i>		ST	S	1144.36±93.42	0.163	绢毛 Hair	种子 Seed	
41 徐长卿 <i>Cynanchum paniculatum</i>		M	PH	423.70±32.57	0.113	绢毛 Hair	种子 Seed	
42 鹅绒藤 <i>C. chinense</i>		W	PH	465.96±35.39	0.139	绢毛 Hair	种子 Seed	
43 老鹳头 <i>C. komarovii</i>		P	PH	1261.56±60.75	0.133	绢毛 Hair	种子 Seed	
44 兴安天冬 <i>Asparagua dahuricus</i>	百合科 Liliaceae	P	PH	1754.30±17.51	0.023	无 None	种子 Seed	
45 野韭菜 <i>Allium odorum</i>		M	PH	108.96±2.18	0.070	无 None	种子 Seed	
46 细叶百合 <i>Lilium pumilum</i>		M	PH	127.12±5.99	0.160	无 None	种子 Seed	
47 黄柳 <i>Salix gordejewii</i>	杨柳科 Salicaceae	P	S	30.16±1.79	0.096	绢毛 Hair	种子 Seed	

续表 1

48 蒙古柳 <i>S. mongolica</i>		M	S	14. 96±0. 41	0. 120	绢毛 Hair	种子 Seed
49 小红柳 <i>S. microstachya</i>		M	S	37. 22±1. 99	0. 115	绢毛 Hair	种子 Seed
50 翻白委陵菜 <i>Potentilla. discolor</i>	蔷薇科 Rosaceae	M	PH	6. 96±0. 41	0. 048	无 None	瘦果 Achene
51 准噶尔石竹 <i>Dianthus soongaricus</i>	石竹科 Caryophyllaceae	ST	PH	54. 62±1. 49	0. 101	无 None	种子 Seed
52 麦瓶草 <i>Silene jensisensis</i>		M	PH	14. 96±0. 18	0. 007	无 None	种子 Seed
53 扁荆三棱草 <i>Bolboschoenus maritimus</i>	莎草科 Cyperaceae	M	PH	3. 00±0. 26	0. 120	芒 Awn	小坚果 Nutlet
54 扁秆 草 <i>B. planiculmis</i>		M	PH	25. 72±0. 63	0. 077	芒 Awn	小坚果 Nutlet
55 百里香 <i>Thymus serpyllum</i>	唇形科 Labiatae	ST	SS	27. 80±6. 38	0. 088	无 None	小坚果 Nutlet
56 狼尾花 <i>Lysimachia barystachys</i>	报春花科 Primulaceae	M	PH	626. 50±20. 75	0. 007	无 None	蒴果 Capsule
57 北点地梅 <i>Androsace septentrionalis</i>		M	PH	6. 36±0. 40	0. 009	无 None	种子 Seed
58 长苞香蒲 <i>Typha angustata</i>	香蒲科 Typhaceae	M	PH	6. 82±0. 23	0. 164	花柱 Style	小坚果 Nutlet
59 小香蒲 <i>T. minima</i>		M	PH	3. 44±0. 42	0. 136	花柱 Style	小坚果 Nutlet
60 戟叶蓼 <i>Polygonum thunbergii</i>	蓼科 Polygonaceae	M	AH	93. 58±2. 80	0. 007	翅 Wing	瘦果 Achene
61 叉分蓼 <i>P. divaricatum</i>		M	PH	844. 88±31. 91	0. 090	花萼 Calyx	瘦果 Achene
62 酸模叶蓼 <i>P. lapathifolium</i>		M	AH	174. 42±1. 89	0. 083	花柱 Style	瘦果 Achene
63 天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i>	茄科 Solanaceae	W	BH	57. 46±1. 84	0. 060	无 None	种子 Seed
64 箭头唐松草 <i>Thalictrum simplex</i>	毛茛科 Ranunculaceae	M	PH	73. 32±1. 59	0. 081	花柱 Style	瘦果 Achene
65 地锦草 <i>Euphorbia humifusa</i>	大戟科 Euphorbiaceae	W	AH	97. 80±1. 65	0. 001	无 None	蒴果 Capsule
66 平车前 <i>Plantago depressa</i>	车前科 Plantaginaceae	W	PH	20. 60±0. 39	0. 075	无 None	种子 Seed
67 多枝千屈菜 <i>Lythrum virgatum</i>	千屈菜科 Lythraceae	M	PH	14. 76±0. 37	0. 078	无 None	种子 Seed
68 狼毒 <i>Stellea chamaejasme</i>	瑞香科 Thymelaeaceae	ST	PH	116. 40±1. 76	0. 055	花萼 Calyx	小坚果 Nutlet
69 蒺藜 <i>Tribulus terrestris</i>	蒺藜科 Zygophyllaceae	P	AH	13075. 82±579. 91	0. 044	刺 Spine	聚合果 Polyfruit
70 列当 <i>Orobanche coerulescens</i>	列当科 Orobanchaceae		AH	0. 76±0. 16	0. 081	无 None	种子 Seed
71 蓬子菜 <i>Galium verum</i>	茜草科 Rubiaceae	ST	PH	62. 10±1. 47	0. 020	无 None	双生果 Binate fruit
72 野亚麻 <i>Linum stelleroides</i>	亚麻科 Linaceae	M	ABH	48. 02±0. 86	0. 104	无 None	种子 Seed
73 梅花草 <i>Parnassia palustris</i>	虎耳草科 Saxifragaceae	M	PH	1. 56±0. 21	0. 118	无 None	种子 Seed
74 红柴胡 <i>Bupleurum scorzoneriifolium</i>	伞形科 Umbelliferae	M	PH	24. 92±0. 36	0. 103	无 None	双生果 Binate fruit
75 泽芹 <i>Sium suave</i>		M	PH	97. 40±3. 70	0. 046	花柱 Style	双生果 Binate fruit
76 石防风 <i>Peucedanum terebinthaceum</i>		M	PH	260. 32±13. 80	0. 105	油管 Vitta	双生果 Binate fruit
77 柳穿鱼 <i>Linaria vulgaris</i>	玄参科 Scrophulariaceae	P	PH	16. 94±0. 65	0. 128	翅 Wing	蒴果 Capsule
78 远志 <i>Polygala tenuifolia</i>	远志科 Polygalaceae	P	PH	410. 16±23. 41	0. 125	翅 Wing	蒴果 Capsule

AH; 1 年生植物 Annuals; ABH; 1、2 年生植物 Annual-biennials; BH; 2 年生植物 Biennials; PH; 多年生草本 Perennials; S; 灌木 Shrubs; SS; 半灌木 (小半灌木) Semi-shrubs; W; 杂草 Weeds; ST; 草原植物 Steppe; M; 草甸植物 Meadow; P; 沙生植物 Psammophytes; 以下同 the same below

草原植物繁殖体三维间差异复杂。草甸植物中多枝千屈菜的种子较圆,梅花草 (*Parnassia palustris*) 的较长,狼尾花 (*Lysimachia barystachys*) 蒴果较接近圆球形,其它的果实偏离圆球形较大,如蒙山莴苣 (*Lactuca tatarica*)、泽兰 (*Eupatorium lindleyanum*)。沙生植物繁殖体多数偏离圆球形较大。

菊科、禾本科、萝摩科植物多有扁平或细长繁殖体。

有冠毛植物蒙山莴苣、蒲公英 (*Taraxacum mongolicum*)、泽兰、西疆短星菊 (*Brachyactis roulei*)、山苦菜 (*Ixeris chinensis*) 等均为菊科植物,繁殖体细长。具芒植物醉马草 (*Achnatherum inebrians*)、虎尾草 (*Chloris virgata*)、阿尔泰针茅 (*Stipa krylovii*)、拂子茅、三芒草、荩草 (*Arthraxon hispidus*)、大油芒 (*Spodiopogon sibiricus*) 均为禾本科植物,繁殖体细长。其它两种具芒植物扁荆三棱草 (*Bolboschoenus maritimus*)、扁秆 草 (*B. planiculmis*) 为莎草科植物,繁殖体较圆。蒺藜、戟叶滨藜带刺且较接近圆球形。萝摩科 4 种植物和杨柳科 3 种植物均有绢毛。

3 讨论

作者已研究报道了科尔沁沙地 70 种植物繁殖体形状^[11]和 69 种植物繁殖体重量^[12],本研究又对该区系的 78 种植物的繁殖体形状、附属物和重量进行了比较,为比较当地区系的植物繁殖体形态学的一般特征奠定了基础。

繁殖体重量和形状与土壤种子库寿命关系密切,小粒、近圆球形繁殖体易于形成持久种子库^[1,5,11,17,18]。在所研究的 140 种植物中,繁殖体重量小于 1mg 且同时比较接近圆球形 (方差小于 0. 09) 的植物有 24 种:麦瓶草、北点地梅、绿珠藜、刺藜、天仙子、平车前、多枝千屈菜、蓬子菜、扁秆 草、地锦草、戟叶蓼、翻白委陵菜、泽芹、百里香、箭头唐松草、黄蒿、马齿苋、碱地肤、灰绿藜、刺沙蓬、菟丝子、大籽蒿、狗尾草,其中多年生植物占 38%,1、2 年生植物占 58%,它们可能具有持久种子库。持久种子库是

植物适应干扰的机制之一^[19]。如果这些植物具有持久土壤种子库,则意味着它们具有适应频繁干扰的能力。从目前科尔沁草原植被的现状看,上述植物在植物群落中的地位比较明显,但它们是否具有持久种子库还有待下一步研究予以验证。

表 2 繁殖体单粒重分组
Table 2 Grouping of single diaspore weight

分组 Group		植物种 Species
<0. 1mg	种子 Seed	刺藜 ³⁶ 、北点地梅 ⁵⁷ 、列当 ⁷⁰ 、梅花草 ⁷³
	果实 Fruit	野艾蒿 ² 、星星草 ²¹ 、华北翦股颖 ²⁷ 、翻白委陵菜 ⁵⁰ 、扁荆三棱草 ⁵³ 、长苞香蒲 ⁵⁸ 、小香蒲 ⁵⁹
0. 1~1 mg	种子 Seed	绿珠藜 ³⁵ 、黄柳 ⁴⁷ 、蒙古柳 ⁴⁸ 、小红柳 ⁴⁹ 、准噶尔石竹 ⁵¹ 、麦瓶草 ⁵² 、天仙子 ⁶³ 、平车前 ⁶⁶ 、多枝千屈菜 ⁶⁷ 、野亚麻 ⁷²
	果实 Fruit	差巴嘎蒿 ¹ 、乌丹蒿 ³ 、飞蓬 ⁷ 、泽兰 ⁸ 、阿尔泰狗娃花 ⁹ 、欧亚旋覆花 ¹⁰ 、山苦菜 ¹¹ 、蒙山莴苣 ¹² 、驴耳凤毛菊 ¹³ 、羽叶千里光 ¹⁶ 、蒲公英 ¹⁷ 、虎尾草 ¹⁹ 、拂子茅 ²² 、芦苇 ²⁴ 、荻 ²⁵ 、三芒草 ²⁶ 、荻草 ²⁸ 、白草 ³¹ 、扁秆草 ⁵⁴ 、百里香 ⁵⁵ 、戟叶蓼 ⁶⁰ 、箭头唐松草 ⁶⁴ 、地锦草 ⁶⁵ 、蓬子菜 ⁷¹ 、红柴胡 ⁷⁴ 、泽芹 ⁷⁵ 、柳穿鱼 ⁷⁷
1~10 mg	种子 Seed	多枝棘豆 ³⁴ 、徐长卿 ⁴¹ 、鹅绒藤 ⁴² 、野韭菜 ⁴⁵ 、细叶百合 ⁴⁶
	果实 Fruit	鬼针草 ⁴ 、西疆短星菊 ⁵ 、刺儿菜 ⁶ 、碱地凤毛菊 ¹⁴ 、华北鸦葱 ¹⁵ 、醉马草 ¹⁸ 、羊草 ²³ 、冰草 ²⁹ 、大油芒 ³⁰ 、鞑靼滨藜 ³⁷ 、戟叶滨藜 ³⁸ 、烛台虫实 ³⁹ 、狼尾花 ⁵⁶ 、叉分蓼 ⁶¹ 、酸模叶蓼 ⁶² 、狼毒 ⁶⁸ 、石防风 ⁷⁶ 、远志 ⁷⁸
10~100 mg	种子 Seed	小叶锦鸡儿 ³² 、牧马豆 ³³ 、杠柳 ⁴⁰ 、老鸱头 ⁴³ 、兴安天冬 ⁴⁴
	果实 Fruit	阿尔泰针茅 ²⁰
100~1000 mg	种子 Seed	
	果实 Fruit	蒺藜 ⁶⁹

表 3 繁殖体方差组别
Table 3 Grouping of diasporas for the species concerned

分组 Group		植物种 Species
<0. 030	种子 Seed	兴安天冬 ⁴⁴ 、麦瓶草 ⁵² 、北点地梅 ⁵⁷
	果实 Fruit	蓬子菜 ⁷¹ 、地锦草 ⁶⁵ 、戟叶蓼 ⁶⁰ 、狼尾花 ⁵⁶ 、戟叶滨藜 ³⁸
0. 031~0. 060	种子 Seed	小叶锦鸡儿 ³² 、牧马豆 ³³ 、绿珠藜 ³⁵ 、刺藜 ³⁶ 、天仙子 ⁶³
	果实 Fruit	鞑靼滨藜 ³⁷ 、翻白委陵菜 ⁵⁰ 、狼毒 ⁶⁸ 、蒺藜 ⁶⁹ 、泽芹 ⁷⁵
0. 061~0. 090	种子 Seed	多枝棘豆 ³⁴ 、野韭菜 ⁴⁵ 、平车前 ⁶⁶ 、多枝千屈菜 ⁶⁷ 、列当 ⁷⁰
	果实 Fruit	扁秆草 ⁵⁴ 、百里香 ⁵⁵ 、叉分蓼 ⁶¹ 、酸模叶蓼 ⁶² 、箭头唐松草 ⁶⁴
0. 091~0. 120	种子 Seed	黄柳 ⁴⁷ 、蒙古柳 ⁴⁸ 、小红柳 ⁴⁹ 、准噶尔石竹 ⁵¹ 、野亚麻 ⁷² 、梅花草 ⁷³ 、徐长卿 ⁴¹
	果实 Fruit	差巴嘎蒿 ¹ 、野艾蒿 ² 、乌丹蒿 ³ 、飞蓬 ⁷ 、泽兰 ⁸ 、阿尔泰狗娃花 ⁹ 、烛台虫实 ³⁹ 、扁荆三棱草 ⁵³ 、红柴胡 ⁷⁴ 、石防风 ⁷⁶
0. 121~0. 150	种子 Seed	鹅绒藤 ⁴² 、老鸱头 ⁴³
	果实 Fruit	西疆短星菊 ⁵ 、刺儿菜 ⁶ 、欧亚旋覆花 ¹⁰ 、蒙山莴苣 ¹² 、驴耳凤毛菊 ¹³ 、碱地凤毛菊 ¹⁴ 、羽叶千里光 ¹⁶ 、蒲公英 ¹⁷ 、虎尾草 ¹⁹ 、星星草 ²¹ 、华北翦股颖 ²⁷ 、大油芒 ³⁰ 、小香蒲 ⁵⁹ 、柳穿鱼 ⁷⁷ 、远志 ⁷⁸
0. 151~0. 180	种子 Seed	杠柳 ⁴⁰ 、细叶百合 ⁴⁶
	果实 Fruit	鬼针草 ⁴ 、山苦菜 ¹¹ 、醉马草 ¹⁸ 、拂子茅 ²² 、羊草 ²³ 、芦苇 ²⁴ 、荻 ²⁵ 、荻草 ²⁸ 、冰草 ²⁹ 、白草 ³¹ 、长苞香蒲 ⁵⁸
0. 181~0. 210	种子 Seed	
	果实 Fruit	华北鸦葱 ¹⁵ 、阿尔泰针茅 ²⁰ 、三芒草 ²⁶

繁殖体重量、形状与植物生活型可能有关。有研究报道,按草本、灌木和乔木的顺序繁殖体有逐渐增大的趋势^[6]。本研究在不涉及乔木时,发现分属于不同生活型植物的重量之间没有明显差异。形状间存在差异:1 年生植物(平均方差为 0. 070)与 2 年生植物(平均方差为 0. 129)间的形状差异显著($P<0. 05$),2 年生植物的繁殖体更加扁、长;1 年生植物也与多年生草本植物(平均方差为 0. 109)之间形状差异显著($P<0. 05$),多年生草本植物的繁殖体更加扁、长。灌木(半灌木)与 1 年生植物、2 年生植物和多年生草本植物之间没有显著的繁殖体形状差异(图 1)。

繁殖体重量和形状与植被动态可能有关^[11,12]。需要特别指出的是,沙生植物繁殖体的形态特征在沙地植被演替进程中发挥重要作用。沙生植物要么重量居中或偏大,要么有降低位移的其它机制。在所研究的 140 种植物中,有沙生植物 11 种:差巴嘎蒿、乌丹蒿、刺沙蓬、雾冰藜、沙蓬、烛台虫实、山竹子、小叶锦鸡儿、苦参、东北木蓼、白草。差巴嘎蒿和乌丹蒿重量偏小(单粒重分别为 $0. 346\pm 0. 37\text{ mg}$ 和 $0. 492\pm 0. 69\text{ mg}$),但通过分泌粘液粘沙后明显增加了重量,如在浸泡 80 min 后,差巴嘎蒿种子分泌粘液粘沙量为 $1. 17\pm 0. 26\text{ mg}$,重量达到原重的 4 倍多,乌丹蒿种子分泌粘液粘沙量为 $42. 65\pm 2. 21\text{ mg}$,重量达到原重的 88 倍,分泌粘液增加繁殖体重量从而增大搬运力,增大种子发芽和植物定居的成功率无疑是差巴嘎蒿、乌丹蒿成为沙生先锋植物的机制之一。沙蓬、烛台虫实虽重量居中(单粒重分别为 $1. 523\pm 2. 92\text{ mg}$ 和 $2. 216\pm 4. 36\text{ mg}$),但形状呈圆盘形,因此不易被风吹动。除

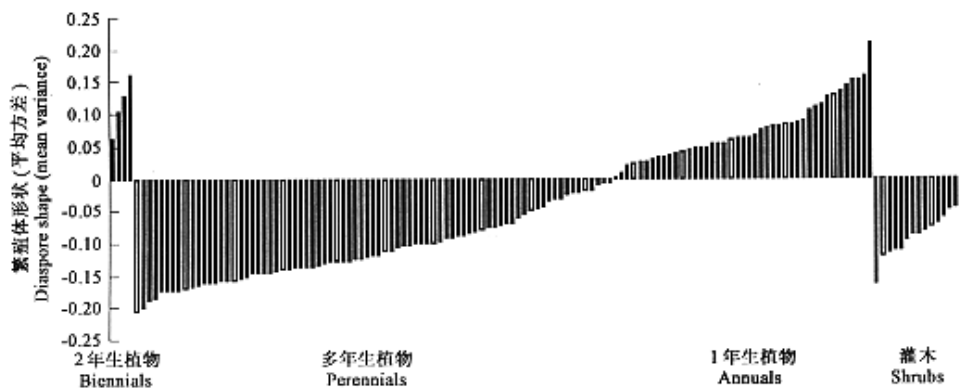


图1 不同生活型植物的繁殖体形状

Fig. 1 The diaspore shape of species in different life forms

此外,沙蓬和烛台虫实具有植冠种子库,也在很大程度上增强了这两种植物在流沙上的定居能力。刺沙蓬、雾冰藜重量居中(单粒重分别为 $0.595 \pm 1.17 \text{ mg}$ 和 $0.7432 \pm 1.73 \text{ mg}$),但具有辐射状的刺,易于就地固着,不易被风吹动。东北木蓼、山竹子、小叶锦鸡儿、苦参的繁殖体重量大(单粒重分别为 $3.228 \pm 7.40 \text{ mg}$, $12.640 \pm 14.86 \text{ mg}$, $33.245 \pm 58.91 \text{ mg}$ 和 $46.782 \pm 93.33 \text{ mg}$),不易被风吹动。白草的繁殖体重量接近 1 mg ,形状细长(平均方差为 0.159),本身具有一定的抵抗风力搬运的作用,利于植物在特定条件下侵入沙地,但白草在沙丘上大量繁生可能更多地依赖于其高效的营养繁殖方式。总的来说,繁殖体重量和形状特点虽非植物适应沙地流动性的仅有方式,但系重要方式。

菊科、禾本科、豆科、藜科、萝藦科和百合科植物繁殖体之间形状差异显著,有55%的豆科植物、70%的藜科植物繁殖体近球形(方差 < 0.05)(图2),所有的菊科、萝藦科植物繁殖体都偏离圆球形较大(方差 > 0.05)。豆科植物的重量与菊科、禾本科、藜科的差异显著($P < 0.05$),豆科植物比其它科的繁殖体的重量大。

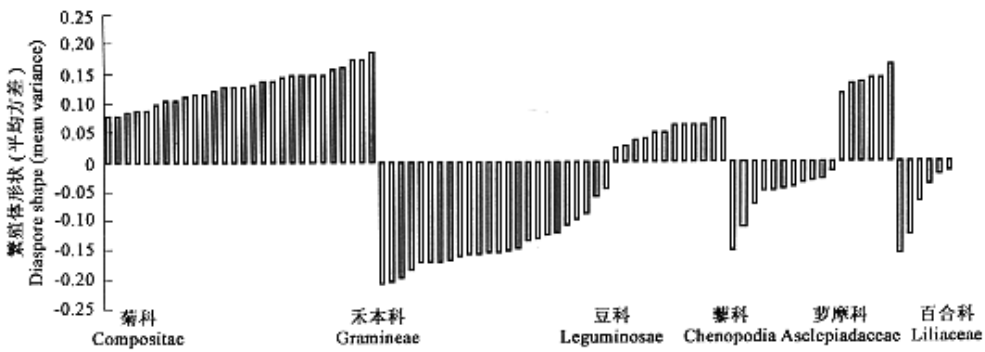


图2 分属6个科植物繁殖体形状

Fig. 2 The diaspore shape of species in 6 families

繁殖体附属物在植物的传播和定居方面具有重要的作用^[11]。本研究中共6种萝藦科植物和3种杨柳科植物都具有绢毛,60%的菊科植物具有冠毛;藜科植物烛台虫实、蓼科植物戟叶蓼、玄参科植物柳穿鱼、远志科植物远志、石竹科植物石竹和鸢尾科植物野鸢尾有翅,香蒲科植物小香蒲、长苞香蒲、伞形科植物泽芹、蓼科植物酸模叶蓼和毛茛科植物箭头唐松草有宿存花柱,蓼科植物又分蓼和瑞香科植物狼毒具宿存花萼,可能这些植物都可被风传播;54%的禾本科植物具芒,它们可能具有固结自身的作用^[7,8];苍耳、雾冰藜、鹤虱、蒺藜、戟叶滨藜、鬼针草带钩或刺,易于被动物传播。至于它们确切的传播方式有待于进一步验证。

作者对科尔沁沙地主要植物的繁殖体重量、形状做了多物种比较研究,完成了科尔沁沙地植物繁殖生态学研究的部分内容。但还应在多物种基础上调查繁殖体传播、土壤种子库及持久性,观测繁殖体发芽对策,以便积累系统的资料 and 知识,分析植物的干扰适应机制,为当地的植被管理提供依据。

References:

[1] Thompson K, Band S R, Hodgson J G. Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology*, 1993, **7**:236~241.

[2] Weiher E, van der Werf A, Thompson K, *et al.* Challenging Theophrastus: A common core list of plant traits for functional ecology. *Journal of Vegetation Science*, 1999, **10**: 609~620.

[3] Guo Q, Brown J H, Valone T J, *et al.* Constrains of seed size on plant distribution and abundance. *Ecology*, 2000, **81**: 2149~2155.

[4] Liu Z M, Zhao X Y, Liu X M. Relationship between disturbance and vegetation. *Acta Prataculturae Sinica*, 2002, **11**(4): 1~9.

[5] Moles A T, Hodson D W, Webb C J. Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora. *Oikos*, 2000, **89**: 541~545.

[6] Zhong Y K, Bao Q H, Sun W, *et al.* The influence of mowing on seed amount and composition in soil seed bank of typical steppe Ⅲ size and weight of seeds of 120 plant species. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*, 2001, **32**(3): 280~286.

[7] Peart M H. Experiments on the biological significance of the morphology of seed-dispersal units in grasses. *Journal of Ecology*, 1979, **67**: 843~863.

[8] Peart M H. The effects of morphology, orientation and position of grass diaspores on seedling survival. *Journal of Ecology*, 1984, **72**: 437~453.

[9] Thompson K. Morphology and color. In: Hendry G A F, Grime J P, eds. *Methods in Comparative Plant Ecology——A Laboratory Manual*. London: Chapman & Hall, 1993. 194~196.

[10] Grime J P. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. Chichester: John Wiley & Sons, 2001.

[11] Liu Z M, Li X H, Li R P, *et al.* A comparative study on diaspore shape of 70 species found in the sandy land of Horqin. *Acta Prataculturae Sinica*, 2003, **12**(5): 55~61.

[12] Liu Z M, Li R P, Li X H, *et al.* A comparative study on seed weight of 69 species in Horqin sandy land. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2004, **28**(2): 225~230.

[13] Comprehensive Surveying Team for Inner Mongolia and Ningxia Autonomous Regions Organized by Chinese Academy of Sciences, *Vegetation in Inner Mongolia*. Beijing: Science Press, 1985.

[14] Cao X S. *Studies on the integrated control of wind, sand drifting and draught in eastern Inner Mongolia* (2). Beijing: Science Press, 1990.

[15] Liu Y X. *Flora in desertis deipublicae populorum sinarum. Tomus I - Ⅲ*. Beijing: Science Press, 1985, 1987, 1992.

[16] Liu X M, Zhao H L, Zhao A F. *Aeolian environment and vegetation of Horqin Sandy Land*. Beijing: Science Press, 1996.

[17] Funes G, Basconcelo S, Diaz S, *et al.* Seed size and shape are good predictors of seed persistence in soil in temperate mountain grasslands of Argentina. *Seed Science Research*, 1999, **9** (4): 341~345.

[18] Leishman M R, Westoby M. Seed size and shape are not related to persistence in soil in Australia in the same way as in Britain. *Functional Ecology*, 1998, **12** (3): 480~485.

[19] Liu Z M, Jiang D M, Gao H Y, *et al.* Relationships between plant reproductive strategies in the life history and disturbance. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, **14**(3): 418~422.

参考文献:

[4] 刘志民,赵晓英,刘新民. 干扰与植被的关系. 草业学报, 2002, **11**(4): 1~9.

[6] 仲延凯,包青海,孙维,等. 割草干扰对典型草原土壤种子库种子数量与组成的影响-Ⅲ 120 种植物种子的大小与重量. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2001, **32**(3): 280~286.

[11] 刘志民,李雪华,李荣平,等. 科尔沁沙地 70 种植物繁殖体形状比较研究. 草业学报, 2003, **12**(5): 55~61.

[12] 刘志民,李荣平,李雪华,等. 科尔沁沙地 69 种植物种子重量比较研究. 植物生态学报, 2004, **28**(2): 225~230.

[13] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队. 内蒙古植被. 北京: 科学出版社. 1985.

[14] 曹新孙. 内蒙古东部地区风沙干旱综合治理研究(2). 北京: 科学出版社. 1990.

[15] 刘 心. 中国沙漠植物志 I - Ⅲ. 北京: 科学出版社. 1985, 1987, 1992.

[16] 刘新民,赵哈林,赵爱芬. 科尔沁沙地的风沙环境与植被. 北京: 科学出版社. 1996.

[19] 刘志民,蒋德明,高红瑛,等. 植物生活史繁殖对策与干扰的关系. 应用生态学报, 2003, **14**(3): 418~422.